

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітнього рівня)

на тему: Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» з дослідженням режимів роботи і визначенням конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352.

Виконав: студент VI курсу, групи МОмз-61
спеціальності

133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва спеціальності)

| | | |
|---------------|----------|------------------------|
| | _____ | <u>Хомета І.М.</u> |
| | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Керівник | _____ | <u>Стадник І.Я.</u> |
| | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Нормоконтроль | _____ | <u>Ворощук В.Я.</u> |
| | (підпис) | (прізвище та ініціали) |
| Рецензент | _____ | <u>Покотило О.С.</u> |
| | (підпис) | (прізвище та ініціали) |

Тернопіль - 2019 року

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Обладнання харчових технологій

д.т.н., проф. Вітенько Тетяна Миколаївна.

"02" вересня 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хометі Івану Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» з дослідженням режимів роботи і визначенням конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352.

керівник роботи д.т.н., проф. Стадник Ігор Ярославович.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "29" серпня 2019 року №4/7-741

2. Строк подання студентом роботи "16" грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту центрифуги марки ОГШ-352. Річний план випуску продукції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження. 2 Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень дослідження режимів виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод 3. Експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків шнека. 4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень 5. Спеціальна частина. 6.Обґрунтування економічної ефективності. 7.Заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. 8.Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. План розміщення технологічного обладнання лінії для виготовлення картопляного крохмалю на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод. Ф А1.

2. Центрифуга марки ОГШ-352. Загальний вигляд. Ф А0.

3. Центрифуга марки ОГШ-352.Складальне креслення Ф А1.

4. Вузол шнека центрифуги марки ОГШ-352. Ф А1.

5. Деталювання. Ф А1.

6. Математична модель розрахунку процесу нагнітання-осадження і розділення суспензії. Ф А1.

7. Визначення робочого діаметру шнека. Ф А1.

8. Графіки залежності. Ф А1.

9. Залежність густини суспензії від продуктивності центрифуги марки ОГШ-352. Ф А1.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Обґрунтування економічної ефективності | Мосій О.Б. – к.е.н., доц. | | |
| Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях | Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл. | | |
| Екологія | Зварич Н.М. – к.т.н., доц. | | |
| 1 Спеціальна частина | Вітенько Т.М. – д.т.н., проф. | | |
| Нормоконтроль | Ворощук В.Я. – к.т.н., доц. | | |

7. Дата видачі завдання “02” вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1. | Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження. | 12.09.2019р. | |
| 2. | 2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень дослідження режимів виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод". | 17. 09.2019р. | |
| 3. | 3. Експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків шнека. | 18. 09.2019р. | |
| 4. | 4. Результати теоретичних та експериментальних досліджень . | 19.10.2019р. | |
| 5. | 5. Спеціальна частина. | 02.11.2019р. | |
| 6. | 6. Обґрунтування економічної ефективності. | 13.11.2019р. | |
| 7. | 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. | 14.11.2019р. | |
| 8. | 8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки. | 15.11.2019р. | |
| 9. | Графічна частина | | |
| | 1. План розміщення технологічного обладнання лінії для виготовлення картопляного крохмалю на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод. Ф А1. | 03. 12.2019р. | |
| | 2. Центрифуга марки ОГШ-352. Загальний вигляд. Ф А0. | 03. 12.2019р. | |
| | 3. Центрифуга марки ОГШ-352.Складальне креслення Ф А1. | 03. 12.2019р. | |
| | 4. Вузол шнека центрифуги марки ОГШ-352. Ф А1. | 03. 12.2019р. | |
| | 5. Деталювання. Ф А1. | 03. 12.2019р. | |
| | 6. Математична модель розрахунку процесу нагнітання-осадження і розділення суспензії. Ф А1. | 03. 12.2019р. | |
| | 7. Визначення робочого діаметру шнека. Ф А1. | 11. 12.2019р. | |
| | 8. Графіки залежності. Ф А1. | 11. 12.2019р. | |
| | 9. Залежність густини суспензії від продуктивності центрифуги марки ОГШ-352. Ф А1. | 11. 12.2019р. | |

Студент

_____ Хомета І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Стадник І.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Автор дипломної роботи: Хомета Іван Михайлович.

Тема дипломної роботи: Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» з дослідженням режимів роботи і визначенням конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352.

Дипломну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2019 році.

Робота складається з пояснювальної записки обсягом сторінок (рисунків, таблиць) та графічної частини з 10 креслень формату А1.

В дипломній роботі здійснюється технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення картопляного крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» з дослідженням режимів роботи і визначенням конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352.

В роботі проаналізовано технологічний процес виготовлення картопляного крохмалу; методи економії енергоресурсів за рахунок правильного вибору оптимальних параметрів процесу; сучасні конструкції основних вузлів і робочих органів центрифуги. Досліджено режими роботи і визначенням конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352; проведено математичне моделювання процесу нагнітання, осадження і розділення суспензії, узагальнено і проаналізовано отримані результати, на основі отриманих результатів запропоновано методику розрахунку центрифуги.

Більш детально зміст технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» з дослідженням режимів роботи і визначенням конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352, а також результати теоретичних досліджень викладені у відповідних розділах дипломної роботи.

Також в даній дипломній роботі здійснено обґрунтування економічної ефективності прийнятих проектно-технологічних і технічних рішень; розроблено

заходи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; розглянуто заходи з екології, та зменшення шкідливих викидів на навколишню середовище.

Зміст

| | |
|--|--|
| Завдання..... | |
| Реферат..... | |
| Зміст..... | |
| Вступ..... | |
| 1. Аналіз сучасного технологічного обладнання і технології виробництва крохмалю, вибір і обґрунтування основного напрямку досліджень | |
| 1.1. Основні технологічні процеси при виробництві крохмалю, види сировини і її характеристики..... | |
| 1.2. Сучасні досягнення в області технології і обладнання при виготовленні крохмалю..... | |
| 1.3. Особливості будови і принципу роботи центрифуги для відділення крохмалу марки ОГШ-352..... | |
| 1.4. Обґрунтування актуальності досліджень формування мети і завдання..... | |
| 2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень дослідження режимів виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод" | |
| 2.1. Проектно-технологічний розрахунок з технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» | |
| 2.1.1. Уточнення виробничої потужності і виробничої програми виробництва картопляного крохмалу..... | |
| 2.1.2. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва крохмалу. на крохмальному заводі ТОВ "Самолусківський крохмальний завод" | |
| 2.1.3. Вибір технологічного обладнання потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»..... | |

| | |
|---|--|
| 2.1.4. Визначення числа працюючих по категоріях потокової лінії для виготовлення крохмалю..... | |
| 2.1.5. Визначення складу і розмірів виробничих площ для виготовлення крохмалю..... | |
| 2.1.6. Визначення складу і розмірів плану службових і побутових приміщень на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»..... | |
| 2.1.7. Вибір транспортних і вантажопідйомних засобів та їх кількості..... | |
| 2.1.8. Вибір типу, розмірів і основних будівельних параметрів промислової і адміністративно-побутової будівель ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»..... | |
| 2.1.9. Розробка компоновочного плану промислової будівлі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»..... | |
| 2.1.10. Розробка плану розміщення технологічного обладнання потокової лінії для виготовлення крохмалю..... | |
| 2.2. Обґрунтування проведеної модернізації центрифуги марки ОГШ-352 | |
| 2.2.1. Технологічні розрахунки центрифуги марки ОГШ-352 та визначення її основних геометричних параметрів..... | |
| 2.2.2. Розробка конструкції центрифуги | |
| 2.2.2.1. Кінематичний розрахунок центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 2.2.2.2. Загальний опис будови центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 2.2.2.3. Розрахунок потужності, необхідної для приводу центрифуги..... | |
| 2.2.2.4. Розрахунок клинопасової передачі від електродвигуна до ротора центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 2.2.2.5. Конструктивний розрахунок основних вузлів центрифуги марки ОГШ-352 | |
| 2.2.2.5.1. Конструктивний розрахунок ротора центрифуги..... | |
| 2.2.2.5.2. Розрахунок циліндричної обечайки ротора центрифуги..... | |
| 2.2.2.5.3. Розрахунок конічної обечайки ротора центрифуги..... | |
| 2.2.2.5.4. Розрахунок пустотілоговала шнека центрифуги..... | |

| | |
|---|--|
| 2.2.2.5.5. Розрахунок геометричних параметрів витків шнека..... | |
| 2.2.2.6. Науково-дослідна робота студента..... | |
| 3. Експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків шнека | |
| 3.1 Теоретичний аналіз робочого процесу | |
| 3.2. Теоретичні основи розрахунку центрифуги марки ОГШ-352 | |
| 3.2.1.Розрахунок процесу осадження..... | |
| 3.2.2. Розрахунок потужності шнека центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 3.2.3. Розрахунок продуктивності нагнітаючого шнека центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 3.3. Вибір параметрів нагнітаючо-осаджувального шнека центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 3.4. Визначення точності роботи центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 3.5. Дія зусиль і траєкторія переміщення частинок суспензії..... | |
| 3.6. Зношування лопатей шнека центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 3.7. Математичне моделювання процесу нагнітання осаджування і розділення суспензії через питому енергію..... | |
| 4. Результати теоретичного та експериментального дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352 | |
| 4.1 Аналіз результатів теоретичного та експериментального досліджень конструктивних параметрів шнека..... | |
| 4.2. Визначення робочого процесу модернізованого шнека центрифуги марки ОГШ-352 | |
| 4.2.1. Розрахунок потужності модернізованого шнека центрифуги марки ОГШ-352..... | |
| 4.3. Одержання та обґрунтування основних науково-технічних результатів досліджень процесу нагнітання суспензії, з врахуванням фазових перетворень в об'ємі..... | |

| | |
|--|--|
| 4.4. Представлення результатів розрахунку процесу нагнітання-осадження, з врахуванням фазових перетворень в об'ємі суспензії, в центрифугі марки ОГШ-352..... | |
| 4.5. Аналіз результатів теоретичних досліджень процесу ущільнення і переміщення крохмалу..... | |
| 4.6. Висновки..... | |
| 5 Спеціальна частина. Застосування комп'ютерних програм для математичного моделювання процесу нагнітання-осадження і розділення суспензії | |
| 6. Обґрунтування економічної ефективності | |
| 6.1. Обґрунтування економічної доцільності прийнятих в роботі рішень | |
| 6.1.1. Розробка заходів з технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалу на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»..... | |
| 6.1.2. Економічна частина..... | |
| 7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | |
| 7.1. Охорона праці при виробництві крохмалу | |
| 7.1.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки в крохмальному цеху..... | |
| 7.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги в крохмальному цеху..... | |
| 7.2.1. Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств..... | |
| 7.2.2. Оцінка небезпеки і розробка заходів підвищення стійкостіпроти аварій природного та техногенного характеру на ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»..... | |
| 7.2.3. Висновки..... | |
| 8. Екологія | |
| 8.1. Стічні води підприємств крохмало-паточної промисловості..... | |
| 8.2. Очищення стічних вод | |
| 8.3. Очищення вентиляційного повітря, димових і технологічних газів перед викидом в атмосферу на підприємствах крохмало-паточної промисловості..... | |
| Загальні висновки | |

Перелік посилань

Додатки

Вступ

Харчова промисловість є багатогалузевим матеріалоемним виробництвом, що переробляє сільськогосподарську сировину. Питома вага вихідної сировини досягає 85-95%. Тому зростання виробництва залежить не тільки від ресурсів сировини та її якості, але й від повноти вилучення з неї цінних компонентів. Досягти цього можна шляхом інтенсифікації технологічних процесів, технічного переоснащення виробництва, удосконалення і модернізації обладнання.

Технічне переоснащення діючих підприємств - комплекс заходів щодо підвищення техніко-економічного рівня окремих виробництв, цехів і дільниць на основі впровадження передової техніки та технології, механізації та автоматизації виробництва, модернізації та заміни застарілого і фізично зношеного устаткування на нове більш продуктивне.

При модернізації діючого технологічного обладнання повинна бути передбачена інтенсифікація його роботи, розширення технологічних можливостей, застосування стійкіших і дешевших матеріалів, підвищення надійності і довговічності роботи.

Основним напрямком технічного прогресу в харчовій промисловості є впровадження прогресивних технологій, автоматизованих ліній та високопродуктивних видів обладнання, що дозволить покращити якість продукції, підвищити продуктивність праці на переробних заводах, зменшити втрати сировини, покращити санітарно-гігієнічні умови роботи та підвищити загальну культуру виробництва в цілому.

Асортимент продукції крохмальних заводів є дуже обмеженим. У вітчизняній крохмальній промисловості практично відсутнє обладнання для комплексної переробки сировини, яке мало б досить високі показники автоматизації було б простим у експлуатації і передбачало випуск широкої гами харчових продуктів високої якості.

1. Аналіз сучасного технологічного обладнання і технології виробництва крохмалю, вибір і обґрунтування основного напрямку досліджень

1.1. Основні технологічні процеси при виробництві крохмалю, види сировини і її характеристики

При виробництві крохмалю основними є наступні технологічні операції: миття картоплі; подрібнення картоплі; виділення кліткового соку; вимивання крохмалю; подрібнення кашки; виділення сокової води; висушування сирого крохмалю в сушильному цеху; фасування крохмалю і підготовка до реалізації; зберігання і транспортування крохмалю.

Основною сировиною для виробництва крохмалю є картопля. На 3/4 своєї маси картопля складається з води. Близько 80% сухих речовин бульби складає крохмаль. Решта сухих речовин припадає на інші вуглеводи, азотисті, зольні і інші.

Крохмаль є важливим вуглеводом картоплі. Вміст його визначається сортом і коливається в залежності від кліматичних умов. В картоплі ранніх сортів крохмалю зазвичай менше, ніж в пізніх.

Крім крохмалю в картоплі містяться інші вуглеводи, серед яких клітковина, пектинові речовини, цукри.

Клітковина складає основну масу кліткових стінок бульби. Велика частина клітковини міститься в шкірці. Вона нерозчинна у воді.

При виробництві крохмалю клітковина майже повністю виводиться з процесу в вигляді мезги.

До складу цукрів картоплі входять сахароза, глюкоза, фруктоза і ін.. при виробництві крохмалю цукри картоплі виводяться з клітковим соком. Частково вони залишаються і виходять разом з мезгою.

Пектинові речовини представляють собою високомолекулярні з'єднання вуглецевої природи. Середній вміст їх близько 0,7% від маси картоплі.

В бульбах картоплі містять жирні кислоти (пальмітинова, олеїнова, лінолева), вітаміни (С, В1, В2, В6, РР і ін.) і глюкозиди – речовини, в яких

глюкоза, з'єднана з спиртом, альдегідами або фенолами. Вологість сирого крохмалю знижують двома способами – механічним і сушкою. Механічним шляхом – за допомогою осушуючи центрифуг, різного типу – вологість крохмалю зменшують до 34-40%, а висушуванням – до стандартної вологості (для кукурудзяного крохмалю – 13%, для картопляного – 20%).

Механічний спосіб видалення води із сирого крохмалю найбільш економічний, сушіння крохмалю обходиться дорожче.

Але можливість видалення води із сирого крохмалю механічним шляхом обмежена границею досяжної вологості крохмалю – картопляного близько 36%, кукурудзяного – 34%.

Таким чином, механічним шляхом із сирого крохмалю видаляється близько 32% води і сушінням 42%.

Для механічного видалення води із сировини крохмалю в крохмально-паточній промисловості застосовують головним чином осушуючі центрифуги з ручними і механічними вивантаженням крохмалю, автоматичні і відстійно-фільтруючі центрифуги.

1.2. Сучасні досягнення в області технології і обладнання при виготовленні крохмалю.

Для виготовлення крохмалю в харчовій промисловості широко застосовуються центрифуги. В технологічних лініях виробництва крохмалю використовують центрифуги періодичної та неперервної дії.

При зневодненні центрифугуванням крохмалю можлива реалізація процесу як в періодичному так і в неперервному режимі. Періодичний процес зневоднення можна проводити на центрифугах періодичної дії (рисунок 1.1.)

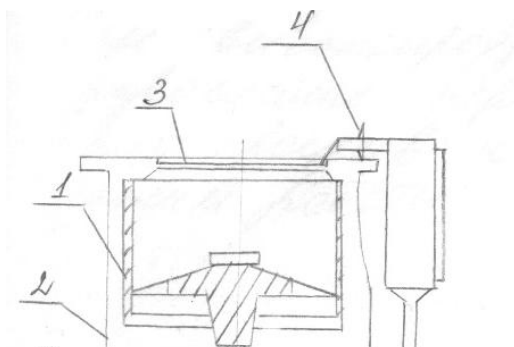


Рисунок 1.1 Схема центрифуги періодичної дії для зневоднення крохмалю.

1 – ротор; 2 – кожух; 3 – кришка; 4 – блокування; 5 – основа;
6 – амортизатор; 7 – електродвигун

Крохмаль завантажують в фільтрувальний мішок, який поміщають в барабан центрифуги. Одночасно завантажують 20-50 кг крохмалю в залежності від продуктивності центрифуги, тривалість центрифугування складає 7-10 хв.

Вміст вологи в крохмалі після центрифугування не повинен перевищувати 60-65%.

Недоліком зневоднення крохмалю в центрифугах періодичної дії є нестабільна якість продукції, а також велика частина ручної праці при проведенні процесів.

Більш перспективним є застосування для зневоднення крохмалю центрифуг безперервної дії. Це високопродуктивні машини, які дозволяють перевести ряд технологічних процесів на автоматичний режим роботи.

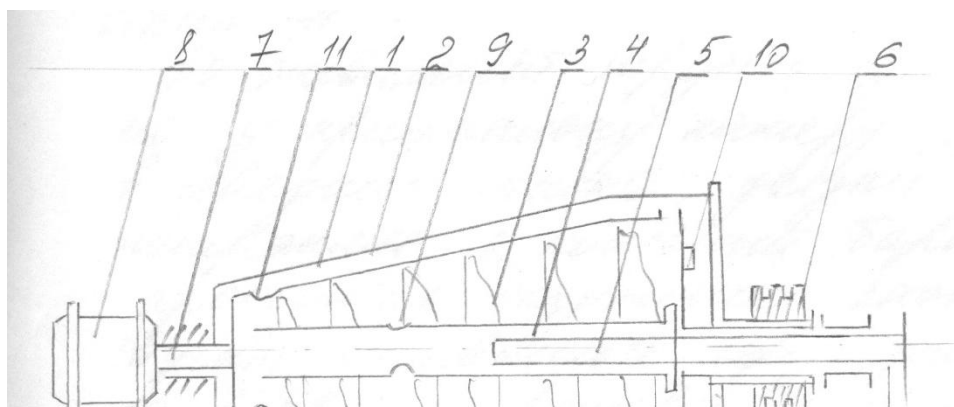


Рисунок 1.2. Схема центрифуги неперервної дії.

1 – корпус; 2 – барабан; 3 – тиск; 4 – порожнистий вал; 5 – живильна труба; 6 - шків; 7 – вал; 8 – редуктор; 9 – живильні отвори; 10,11 – вікна для відводу рідини та осаду;

Дискова відстійна центрифуга безперервної дії, зображена на рисунку 1.2. включає корпус 1, в якому розміщений відстійний барабан 2 і диск 3, закріплений на порожнотілому валу 4, в якому знаходиться живильна труба 5. На порожнотілому валу 4 закріплений шків 6, який через клинопасову передачу з'єднаний з приводом.

На протилежному кінці центрифуги розміщений вал 7, який з одного боку з'єднаний з редуктором 8, а з другого – з конічним барабаном 2.

Для підводу суспензії в центрифугу служать живильні отвори 9, для відбору рідин – вікно 10, а для осаду – вікно 11.

По живильній трубі 5 суспензія подається у приймальну камеру, розміщену в середині диска, звідки через отвори 9 потрапляє в конічний барабан, де проходить осадження частинок.

Фугат виливається через зливні вікна 10 в кришці ротора, а осад відводиться через вікна 11. Планетарний редуктор 8 змінює частоту обертання, завдяки чому диск обертається в один і той же бік, що й барабан, але з частотою, відмінною від швидкості диска, що забезпечує переміщення осаду в роторі.

Відстань від зливних отворів до осі обертання визначає ступінь заповнення ротора, його продуктивність і якість осадження: чим більша ступінь заповнення ротора, тим більша продуктивність центрифуги і вологість осаду. Осілі на стінках ротора частинки твердої фази переміщуються тиском до розвантажувального кінця ротора, де осад відбирається через вікна 11.

1.3. Особливості будови і принципу роботи центрифуги для відділення крохмалу марки ОГШ-352

Звільнений з клітин картоплі при його подрібненні клітковий сік є сумішшю розчинених в воді білків, амінокислот, цукру, мікроелементів, вітамінів та інших речовин. Клітковий сік картоплі містить 4,5-7,0% сухих речовин. В клітковий сік переходить 20% всіх сухих речовин картоплі.

Для раціонального використання тих цінних речовин та покращеної якості крохмалу, який виготовляємо і збільшення його виходу клітковий сік виділяють в концентрованому вигляді. Тривалість взаємодії кліткового соку з крохмалом викликає потемніння і зменшує в'язкість отриманого з нього клейстера.

Виділення кліткового соку в даний час проводиться на центрифугах марки ОГШ-352. Це центрифуги безперервної дії з шнековим вивантаженням осаду. Будова не має принципової різниці між собою і показана на рисунку 1.3.

Виділення кліткового соку на початку виробничого процесу зменшує утворення піни на наступних операціях, збільшує продуктивність технологічного обладнання і насосів, сприяє послідовному використанню процесових вод і значному скороченню кількості стічних вод.

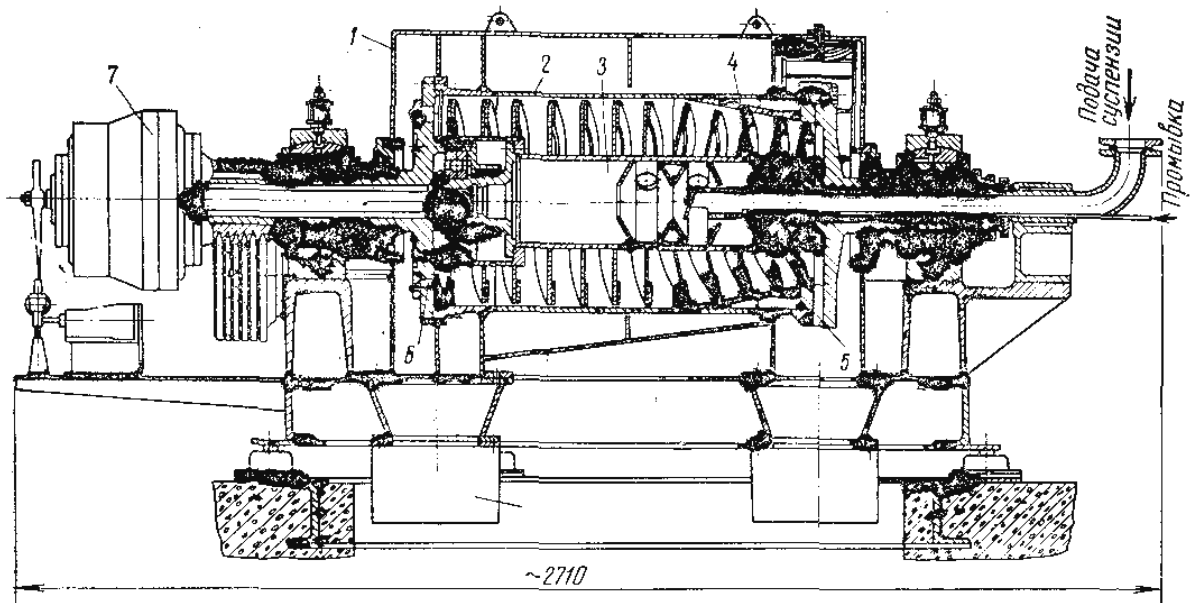


Рисунок 1.3. Центрифуга марки ОГШ-352. 1- кожух, 2- зовнішній барабан 3- внутрішній барабан, 4- шнек, 5 сопла для тяжкої фракції, 6 – отвір для легкої фракції, 7- планетарний редуктор.

Центрифуга марки ОГШ-352 складається з ротора, шнека, редуктора корінних опор ротора, кожуха живильної труби.

Ротор в зібраному вигляді складається з циліндричного корпуса двох цапф і конічної вставки. Цапфи одночасно є торцевими днищами ротора. В одній цапфі є для зливу рідкої фази – кліткового соку. До цапфи кріпиться поворотне кільце, яким можна регулювати радіус отвору для зливу кліткового соку. В другій цапфі є вікна для вивантаження осаду. Ротор має дві опори із підшипників кочення.

Витки шнека наварені на пустотілий циліндричний барабан. Шнек за допомогою підшипників кочення опирається на цапфи ротора.

Редуктор служить для передачі обертання від ротора до шнека і є планетарним двохступінчастим механізмом.

Кожух служить для роздільного відводу кліткового соку і осаду та закриває рухомі частини центрифуги.

До центрифуги додаються два шківни, які забезпечують частоту обертання ротора 2000 і 2300 об/хв. Центрифуга працює наступним чином.

Кашка по живильній трубі поступає в камеру всередині шнека і через отвори в його обичайці вводиться в ротор. Тут під дією відцентрових сил тверді тяжкі частинки осідають на внутрішній поверхні ротора і транспортуються шнеком в напрямку малого діаметра конусної частини центрифуги (за рахунок різних частот обертання ротора і шнека).

Осад виводиться через завантажувальні вікна ротора в камеру вивантаження осаду, звідки двома скребками виводиться з центрифуги.

Освітлений клітковий сік (фугат) рухається вздовж циліндричної частини ротора і через зливні вікна поступає в приймальний відсік кожуха і виводиться з центрифуги.

Обслуговування центрифуги зводиться до дотримання вимог при пуску і зупинці машини, до періодичного контролю і регулюванню процесу виділення соку і спостереження за станом працюючої центрифуги.

Враховуючи швидкохідність центрифуг і властивості окремих компонентів картопляної кашки, необхідно повністю відводити з центрифуги клітковий сік і зневоднену кашку.

Живлення центрифуги кашкою слідє проводити через воронку, не допускаючи підключення нагнітаючої лінії насоса безпосередньо до живильної труби центрифуги. В останньому випадку центрифуга від перевантаження може вийти з ладу.

Клітковий сік може утворювати стійку піну. Для зменшення утворення піни необхідно виключати підсмоктування повітря в живильних комунікаціях і забезпечити неперервний відвід кліткового соку.

Основні вимоги для центрифуг зводиться до того щоб виділити із кашки як можна більше кліткового соку з найменшими втратами вільного крохмалю.

1.4. Обґрунтування актуальності досліджень формування мети і завдання

Актуальність. Технічне переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» полягає в повному заміні старого технологічного обладнання на більш продуктивніше та матеріало- та енергозаощаджуюче. Модернізація центрифуги марки ОГШ-352 полягає у дослідженні режимів роботи і визначенням конструктивних параметрів основних вузлів і робочих органів. Енергія, яка витрачається на нагнітання, осадження і розділення крохмалу, являється одним з важливих показників процесу і залежить від конструктивних параметрів центрифуги, технологічних параметрів, а також від фізико-хімічних властивостей крохмалу. В літературі є лише окремі дані про затрати енергії на нагнітання, осадження і розділення. Однак ці дослідження були пов'язані з вибором конструктивних розмірів центрифуг. В більшості робіт у вигляді енергетичних характеристик використовувалися відносні або пропорційні величини, що дозволило лише якісно судити про вплив тих чи інших факторів і на затрати енергії.

Недосконалість у виборі технологічних параметрів центрифугування, відсутність чіткого уявлення про фізико-хімічні процеси ведуть до необґрунтованих енергетичних витрат, які знижують ефективність обладнання і відображається на собівартості готового продукту. Тому оцінка енергоспоживання є важливим і актуальним питанням.

Його вирішення дозволить інтенсифікувати процес виготовлення крохмалу, зменшити питомі енергетичні витрати, розробити рекомендації щодо максимально повного і ефективного використання технічного потенціалу і розробки нового обладнання.

Мета і задачі досліджень. Метою цієї роботи являється: Оцінка і обґрунтування вибору параметрів процесу центрифугування, які забезпечують мінімальні затрати енергії, визначення режимів роботи і дослідження конструктивних параметрів центрифуги марки ОГШ-352, розробка проектно-технологічних заходів стосовно технічного переоснащення потокової лінії для

виробництва крохмалу. Провести експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків робочих органів. Вибрати оптимальні конструктивні параметри центрифуги і режими роботи за допомогою математичне моделювання.

У відповідності з метою визначенні наступні задачі: проаналізувати технологію виробництва крохмалу; провести аналіз затрат енергії на процес розділення в промислових центрифугах; дослідити затрати енергії на розділення в залежності від гідромеханічних факторів; розробити проектно-технологічні рішення технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю; на основі проведених дослідів розробити методику розрахунку центрифуг; збільшити продуктивність лінії та забезпечити стабільну високу якість продукту.

При модерізації центрифуги марки ОГШ-352 відбувається зменшення маси центрифуги і збільшення тиску, що приведе до зменшення витрат електроенергії, а також забезпечить більшу стійкість і надійність конструкції машини та більшу її довговічність.

2. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень дослідження режимів виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

2.1. Проектно-технологічний розрахунок з технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

2.1.1. Уточнення виробничої потужності і виробничої програми виробництва картопляного крохмалу

Режим роботи ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» приймаємо згідно проектних даних:

- кількість робочих діб на протязі року із врахуванням святкових і санітарних днів – 256;
- дійсний річний фонд часу, год - 2048

До продукції ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» відноситься:

1. Крохмал картопляний.
2. Крохмал кукурудзяний.
3. Глютен.
4. Глюкоза.

2.1.2. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва крохмалу на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

Технологічна схема виробництва на ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» включає в себе послідовні технологічні цикли та операції по обробці сировини. Технологічна схема виробництва починається з прийому картоплі та зерна кукурудзи у відповідному відділенні і закінчується пакуванням готових харчових продуктів і зберіганням їх на складах заводу.

Технологічна процес виробництва на підприємстві здійснюється з допомогою наступних цехів та відділень.

- I. відділення підготовки і миття картоплі.
- II. Цех виробництва картопляного крохмалу.
- III. Цех виробництва кукурудзяного крохмалу.
- IV. Глютенний цех.

Розглянемо технологічну схему виробництва картопляного крохмалу, яка включає процеси виділення кліткового соку, відбілювання крохмалу сірчаною кислотою, видалення піску із рафінованої крохмальної суспензії, механічну очистку і повторне використання транспортно-миючої води для транспортування картоплі.

За цією схемою для очищення картоплі передбачена соломовловлювач гребельного типу, вертикальний каменевловлювач, і мийка бильного типу. Чиста картопля проходить через автоматичні стрічкові ваги.

Вимивання крохмалу з кашки проводять на здвоєних барабанно-струйних ситах.

Видалення сокової води здійснюється на соплових відцентрових сепараторах, промивання крохмалу – на мультициклонах послідовно в три ступені.

Така схема переробки картоплі на крохмал дозволяє одержати коефіцієнт виділення крохмалу до 88 %, вихід крохмалу вищих сортів до 98%.

Технологічна схема виробництва картопляного крохмалу виділенням кліткового соку з наступним використанням промивної води і відбілюванням крохмалу сірчаною кислотою.

За цією схемою картопля гідро транспортером подається в мийне відділення.

Очищення від по сторонніх домішок, через автоматичні ваги вона подається на картоплетерку ZT-350. Кашку після терки розбавляють промивною водою і насосом подають в шнекову центрифугу ОГШ-352, де з неї виділяється і виводиться з виробництва клітковий сік.

Ущільнений осад кашки подається на п'ятиступеневе вимивання крохмалу.

Замість свіжої води на цю операцію подається промивну воду, попередньо обезкромалену і сульфатовану. Цю операцію здійснюють на барабанно-струйних ситах БССМ-100.

Після другої ступені промивання кашку додатково подрібнюють на картоплетерці ZT-350. Промита груба мезга виводиться з виробництва, а крохмальне молоко подається на станцію виділення сокової води. Згущене тут крохмальне молоко послідовно двократно рафінується відповідно на барабанно-струйних ситах і струшувальних.

Рафіноване крохмальне молоко поступає на промивання крохмалу на станцію гідро циклонів СГ-4 і направляється в сушильний цех.

Рідкі сходи з I і II ступенів поступає на обезкромалення (Ценрифуга), звідки промивна вода постає на станцію вимивання крохмалу з кашки, а згущене крохмальне молоко повертається на II ступінь рафінування.

Відділена на станції рафінована дрібна мезга два рази послідовно промивається на струшуючих ситах і виводиться з виробництва на реалізацію.

Дана схема передбачає очистку і оборотне використання транспортно-мийної води для потреб гідротранспортера, а в картоплемийку подається сокова вода після її обезкромалювання в крохмаловловлювачах.

Дана технологічна схема дозволяє приблизно в три рази скоротити розхід води і підвищити коефіцієнт вилучення і якість крохмалу.

Коефіцієнт вилучення крохмалу з картоплі на передових крохмальних заводах складає 86-87%.

2.1.3. Вибір технологічного обладнання потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

В цехах та відділеннях підприємства розміщене різноманітне технологічне обладнання.

1. Відділення миття картоплі :

– соломоволовлювач ССП-700, продуктивністю 100т/добу (по картоплі);

- каменевловлювач ЛТП-62, продуктивністю до 2500т/добу;
 - картоплемийка КМ-100, продуктивністю 100т/добу (по картоплі);
 - автоматична вага.
2. Цех виробництва картопляного крохмалу:
- картоплетерка ZT-350, продуктивністю 7-8т/год;
 - центрифуга ОГШ-352;
 - барабанно-струйне сито БССМ-100, площею ситової поверхні 1,2 м²;
 - центрифуга ZW-02, продуктивністю 100т/добу (по картоплі);
 - барабанно-струйне сито СЦ-100;
 - станція гідро циклонів СГ-4, продуктивністю 100т/добу (по картоплі);
 - танк для крохмального молока;
 - Відцентрова сушка ЦС-8М

Обладнання для транспортування

Картоплю зі складу картопле приймача в мийне відділення подають за допомогою гідротранспортера, який представляє собою жолоб різного по величині та формі поперечного перерізу, розміщений з визначеним нахилом до місця подачі. В головну частину жолоба безперервно подають воду, яка зтягує за собою картоплю. В кінці жолоба встановлюють невеликий приямок з решіткою. Через решітку видаляються транспортна вода, а картопля попадає в мийку.

Для подачі картоплі із приямка гідротранспортера в мийку застосовують ковшові елеватори, гвинтові транспортери-шнеки і спеціальні насоси.

Більш надійними і розповсюдженими є гвинтові транспортери-шнеки.

У даний час для подачі картоплі із гідротранспортера в мийку успішно застосовують спеціальні відцентрові насоси.

На ТОВ “Самолусківський крохмальний завод” використовують різноманітні трубопроводи для подачі картопляної каші і молока до технологічного обладнання яке розмішене в технологічній лінії виробництва крохмалу.

Конструкції трубопроводів

Внутрішній діаметр сталевих трубопроводів – 25, 30, 50, 75 і 100мм, товщина – 1-2мм.

Трубопроводи складаються із однорідних елементів: прямих ділянок труб довжиною 3м (що полегшує їх розбирання і миття); з'єднувальні деталі (штуцера з різьбою, резинові потовщення, кільцеві прокладки та накидні гайки).

Трубопроводи поділяються на напірні, в яких продукт повністю заповнює січення труби і переміщується під напором і безнапірні, по яких продукт рухається під дією своєї ваги по нахиленому трубопроводі.

Експлуатація трубопроводів.

Для зручності в експлуатації трубопроводів їх виконують роз'ємними з довжиною труби 3м.

Трубопроводи слід монтувати по короткому шляху з найменшим використанням колін і розміщувати на висоті зручній для обслуговування. Всі елементи повинні бути доступні для чистки.

При митті трубопроводів з нержавіючої сталі, скла чи полімерних матеріалів розбирати їх нема потреби. Цей процес здійснюється з допомогою спеціальних приспособлень.

Санітарну обробку скляних трубопроводів проводять в такій послідовності: видаливши залишки продукту, трубопровід ополіскують водою при $t = 32-35^{\circ}\text{C}$, 20 хвилин миють лужним розчином при $t = 60^{\circ}\text{C}$ і 5 хвилин ополіскують водою з $t = 35^{\circ}\text{C}$.

В окремих випадках, коли потрібно трубопроводи покривати теплоізоляцією, рекомендується застосовувати скляну мінеральну вату на синтетичній основі. Особливо небезпечні для скляних трубопроводів гідравлічні удари, тому перекивати їх потрібно дуже повільно.

Танки

Танки являють собою великі ізольовані закриті циліндри. Вони бувають горизонтальні і вертикальні з сферичним днищем. Завдяки герметичності танків для заповнення їх можна замість насосів використовувати вакуум-компресорні системи.

Виготовляють горизонтальні і вертикальні танки. Привід мішалки розташовують в верхній частині танка чи збоку, в нижній його частині, або в кришці люка, якщо він знаходиться внизу.

Для виготовлення кисломолочних продуктів виготовляють вертикальні двохтунелеві танки з охолоджувальним пристроєм. На танках монтується привід мішалки, світильник, оглядовий люк. Кислотомір, вказівник рівня, віддушину, люк для миття.

Горизонтальні танки виготовляють різних розмірів, ємністю від 10 до 30000 л. Їх встановлюють під нахилом до вихідного патрубку.

Танки виготовляють з алюмінію, нержавіючої сталі чи з вуглецевої сталі з покриттям внутрішніх стінок стіклосталлю.

Резервуари.

Чистити внутрішні поверхні резервуарів металевими щітками, піском та іншими матеріалами заборонено.

Знаходитись всередині резервуарів при їх ручному митті і чистці необхідно в гумовому взутті і спеціальному одязі.

Забірний рукав і зливні патрубки кожного разу перед початком експлуатації треба промивати водою.

Танки необхідно надійно заземляти, забезпечуючи періодичний огляд і перевірку справності заземлюючи пристроїв.

Проводити які-небудь роботи в середині танку з переносною електричною ланкою від електромережі забороняється, для цього слід використовувати тільки світильники напругою до 24 В.

Вертикальні резервуари повинні бути обладнані спеціальними площадками або драбинами з перилами.

Перед миттям і чисткою резервуарів необхідно відключити електродвигуни приводів мішалок і перекрити крани трубопроводів.

**Технічна характеристика
соломовловлювача марки СПП-700**

| | |
|--|-------|
| Швидкість руху грабель, мс | 0,2 |
| Число грабель | до 27 |
| Число захватів в граблях | до 9 |
| Число пар елементів каркаса | до 3 |
| Відстань між зірочками, мм | |
| по вертикалі | |
| найбільша | 6000 |
| найменша | 1550 |
| по горизонталі, мм | 4000 |
| Електродвигун типу АО4 2-4 | |
| потужність, кВт | 2,8 |
| частота обертання вала, об/хв | 1500 |
| Габарити при повному комплекті елементів, мм | |
| довжина | 5470 |
| ширина | 1355 |
| висота | 7195 |
| Маса, кг | 4950 |

Технічна характеристика каменевловлювача марки ЛТП-62

| | |
|----------------------------|---------|
| Продуктивність по картоплі | |
| т/добу | до 2500 |
| т/с | до 30 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Частота обертання барабана, об/хв | 3,1 |
| Внутрішній діаметр барабана, мм | 2000 |
| Довжина барабана з кишнями, мм | 2800 |
| Електродвигун типу АО4 2-4 | |
| потужність, кВт | 2,3 |
| частота обертання вала, об/хв | 1500 |
| Габарити без приводу, мм | |
| довжина | 4750 |
| Ширина | 3282 |
| Висота | 3100 |
| Маса, кг | 4513 |

Технічна характеристика картоплемийки марки КМ-100

| | |
|-----------------------------------|------|
| Продуктивність по картоплі | |
| т/добу | 100 |
| т/с | 1,2 |
| Поживний об'єм, м ³ | 3 |
| Електродвигун типу АО4 2-4 (2 шт) | |
| потужність, кВт | 4,5 |
| частота обертання вала, об/хв | 1440 |
| Частота обертання валів, об/хв | 16 |
| Габарити, мм | |
| довжина | 7830 |
| ширина | 2010 |
| висота | 2195 |

Технічна характеристика картоплетерки марки ZT-350

| | |
|--|-----|
| Продуктивність по картоплі за паспортом, | |
| т/год | 7-8 |

| | |
|--|-------|
| Робочі розміри барабана, мм | |
| зовнішній діаметр | 650 |
| ширина пильної поверхні | 350 |
| Частота обертання барабана, об/хв | 1450 |
| Колова швидкість зовнішньої поверхні барабана, м/с | 50 |
| Довжина барабана з кишнями, мм | 2800 |
| Потужність, кВт | 35-40 |
| Потужність електродвигуна, кВт | 40 |
| Число планок і пилок | 186 |
| Габарити, мм | |
| довжина | 2100 |
| ширина | 1330 |
| висота | 990 |
| Маса, кг | 2800 |

**Технічна характеристика барабанно-струйного сита
марки БССМ-100**

| | |
|--|------|
| Площа ситової поверхні м ² | 1,2 |
| Внутрішній діаметр ситового барабана, мм | 7-8 |
| найбільший | 878 |
| найменший | 370 |
| Внутрішня висота барабана, мм | 650 |
| Частота обертання барабана, об/хв | 735 |
| Частота обертання зрошувача, об/хв | 900 |
| Електродвигун типу АО2 32-4 | |
| потужність, кВт | 3 |
| частота обертання вала, об/хв | 1500 |
| Габарити, мм | |
| довжина | 2760 |

| | |
|----------|------|
| ширина | 1385 |
| висота | 1442 |
| Маса, кг | 1620 |

Технічна характеристика центрифуги марки ОГШ-352

| | |
|---|----------|
| Продуктивність по картоплі, т/добу | 100 |
| Найбільший діаметр зовнішнього барабана, мм | 725 |
| Довжина барабана, мм | 1155 |
| Частота обертання, об/хв | |
| зовнішнього барабана | 1047 |
| шнекового барабана | 1111 |
| Фактор розділення по найбільшому діаметру | 445 |
| Рід приводу | редуктор |
| Потужність електродвигуна, кВт | 21,5 |
| Габарити, мм | |
| довжина | 3900 |
| ширина | 1370 |
| висота | 1400 |
| Маса, кг | 4000 |

Технічна характеристика станції гідро циклонів марки СГ - 4

| | |
|---|-----|
| Продуктивність | |
| по картоплі, т/добу | 100 |
| по вихідному молоку м ³ /год | 24 |
| по картоплі без бокового ланцюга, т/добу | |
| Встановлена потужність, кВт | 61 |
| установки для промивання крохмалу | 39 |
| установки для обезкрохмалення верхнього сходу | 22 |
| Габарити, мм | |
| установки для промивання крохмалу | |

| | |
|--|------|
| довжина | 3235 |
| ширина | 2085 |
| висота | 1980 |
| установки для обезкромалення верхнього сходу | |
| довжина | 1462 |
| ширина | 1530 |
| висота | 1800 |

Технічна характеристика відцентрової сушарки марки ЦС – 8М

| | |
|---|-------------|
| Продуктивність по сухому картопляному крохмалу, вологістю 20%, т/добу | 1 0 |
| Температура повітря, °С | |
| після калориферів | 1 40 |
| крохмально-повітряної суміші | 5 0 |
| Розхід повітря, м ³ /год | 1 0000 |
| Розхід пари, кг/кг сухого крохмалу | 0, 7 |
| Тиск пари, МПа | 0,5- 0,8 |
| Повни напір лопатного колеса, Па | 2 0 |
| Частота обертання зовнішнього барабана ротора центрифуги, об/хв | 1 140 |
| Частота обертання внутрішнього барабана ротора центрифуги, об/хв | 1 075 |
| Встановлена потужність двигунів (центрифуги і шнека | 2 |

| | |
|--------------------|-----|
| вивантаження), кВт | 3,1 |
| Габарити, мм | |
| довжина | 4 |
| | 900 |
| ширина | 4 |
| | 470 |
| висота | 6 |
| | 060 |
| Маса, кг | 6 |
| | 000 |

2.1.4. Визначення числа працюючих по категоріях потокової лінії для виготовлення крохмалю

Кількість основних працівників для лінії виробництва крохмалю визначається за формулою:

$$P_{вр} = \frac{O_{вр} \cdot \Phi_{д} \cdot \kappa_{з}}{\Phi_{др} \cdot \kappa_{б}},$$

де $O_{вр}$ – прийнята к-ть обладнання в цеху;

$\Phi_{др}$ – дійсний річний фонд часу роботи робітників;

$\Phi_{д}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\kappa_{з}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\kappa_{б}$ – коефіцієнт багатовертикального обслуговування.

Підставимо дані у формулу:

$$P_{вр} = \frac{7 \cdot 3200 \cdot 0,75}{1600 \cdot 1,2} = 8,75.$$

Таким чином коефіцієнт завантаження робітників буде:

$$K_{з.р} = \frac{P_{вр}}{P_{в.пр}} = \frac{8,75}{9} = 0,97.$$

Отже приймаємо кількість основних працівників цеху 9 чоловік. Решту категорій робітників і працівників приймаємо в процентному співвідношенні до кількості основних робітників. Дані зводимо у таблицю 2.1.

| № | Категорія працюючих | к-ть чол. |
|---|------------------------------|-----------|
| 1 | Основні робітники | 4 |
| 2 | Допоміжні робітники | 1 |
| 3 | Інженерно-технічний персонал | 1 |
| 4 | РКП | 1 |
| 5 | Молодший облс. персонал | 1 |
| 6 | Всього | 8 |

2.1.5. Визначення складу і розмірів виробничих площ для виготовлення крохмалю

Виходячи з кількості обладнання та укрупнених показників виробничих площ, що використовується під нього, приймаємо площі діляниць:

| | |
|--|------------------------|
| Відділення миття картоплі | 316,9 м ² |
| Цех виробництва кукурудзяного крохмалу | 590,7 м ² ; |
| Глютенний цех | 316,9 м ² |
| Цех виробництва картопляного крохмалу | 880,7 м ² |

2.1.6. Визначення складу і розмірів плану службових і побутових приміщень на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

Площа камери зберігання готової продукції визначається з формули:

$$F = \frac{G \cdot c}{q},$$

де G – кількість продукції, що підлягає зберіганню, кг;

c – термін зберігання, діб;

q – питома навантаження на 1 м² камери зберігання, кг;

$$F = \frac{6000 \cdot 1}{60} = 100 \text{ м}^2.$$

В склад службово-побутових приміщень входять кімната майстра, технолога, відпочинку, гардеробні, душові, санвузли, кладові.

Виходячи із норм проектування службових і побутових приміщень приймаємо:

- кімната майстра і технолога – 12 м²;
- кімната експедитора – 6 м²;
- кімната відпочинку – 12 м²;
- душові – 18 м²;
- санвузли – 12 м²;

- кладова – 5,4 м².

2.1.7. Вибір транспортних і вантажопідйомних засобів та їх кількості.

Для переміщення вантажів у складах готової продукції використовуються ручні візки типорозміру 22, з наступними технічними параметрами:

- вантажопідйомність – 250 кг;
- ширина вантажної площадки – 500 мм;
- зусилля необхідне для переміщення 300 кН.

Для обслуговування відділення зберігання використовується електроталь ТЕ 050-11100-00 ГОСТ 22584-77 вантажопідйомністю 0,5 тонн.

Трубопроводи. використовують різноманітні трубопроводи для подачі молока і різних молочних продуктів до технологічного обладнання і молокозберігаючих резервуарів, а з них до лінії переробки молока.

Трубопроводи повинні відповідати стандартам і нормам та виготовлятися нержавіючої сталі, міді і латуні, алюмінію, скла чи полімерних матеріалів.

Конструкції трубопроводів

Внутрішній діаметр сталених трубопроводів – 25, 30, 50, 75 і 100мм, товщина – 1-2мм.

Трубопроводи складаються із однорідних елементів: прямих ділянок труб довжиною 3м (що полегшує їх розбирання і миття); з'єднувальні деталі (штуцера з різьбою, резинові потовщення, кільцеві прокладки та накидні гайки).

Трубопроводи поділяються на напірні, в яких продукт повністю заповнює січення труби і переміщується під напором і безнапірні, по яких продукт рухається під дією своєї ваги по нахиленому трубопроводі.

Експлуатація трубопроводів.

Для зручності в експлуатації трубопроводів їх виконують роз'ємними з довжиною труби 3м.

Трубопроводи слід монтувати по короткому шляху з найменшим використанням колін і розміщувати на висоті зручній для обслуговування. Всі елементи повинні бути доступні для чистки.

При митті трубопроводів з нержавіючої сталі, скла чи полімерних матеріалів розбирати їх нема потреби. Цей процес здійснюється з допомогою спеціальних пристосувань.

Санітарну обробку скляних трубопроводів проводять в такій послідовності: видаливши залишки продукту, трубопровід ополіскують водою при $t = 32-35^{\circ}\text{C}$, 20 хвилин миють лужним розчином при $t = 60^{\circ}\text{C}$ і 5 хвилин ополіскують водою з $t = 35^{\circ}\text{C}$.

В окремих випадках, коли потрібно трубопроводи покривати теплоізоляцією, рекомендується застосовувати скляну мінеральну вату на синтетичній основі. Особливо небезпечні для скляних трубопроводів гідравлічні удари, тому перекивати їх потрібно дуже повільно.

2.1.8. Вибір типу, розмірів і основних будівельних параметрів промислової і адміністративно-побутової будівель ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

Будівлі є каркасного типу із сіткою колон 6х6м. Виробничі площі розміщені в двоповерховій будівлі. Зовнішні стіни виготовлені з цегли, товщина стін – 390мм. Внутрішні стіни виконані також із цегли, товщина стін – 120 або 250 мм. Внутрішня поверхня стін облицьована керамічною плиткою, або штукатуркою. По периметру будівлі є бетонна відмостка. Висота прольотів становить 6000мм. Колони залізобетонні, фундаменти під них стовбчасті, у вигляді стаканів, виготовляють із залізобетону. В якості фундаментів зовнішніх стін використовують фундаментні балки довжиною 5,95 м. Січення колони становить 0,5х0,5 м.

Плити для покриття – залізобетонні, розміром 6х3х0,3 м. Ці плити призначені для покриття покрівель. Їх укладають по несучих конструкціях, якими

в даному випадку є залізні ферми. При покрівлі використовується рулонний руберойд розміром 1,5х1,2 м.

Площа віконних отворів складає 36,2% площі зовнішніх стін. Розміри вікон 3х1,5 м. Двері – розпашні, дерев'яні. Розміри: ширина – 1; 1,5; та 2,0 м висота – 2,0; 2,4 м.

2.1.9. Розробка компоновочного плану промислової будівлі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

При компоновці приміщень важливим є дотримання потоковості руху сировини, напівфабрикатів, готової продукції, тари і необхідних для виробництва матеріалів.

В нашому випадка виробничий корпус являє собою двоповерхову споруду з сіткою колон бхб м., та висотою прольоту бм. Зовнішні розміри споруди в плані – 60х36 м.

Цеховий матеріальний склад та склад тари доцільно розмістити біля зовнішньої стіни з подачею вантажів ззовні, але при цьому відстань до обладнання, до якого подається матеріал, повинна бути мінімальною.

Склад готової продукції повинен мати не менше двох дверних отвори.

В інших вільних площах будівлі розміщують службово-побутові приміщення: електрощитові, слюсарня, майстерня тощо.

При проектуванні виробничого корпусу передбачають безпечну евакуацію людей на випадок аварії. Для цього проектують аварійний вихід. Евакуаційними виходами для одноповерхових приміщень прийнято вважати двері, проходи, якщо вони відкриваються прямо на зовні.

2.1.10. Розробка плану розміщення технологічного обладнання потокової лінії для виготовлення крохмалу

Компоновка технологічного обладнання повинна в першу чергу задовольняти вимоги з охорони праці та техніки безпеки з їх експлуатації.

Планування обладнання у цеху здійснюється з врахуванням того, щоб будівля мала раціональну прямокутну конфігурацію і розміри, що дають змогу використовувати стандартні будівельні конструкції. При компоновці обладнання потрібно забезпечити найкоротший шлях руху сировини від початкової до кінцевої операції технологічного процесу, максимально скоротити довжину трубопроводів. Технологічне обладнання повинно розміщуватись таким чином, щоб в цеху залишалися необхідні по довжині та ширині проходи.

В даному випадку на ТОВ “Самолусківський крохмальний завод” ширина проходів становить 0,8 – 1,0 м, а в місцях, де не передбачений рух працівників – не менше 0,5 м. При фронтальному розміщенні машин одна до одної – не менше 1,5 м. Розміщення обладнання обумовлюється напрямком технологічного потоку. окремі машини і апарати розміщені в одну потокову лінію. Обладнання на підприємстві в цехах розміщене послідовно з максимальним використанням виробничих площ.

Великогабаритне обладнання розміщене в глибині цеху перпендикулярно до осі віконних прольотів з метою забезпечення максимального освітлення робочих місць.

На заводі передбачені резервні площі для наступного розширення виробництва.

2.2. Обґрунтування проведеної модернізації центрифуги марки ОГШ-352

Модернізація центрифуги марки ОГШ-352 полягає у виборі оптимальних режимів роботи центрифуги з визначенням конструктивних параметрів основних вузлів і робочих органів. Енергія, яка витрачається на нагнітання, осадження і розділення крохмалу, являється одним з важливих показників процесу і залежить від конструктивних параметрів центрифуги, технологічних параметрів, а також від фізико-хімічних властивостей крохмалу.

Недосконалість у виборі технологічних параметрів центрифугування, відсутність чіткого уявлення про фізико-хімічні процеси ведуть до

необґрунтованих енергетичних витрат, які знижують ефективність обладнання і відображається на собівартості готового продукту. Тому оцінка енергоспоживання є важливим і актуальним питанням.

Його вирішення дозволить інтенсифікувати процес виготовлення крохмалу, зменшити питомі енергетичні витрати, розробити рекомендації щодо максимально повного і ефективного використання технічного потенціалу і розробки нового обладнання.

При модерізації центрифуги марки ОГШ-352 відбувається зменшення маси центрифуги і збільшення тиску, що приведе до зменшення витрат електроенергії, а також забезпечить більшу стійкість і надійність конструкції машини та більшу її довговічність.

2.2.1. Технологічні розрахунки центрифуги марки ОГШ-352 та визначення її основних геометричних параметрів

Основними геометричними параметрами центрифуги є діаметр D , довжина (висота) ротора L . Для центрифуги марки ОГШ-352 важливими також є довжина зони осадження l_0 твердих частинок і оскільки саме цей параметр визначає якість та кількість втрат кінцевого продукту.

Для центрифуги марки ОГШ-352 приймаємо стандартне значення внутрішнього діаметру ротора на ділянці осадження: $D = 630\text{мм}$.

Розмір ділянки осадження визначаємо з технологічного розрахунку.

Визначаємо характеристики середовища (суспензії), що підлягає розділенню.

Визначаємо густину суспензії.

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{\bar{x}}{\rho_k} + \frac{1-\bar{x}}{\rho_b};$$

Де \bar{x} - махова частка твердої фази:

$$\rho_c = \frac{\rho_k \times \rho_b}{x\rho_b + (1-x)\rho_k} = \frac{1260 \times 1000}{0.2 \times 1000 + (1-0.2) \times 1260} = 1043.05 \text{ кг/м}^3.$$

Динамічний коефіцієнт в сукупності з об'ємною частиною твердої фази 10-3-% визначається за формулою:

$$M_e = M_b \frac{0.59}{(0.77x)^2}$$

Де x – об'ємна концентрація твердої фази. Визначаємо об'ємну концентрацію крохмалю в суспензії:

$$x = \frac{\bar{x} + \rho_b}{(1-x) + \rho_k + x\rho_b} = \frac{0.2 \times 1000}{(1-0.2) \times 1260 + 0.2 \times 1000} = 0.1656$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості води для технічних розрахунків, приймаємо:

$$M_b = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості суспензії:

$$M_c = 10^{-3} \frac{0.59}{(0.77 - 0.1656)^2} = 1.62 \cdot 10^{-3} \quad \text{Ії} \cdot \tilde{n}$$

Визначаємо критичний розмір частинок осідання, якщо не відбувається за законом Стокса в даному середовищі.

$$d_{\text{ед}} = \sqrt[3]{\frac{36 \times M^2}{g \cdot \rho_b (\rho_k - \rho_b)}} = \sqrt[3]{\frac{36 \cdot (1.62 \cdot 10^{-3})^2}{9.81 \cdot 1000 \cdot (1260 - 1000)}} = 0.000333 \text{ м} = 0,333 \text{ мм}$$

Продуктивність відстійних центрифуг зі шнековим розвантаженням визначається за формулою:

$$G = \frac{27.02k^2 \cdot r_{\tilde{n}\delta} \cdot \omega_p \times l_0 (\rho_k - \rho_b)}{M_c},$$

де $r_{\tilde{n}\delta}$ - середній радіус потоку рідини в роторі, м;

$$r_{\tilde{n}\delta} = r_\delta - 0,5h,$$

де h – глибина потоку в роторі, м;

r_δ - максимальний радіус ротора;

$$r_\delta = 0,315 \text{ м};$$

$$r_{\tilde{n}\delta} = 0.315 - 0.5 \cdot 0.1 = 0.265 \text{ м}$$

l_0 - довжина зони осадження, м;

$$\omega_p = 2\pi \cdot n = 2 \cdot 3.14 \cdot 30 = 188,4 \quad \text{рад/с}$$

ω_p - кутова швидкість ротора.

Визначимо необхідну довжину зони осадження:

$$l_{op} = \frac{M_c \cdot G}{27.0 \cdot d_{kp}^2 \cdot r_{cp} \cdot \omega_p (\rho_k - \rho_b)} = \frac{1.62 \cdot 10^{-3} \cdot 30}{27.0 \cdot (3.33 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 0.265 \cdot 188.4 \cdot (1260 - 1000)} = 1.25 \text{ м}$$

З коефіцієнтом запасу 1,1 отримуємо:

$$l_0 = l_{op} \cdot 1.1 = 1.25 \cdot 1.1 = 1.375 \text{ м}$$

Оскільки відношення довжини ротора до діаметра для центрифуги дорівнює:

$$\frac{L}{D} = 3.76,$$

То загальна довжина ротора буде:

$$L = D \cdot 3.76 = 0.63 \cdot 3.76 = 2.369 \text{ м}$$

Тоді зона вивантаження дорівнює:

$$L_b = L - l_0 = 2.369 - 1.375 = 0.994 \text{ м}$$

2.2.2. Розробка конструкції центрифуги

2.2.2.1. Кінематичний розрахунок центрифуги марки ОГШ-352

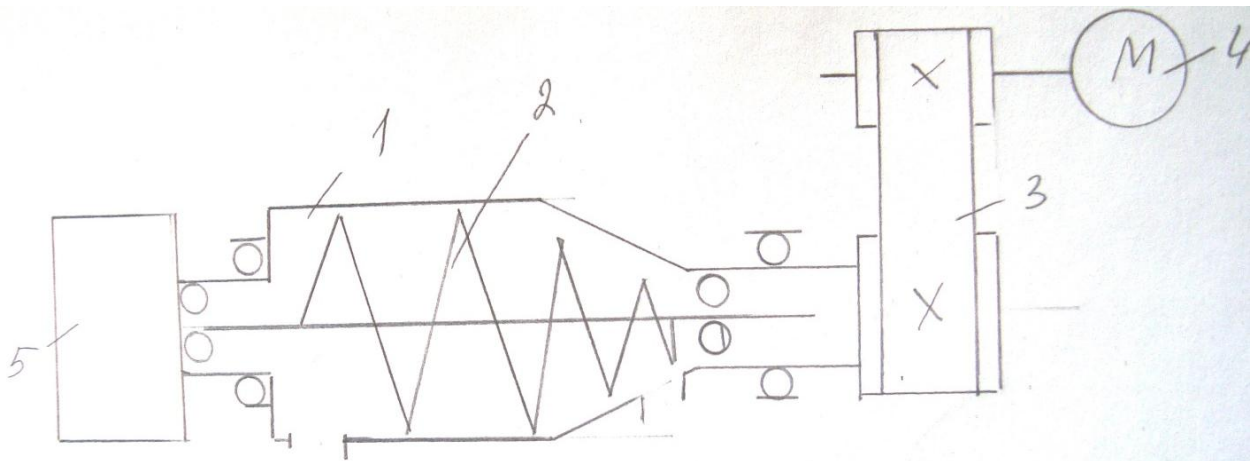


Рисунок 2.1. – Кінематична схема центрифуги. 1 – ротор; 2 – шнек; 3 – клинопасова передача; 4 – електродвигун; 5 – планетарний редуктор.

Для забезпечення якісного проведення процесу зневоднення крохмалю необхідно, щоб ротор центрифуги обертався з частотою $n_2=1800$ об/хв, шнек з частотою $n_1=22,4$ об/хв. В тому ж напрямку.

Привід центрифуги здійснюється від електродвигуна $n=1500$ об/хв./

Привід ротора центрифуги здійснюється через клинопасову передачу, оскільки вона дозволяє працювати на великих швидкостях, забезпечує плавність і безшумність роботи, має малу вартість.

Необхідне передаточне клинопасової передачі:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{1800} = 0.83 .$$

Обертання шнека забезпечується шляхом передачі крутного моменту від ротора центрифуги через планетарний редуктор шнека центрифуги.

Необхідне передаточне число редуктора:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1800}{22.4} = 80.36 .$$

2.2.2.2. Загальний опис будови центрифуги марки ОГШ-352

Центрифуга марки ОГШ-352 відноситься до неперервнодіючих відстійних центрифуг з шнековим вивантаженням осаду.

Машина складається зі зварної станини, на якій встановлені всі вузли і деталі.

Всередині станини встановлений корпус центрифуги в якому розміщений відстійний барабан і шнек, закріплений на пустотілому валу.

Всередині валу шнека знаходиться живильна труба. З одного боку до валу ротора центрифуги через клинопасову передачу під'єднаний електродвигун. З цього ж боку в нижній частині станини розміщено штуцер для зливу фугату.

Для підводу суспензії в зону обробки у валі шнеку зроблені отвори, які знаходяться на початку зони осадження.

Ротор центрифуги являє собою обечаток: циліндричної і конічної. В циліндричній обечайці відбувається осадження твердої фази з суспензії під дією відцентрових сил.

В конічній – подача осаду до вивантажувального отвору.

Шнек виготовлений пустотілим, для зменшення неперервності подачі суспензії в зону обробки.

Степінь зневоднення регулюється зміною радіуса за допомогою змінного кільця.

Самого суттєвою перевагою даної центрифуги є те, що вона дозволяє забезпечити неперервність процесу обробки і проводити технологічний процес в автономному режимі.

2.2.2.3. Розрахунок потужності, необхідної для приводу центрифуги

Повна витрата енергії для приводу центрифуги складається з таких складових:

$$N=N_1+N_2+N_3+N_4+N_5$$

- потужності N_1 , необхідної на надання кінетичної енергії суспензії, що надходить в барабан;
- потужності N_2 , необхідної для розгону барабану в період пуску;
- потужності N_3 , необхідної на подолання сил тертя в підшипниках;
- потужності N_4 , необхідної на подолання опору тертя барабана до повітря;
- потужності N_5 , необхідної на переміщення осаду шнеком.

Об'ємна продуктивність центрифуги по суспензії $G=30$ м³/год, масова:

$$G_m = G\rho_c = 30 \cdot 1043 = 31290 \text{ т/год} = 8,692 \text{ т/с}$$

Колова швидкість, яку потрібно надати суспензії: $\omega = 188.4 \text{ рад/с}$.

Потужність, необхідна для надання кінетичної енергії суспензії:

$$N_1 = \frac{G_m \cdot \omega^2 \cdot r^2}{2 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{8.692 \cdot 188.4^2 \cdot 0.315^2}{2 \cdot 1000 \cdot 0.8} = 19.13 \text{ кВт}$$

де η - коефіцієнт, що враховує гідравлічний опір при переміщенні суспензії в барабані.

Згідно практичних даних тривалість пускового періоду складає $\tau = 1 \div 3$ хвилин. Маса барабану дорівнює $m_b = 576$ кг, зовнішній радіус $r_3 = r + h = 0.315 + 0.015 = 0.33$ м.

Потужність, необхідна для розгону барабана в пусковий період:

$$N_2 = \frac{m_b \cdot \omega^2 \cdot r^2}{2000 \cdot \tau_p} = \frac{576 \cdot 188.4^2 \cdot 0.33^2}{2000 \cdot \tau_p} = 18.55 \text{ кВт}$$

Маса суспензії в барабані $m_c = 480$ кг, діаметр вала барабана в місцях встановлених підшипників $d_n = 0,19$ м. Коефіцієнт тертя в підшипниках $f = 0,01$

Фактор розділення:

$$F_r = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \frac{188,4^2 \cdot 0,315}{g} = 1139,73$$

Динамічне навантаження на підшипники:

$$p = (m_b + m_c) \cdot g (1 + 0,002 \cdot F_r) = (576 + 480) \cdot 9,81 \cdot (1 + 0,002 \cdot 1139,73) = 3,397 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Потужність на подолання тертя в підшипниках:

$$N_3 = \frac{p \cdot \omega \cdot d_n \cdot f}{2000} = \frac{3,397 \cdot 10^4 \cdot 188,4 \cdot 0,19 \cdot 0,01}{2000} = 6,062 \text{ кВт}$$

Потужність на подолання тертя барабану до повітря:

$$N_4 = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot D_y^4 \cdot L \cdot h^3 = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot 0,66^4 \cdot 2,37 \cdot 1800^3 = 3,462 \text{ кВт}$$

Крутний момент, який передає шнек:

$$M = \frac{2}{3} \cdot p \cdot \pi \cdot \text{tg}(\alpha d) (R^3 - r^3) = \frac{2}{3} \cdot 1,3 \cdot \pi \cdot \text{tg} 8,042 \cdot (0,32^3 - 0,215^3) = 877,78 \text{ Нм}$$

Кутова швидкість тертя:

$$\omega = \frac{\pi}{30} = \frac{\pi \cdot 22,4}{30} = 2,34 \text{ рад/с}$$

Потужність, необхідна для переміщення шнеком осаду:

$$N_5 = \frac{M \cdot n_\phi}{9554} = \frac{877,78 \cdot 22,4}{9554} = 2,058 \text{ кВт}$$

З врахуванням запасу потужності 20% та ККД передачі $\eta = 0,85$, необхідна потужність двигуна буде:

$$N_{aa} = \frac{1,2 \cdot N}{\eta_n} = \frac{1,2 \cdot 49,262}{0,85} = 69,55 \text{ кВт.}$$

Вибираємо тип двигуна 4АКК2508А443, потужність 75 кВт, частота обертання – 150 об/хв.

2.2.2.4. Розрахунок клинопасової передачі від електродвигуна до ротора центрифуги марки ОГШ-352

Потужність, яку передає передача $P_1=75$ кВт при частоті обертів ведучого шківів $n_1=1500$ об/хв; частота обертів ротора центрифуги $n_2=1800$ об/хв; передача працює в одну зміну при постійному навантаженні.

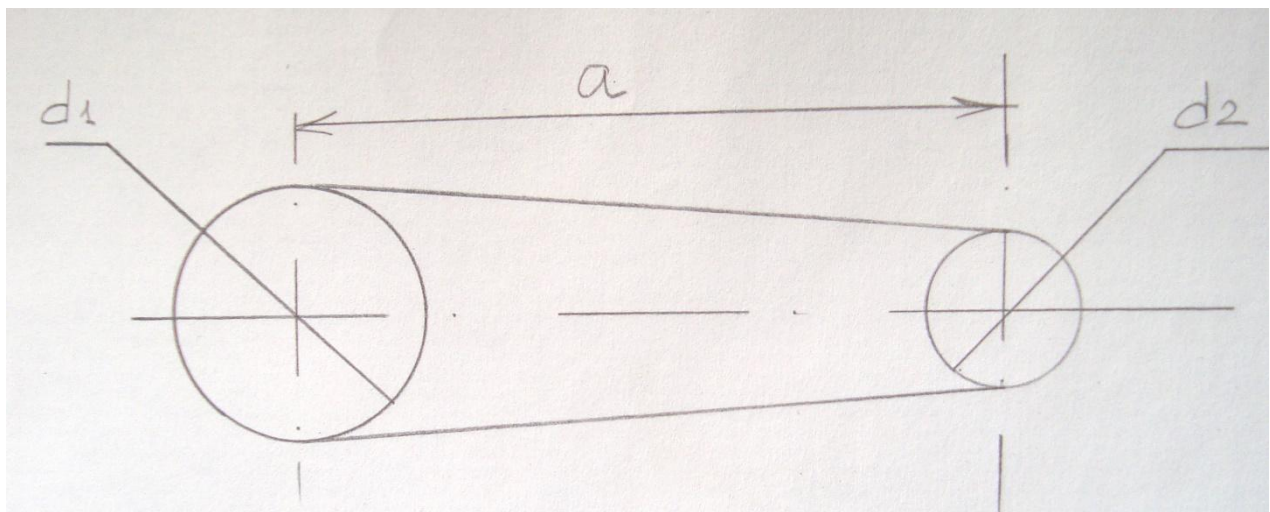


Рисунок 2.2. – Розрахункова схема.

Кутові швидкості обертання ведучого шківів та ротора центрифуги:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}, \quad \omega_1 = 157,08 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}, \quad \omega_2 = 188,496 \text{ рад/с}$$

Передаточне число передачі:

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad U = 0,833$$

На ведучому шківів обертовий момент:

$$T_1 = \frac{\rho_1 \cdot 1000}{\omega_1}, T_1 = 477,465 \text{ Нм}$$

Відповідно до рекомендацій будемо орієнтуватись на клинові паси нормального перерізу. Для таких пасів маємо площу поперечного перерізу $A=138\text{мм}^2$, базову довжину $l_0=2240\text{мм}$. Оскільки передаточне число менше одиниці, то менший діаметр має ведений шків. Приймаємо діаметр меншого шківа $d_2=224\text{мм}$.

Діаметр ведучого шківа:

$$d_1 = \frac{d_2}{U}, d_1 = 268,8 \text{ мм.}$$

За стандартом вибираємо розрахунковий діаметр ведучого шківа рівним:

$$d_1 = 280\text{мм}$$

Фактичне передаточне число передачі:

$$U = \frac{d_2}{d_1}, U = 0,8$$

Швидкість паса:

$$V = \omega_2 \cdot \frac{d_2 \cdot 0,01}{2}, V = 21,112 \text{ м/с}$$

Орієнтовно беремо міжосьову віддаль:

$$a' = 1,5 \cdot (d_1 + d_2), a' = 756\text{мм}$$

Потрібна довжина паса:

$$l' = 2 \cdot a' + \pi \frac{(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'},$$

$$l' = 2,305 \cdot 10^3 \text{ мм}$$

За стандартом вибираємо розрахункову довжину паса $l=2500\text{мм}$.

Дійсна міжосьова відстань, яка відповідає довжині паса:

$$a = \frac{[2 \cdot l - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{[2 \cdot l - \pi(d_1 + d_2)]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2}]}{8},$$

$$a = 853,7\text{мм}$$

Оцінка довговічності паса за числом його пробігів:

$$i = \frac{V}{l}, \quad i = 8,445 \cdot 10^{-3} (c^{-1}), \text{ що менше від } [i]=12(c^{-1})$$

Кут обхвату меншого шківа

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a}, \quad \alpha_1 = 183,739^\circ$$

Допустиму потужність [P] для даного періоду паса Б визначаємо:

$$d_2=224\text{мм}, \quad V=21,112 \text{ м/с}$$

вибираємо $P_0=6,72$ кВт

Коефіцієнт:

$$C_\alpha = 1 - 0,03 \cdot (180 - \alpha_1), \quad C_\alpha = 1,011,$$

$$C_l = \sqrt[6]{\frac{l}{l_0}}, \quad C_l = 1,018$$

Коефіцієнт $C_p=1$, а коефіцієнт $C_z=0,85$ при орієнтовному $Z>6$

$$P = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_p \cdot C_z, \quad P = 5,883 \text{ кВт}$$

Необхідне число пасів, що працюють паралельно на шківах передачі:

$$Z = \frac{P_1}{P}, \quad Z = 12,749$$

Приймаємо $Z=13$

Силу попереднього натягу гілок комплекту клинових пасів визначаємо за формулою:

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot P_l \cdot 100 \cdot C_l}{V \cdot C_\alpha \cdot C_p}, \quad F_0 = 3,041 \cdot 10^3$$

Тоді навантаження на вал пасової передачі:

$$R = \alpha \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1 \cdot \pi}{2 \cdot 180}\right), \quad R = 6,079 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

2.2.2.5. Конструктивний розрахунок основних вузлів центрифуги марки ОГШ-352

2.2.2.5.1. Конструктивний розрахунок ротора центрифуги

Ротор центрифуги це збірна конструкція, основними елементами якої є бортове кільце 1, циліндричне обладнання 2, конічна обечайка 3. (рисунок 3.1.)

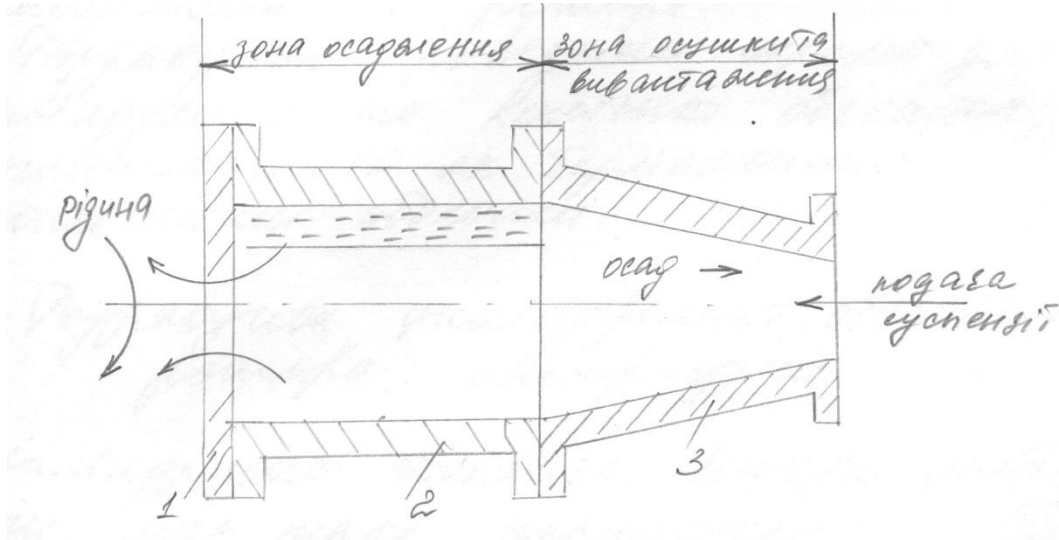


Рисунок 2.3. Схема ротора центрифуги марки ОГШ-352. 1 – бортове кільце; 2 – циліндрична обечайка; 3 – конічна обечайка.

В зоні осадження ротор має циліндричну форму і найбільший діаметр, що забезпечує максимальну дію відцентрової сили на частинки твердої фази та якісне проведення процесу осадження.

В зоні осушення та вивантаження осаду, ротор має конічну форму, він поступово звужується в напрямку вивантаження осаду. Така конструкція забезпечує поступове ущільнення осаду та покращує відділення з нього води в міру наближення осаду до вивантажувального отвору.

Ротор центрифуги є найбільш навантаженим її елементом, на який діє радіальне інерційне навантаження, що створюється обертанням маси ротора, а також діє гідродинамічний тиск обумовлений обертанням суспензії, що знаходиться в роторі.

Розрахунок проведено окремо для конічної та циліндричної обечайок, розглянувши їх як безмоментні тонкостінні оболонки.

2.2.2.5.2. Розрахунок циліндричної обечайки ротора центрифуги

Циліндрична обечайка ротора центрифуги має такі параметри: внутрішній радіус ротора $r=0,315\text{м}$, внутрішній радіус завантаження $r_1=0,215\text{м}$, довжина обечайки $L=0,8\text{м}$, густина робочої рідини $\rho_p=1043,05\text{ кг/м}^3$, густина матеріалу ротора $\rho=7850\text{ кг/м}^3$. границя міцності матеріалу при розгляді $\sigma=240\cdot 10^6\text{ Па}$.

Схема навантаження циліндричної обечайки представлена на рисунку 2.4.

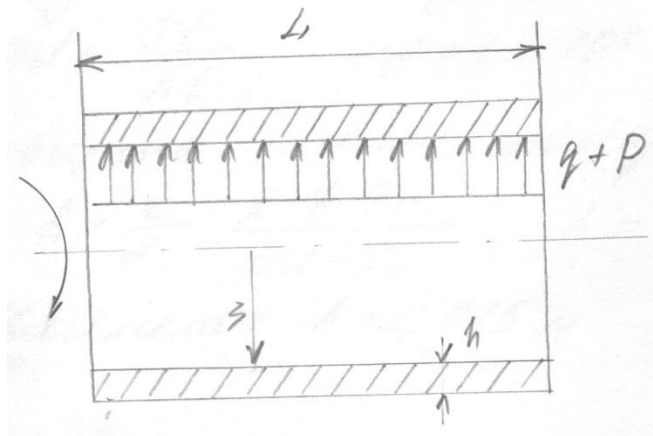


Рисунок 2.4. Схема навантажень циліндричної обечайки ротора.

Кругове нормальне напруження складається з напружень, які виникають під дією на обечайку тиску рідини P_p та сил інерції маси обечайки, інтенсивність яких g .

$$g=9,81\text{ м/с}^2$$

Частота обертання ротора:

$$n=1800 \quad n=1,8\cdot 10^3\text{ об/хв.}$$

Ступінь заповнення ротора:

$$\psi = \frac{r^2 - r_1^2}{r^2}, \quad \psi = 0,534$$

Колова швидкість:

$$v_k = \frac{\pi \cdot n \cdot r}{30}, \quad v_k = 59,376 \text{ м/с}$$

Співвідношення між густинами робочої рідини та матеріалу обечайки:

$$\lambda = \frac{\rho_p}{\rho}, \quad \lambda = 0,133$$

Напруження в обечайці від сил інерції:

$$\sigma_0 = \rho \cdot v_k^2, \quad \sigma_0 = 2,768 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Приймаємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n_t = 2.$$

Допустимі напруження:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_t}{n_t}, \quad \sigma_d = 1,2 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Товщина стінки циліндричної обечайки:

$$h = \frac{r}{2} \cdot \frac{\lambda \cdot \psi \cdot \sigma_0}{\sigma_d - \sigma_0}, \quad h = 3,351 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо: $h = 0,015 \text{ м}$

Уточнюємо напруження:

Меридіональне напруження:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_0 \cdot r \cdot \lambda \cdot \psi^2}{8 \cdot h}, \quad \sigma_m = 2,754 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Сумарне колове напруження:

$$\sigma_t = \sigma_0 \left(\frac{\lambda \cdot \psi \cdot r}{2 \cdot h} + 1 \right), \quad \sigma_t = 4,83 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Еквівалентне напруження менше допустимого. Умови міцності виконуються.

2.2.2.5.3. Розрахунок конічної обечайки ротора центрифуги

Конічна обечайка ротора центрифуги має такі параметри:

максимальний внутрішній радіус ротора $r = 0,315 \text{ м}$, мінімальний внутрішній радіус ротора $r_2 = 0,195 \text{ м}$. внутрішній радіус завантаження $r_1 = 0,14 \text{ м}$, довжина

обечайки $L=0,85\text{м}$, густина робочої рідини $\rho_p = 1043,05 \text{ кг/м}^3$, густина матеріалу ротора $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, границя міцності матеріалу ротора при розтягу: $\sigma = 240 \cdot 10^6 \text{ Па}$, прискорення сили тяжіння $g=9,81 \text{ м/с}^2$, частота обертання ротора $n=1800 \text{ об/хв}$.

Схема навантаження конічної обечайки представлена на рисунку 2.5.

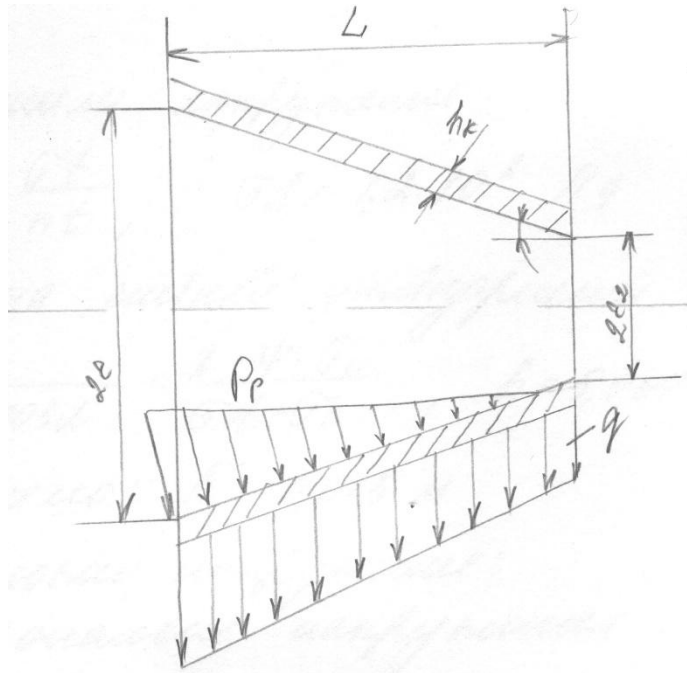


Рисунок 2.5. Схема навантажень конічної обечайки ротора.

$$\alpha = a \tan\left(\frac{r - r_2}{L}\right), \quad \alpha = 0,14, \quad \alpha \cdot \frac{180}{\pi} = 8,036$$

Ступінь заповнення ротора:

$$\psi = \frac{r^2 - r_1^2}{r^2}, \quad \psi = 0,802$$

Колова швидкість:

$$v_k = \frac{\pi \cdot n \cdot r}{30}, \quad v_k = 59,376 \text{ м/с}$$

Співвідношення між густинами робочої рідини та матеріалу обечайки:

$$\lambda = \frac{\rho_p}{\rho}, \quad \lambda = 0,133$$

Напруження в обечайці від сил інерції:

$$\sigma_0 = \rho \cdot v_k^2, \quad \sigma_0 = 2,768 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Приймаємо коефіцієнт запасу міцності:

$$nt=2$$

Допустимі напруження:

$$\nu_d = \frac{\nu_t}{nt}, \quad \nu_d = 1,2 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Товщина стінки циліндричної обечайки:

$$h = \frac{r}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{\lambda \cdot \psi \cdot \nu_0}{\sigma_d - \sigma_0}, \quad h = 5,084 \cdot 10^{-3}$$

Приймаємо: $h=0,015\text{м}$

Уточнюємо напруження:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_0 \cdot r \cdot \lambda \cdot \psi^2}{8 \cdot h}, \quad \sigma_m = 6,216 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Сумарне колове напруження:

$$\sigma_t = \sigma_0 \left(\frac{\lambda \cdot \psi \cdot r}{2 \cdot h} + 1 \right), \quad \sigma_t = 5,866 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Еквівалентне напруження менше допустимого. Умови міцності виконуються. Товщину бортового кільця приймаємо рівною 1,5 товщини обечайки ротора:

$$hk = 1,5 \cdot h; \quad hk=0,023 \text{ м.}$$

Приймаємо: $hk=0,024 \text{ м.}$

2.2.2.5.4. Розрахунок пустотілоговала шнека центрифуги

Проведемо розрахунок вала шнека центрифуги. Вал шнека центрифуги складається з двох ділянок:

- ділянка осадження;
- ділянка вивантаження осаду.

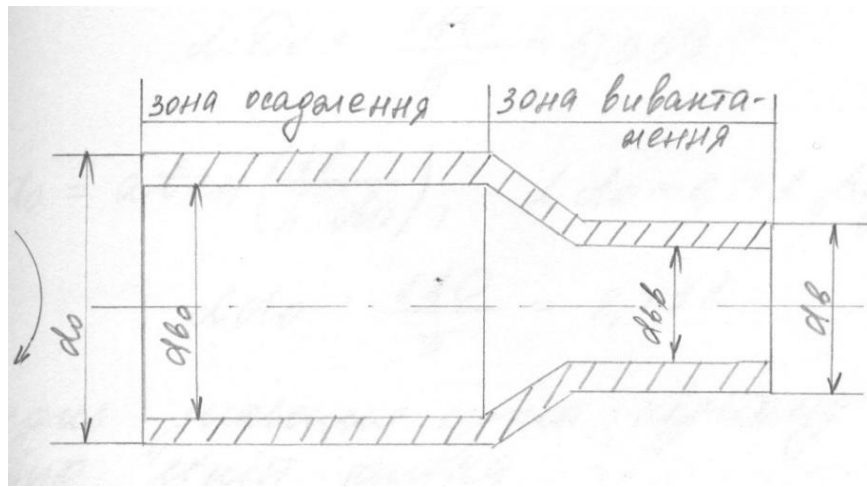


Рисунок 2.6. Схема пустотілоговала шнека центрифуги.

Шнек має такі параметри:

Кількість витків шнека $Z=6$, найменший крок гвинтової поверхні $H=0,193\text{ м}$, на ділянці осадження зовнішній діаметр шнека $D_0=0,62\text{ м}$, зовнішній діаметр вала шнека $d_0=0,43\text{ м}$. Для полегшення конструкції шнека вал виготовлено пустотілим з внутрішнім діаметром $d_{b0}=0,4\text{ м}$.

Максимальний тиск в порожнині шнеку $P_{\max}=130000\text{ Па}$, коефіцієнт внутрішнього тертя продукту $f=0,5$. Матеріал валу шнека сталь марки 15ХН. Границя текучості для сталі $\sigma_t = 230 \cdot 10^6\text{ Па}$. Приймаємо коефіцієнт запасу міцності $nt=2$.

Тоді допустиме напруження:

$$\sigma_d = 1,15 \cdot 10^8\text{ Па.}$$

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішньому боці шнека і біля вала:

$$\alpha D_0 = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot D_0}\right), \quad \alpha D_0 = 0,099\text{ рад}, \quad \alpha D_0 \cdot \frac{180}{\pi} = 5,659$$

$$\alpha d_0 = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot d_0}\right), \quad \alpha d_0 = 0,142\text{ рад}, \quad \alpha d_0 \cdot \frac{180}{\pi} = 8,131$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній шнека:

$$\alpha_{och} = 0,5 \cdot (\alpha D_0 + \alpha d_0), \quad \alpha_{och} = 0,12\text{ рад}$$

$$\alpha_{0ch} \cdot \frac{180}{\pi} = 6,895$$

Крутний момент на валу шнека і осьове зусилля.

$$Mkp_0 = 0,131 \cdot Z \cdot P_{\max} \cdot (D_0^3 - d_0^3) \cdot \tan(\alpha_{0cp}), \quad Mkp_0 = 1,962 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

Осьове зусилля на шнеку:

$$f_0 = 0,392 \cdot Z \cdot (D_0^2 - d_0^2) \cdot P_{\max}, \quad f_0 = 6,1 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Нормальне та дотичне напруження валу відповідно будуть рівними:

$$\sigma = \frac{4 \cdot S_0}{\pi \cdot (d_0^2 - db_0^2)}, \quad \sigma = 3,119 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot Mkp_0 \cdot d_0}{\pi(d_0^4 - db_0^4)}, \quad \tau = 5,004 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Еквівалентне напруження за теорією найбільших дотичних напружень:

$$\sigma_{ek} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}, \quad \sigma_{ek} = 3,276 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Еквівалентне напруження менше допустимого. Умови міцності виконуються.

Розглянемо ділянку вивантаження осаду. На ній шнек має змінний діаметр.

Розрахунок проведемо для перерізу з найменшим діаметром, як найбільш навантаженого.

Зовнішній діаметр шнека $D_b = 0,37$ м. Зовнішній та внутрішній діаметри вала шнека:

$$D_b = 0,28 \text{ м}, \quad d_b = 0,25 \text{ м.}$$

Границя текучості для сталі марки 15хМ

$$\sigma_t = 230 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Приймаємо коефіцієнт запасу міцності:

$$nt = 2,$$

Тоді допустиме напруження:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_t}{nt}, \quad \sigma_d = 1,15 \cdot 10^8 \text{ Па.}$$

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішньому боці шнека і біля вала:

$$\alpha Db = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot Db}\right), \quad \alpha Db = 0,165 \text{ рад}$$

$$\alpha Db \cdot \frac{180}{\pi} = 9,427$$

$$\alpha db = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot db}\right), \quad \alpha db = 0,216 \text{ рад}$$

$$\alpha db \cdot \frac{180}{\pi} = 12,375$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній шнека:

$$\alpha b_{cp} = 0,5 \cdot (\alpha Db + \alpha db), \quad \alpha b_{cp} = 0,19 \text{ рад}$$

$$\alpha b_{cp} \cdot \frac{180}{\pi} = 10,901.$$

Крутний момент на валу шнека і осьове зусилля.

$$M_{крb} = 0,131 \cdot Z \cdot P_{\max} \cdot (Db^3 - db^3) \cdot \tan(\alpha b_{cp}) \quad M_{крb} = 564,802 \quad H \cdot i$$

Осьове зусилля на шнеку:

$$S_b = 0,392 \cdot Z \cdot (Db^2 - db^2) \cdot P_{\max}, \quad S_b = 1,789 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Нормальне та дотичне напруження вала відповідно будуть рівними:

$$\sigma = \frac{4 \cdot S_b}{\pi (db^2 - dbb^2)}, \quad \sigma = 1,432 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot M_{крb} \cdot db}{\pi \cdot (db^4 - dbb^4)}, \quad \tau = 3,595 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Еквівалентне напруження за теорією найбільших дотичних напружень:

$$\sigma_{ek} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}, \quad \sigma_{ek} = 1,603 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Еквівалентне напруження менше допустимого. Умови міцності виконуються.

2.2.2.4.5. Розрахунок геометричних параметрів витків шнека

Шнеки можуть виготовлюватися литими, точеним, зварними та паяними. В індивідуальному виробництві шнеки виготовляються переважно з окремих елементів – вирізаних та вигнутих розігнутих кілець. Щоб виготовити шнек

заданих параметрів необхідно визначити геометричні параметри кільця-заготовки шнека: внутрішній і зовнішній діаметри, товщину і величину кута вирізу.

Товщина кільця шнеку визначається із розрахунку на міцність. Розрахунок на міцність витка шнека проводимо як для кільцевої пластини затиснутої по внутрішньому контуру. Зовнішній діаметр шнека $D=0,62\text{м}$. Максимальний тиск в порожнині шнека $P=130000\text{ Па}$.

Марка сталі витка шнека 15хМ. Діаметр вала шнека $d=0,43\text{м}$. Коефіцієнт геометрії шнека:

$$A=D/d, \quad a=1,442.$$

Загальний момент у витку шнека по внутрішньому контуру (біля вала):

$$M = \frac{P \cdot D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot a^{-4} - 1,2 \cdot a^{-2} - 5,2 \cdot \ln(a)}{1,3 + 0,7 \cdot a^{-2}}, \quad M = -707,989 \quad \text{í} \cdot \text{í}$$

Границя текучості для сталі марки 15хМ

$$\sigma = 230 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

З врахуванням коефіцієнту запасу міцності $nt=2$.

Значення межі міцності буде:

$$\sigma d = \frac{\sigma}{nt}, \quad \sigma d = 1,15 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Розрахункова товщина витка:

$$\delta = \sqrt{\frac{-6 \cdot M}{\sigma d}}, \quad \delta = 6,078 \cdot 10^{-3} \text{ í}$$

Приймаємо: $\delta=0,008\text{м}$.

Визначаємо конструктивні параметри кільця-заготовки: ширину гвинтової поверхні і довжину гвинтових ліній в межах одного кроку шнека:

$$H=0,193 \text{ м}$$

$$b = 0,5 \cdot (D - d), \quad b=0,095 \text{ м.}$$

Оскільки по мірі руху рідини до зливних отворів, частка твердої фази в ній зменшується, для полегшення конструкції крок гвинтової поверхні H на ділянці осадження зроблено змінним. Він з кожним витком збільшується на величину.

$$\Delta = 0,064 \text{ м.}$$

Довжини гвинтової лінії по діаметру вала шнека:

$$l_1 = \sqrt{H^2 + (\pi \cdot d)^2}, \quad l_1 = 1,365 \text{ м}$$

$$l_2 = \sqrt{(H + \Delta)^2 + (\pi \cdot d)^2}, \quad l_2 = 1,375 \text{ м}$$

$$l_3 = \sqrt{(H + 2\Delta)^2 + (\pi \cdot d)^2}, \quad l_3 = 1,388 \text{ м}$$

$$l_4 = \sqrt{(H + 3\Delta)^2 + (\pi \cdot d)^2}, \quad l_4 = 1,405 \text{ м}$$

Довжина гвинтової лінії по зовнішньому діаметру шнека:

$$L_1 = \sqrt{H^2 + (\pi \cdot D)^2}, \quad L_1 = 1,957 \text{ м}$$

$$L_2 = \sqrt{(H + \Delta)^2 + (\pi \cdot D)^2}, \quad L_2 = 1,965 \text{ м}$$

$$L_3 = \sqrt{(H + 2\Delta)^2 + (\pi \cdot D)^2}, \quad L_3 = 1,974 \text{ м}$$

$$L_4 = \sqrt{(H + 3\Delta)^2 + (\pi \cdot D)^2}, \quad L_4 = 1,985 \text{ м}$$

Визначаємо кути вирізу:

$$\alpha_1 = 2 \cdot \pi - \frac{L_1 - l_1}{b}, \quad \alpha_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 2,52$$

$$\alpha_2 = 2 \cdot \pi - \frac{L_2 - l_2}{b}, \quad \alpha_2 = 0,077 \text{ рад} \quad \alpha_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 4,431$$

$$\alpha_3 = 2 \cdot \pi - \frac{L_3 - l_3}{b}, \quad \alpha_3 = 0,119 \text{ рад} \quad \alpha_3 \cdot \frac{180}{\pi} = 6,84$$

$$\alpha_4 = 2 \cdot \pi - \frac{L_4 - l_4}{b}, \quad \alpha_4 = 0,17 \text{ рад} \quad \alpha_4 \cdot \frac{180}{\pi} = 9,714$$

$$D_{01} = \frac{2 \cdot L_1}{2 \cdot \pi - \alpha_1}, \quad D_{01} = 0,627 \text{ м}$$

$$D_{02} = \frac{2 \cdot L_2}{2 \cdot \pi - \alpha_2}, \quad D_{02} = 0,633 \text{ м}$$

$$D_{03} = \frac{2 \cdot L_3}{2 \cdot \pi - \alpha_3}, \quad D_{03} = 0,641 \text{ м}$$

$$D_{04} = \frac{2 \cdot L_4}{2 \cdot \pi - \alpha_4}, \quad D_{04} = 0,65 \text{ м}$$

Внутрішні діаметри кілець заготовок:

$$d_{01} = \frac{2 \cdot l_1}{2 \cdot \pi - \alpha_1}, \quad d_{01} = 0,437 \text{ м}$$

$$d_{02} = \frac{2 \cdot l_{21}}{2 \cdot \pi - \alpha_2}, \quad d_{02} = 0,443 \text{ м}$$

$$d_{03} = \frac{2 \cdot l_3}{2 \cdot \pi - \alpha_3}, \quad d_{03} = 0,451 \text{ м}$$

$$d_{04} = \frac{2 \cdot l_4}{2 \cdot \pi - \alpha_4}, \quad d_{04} = 0,46 \text{ м}$$

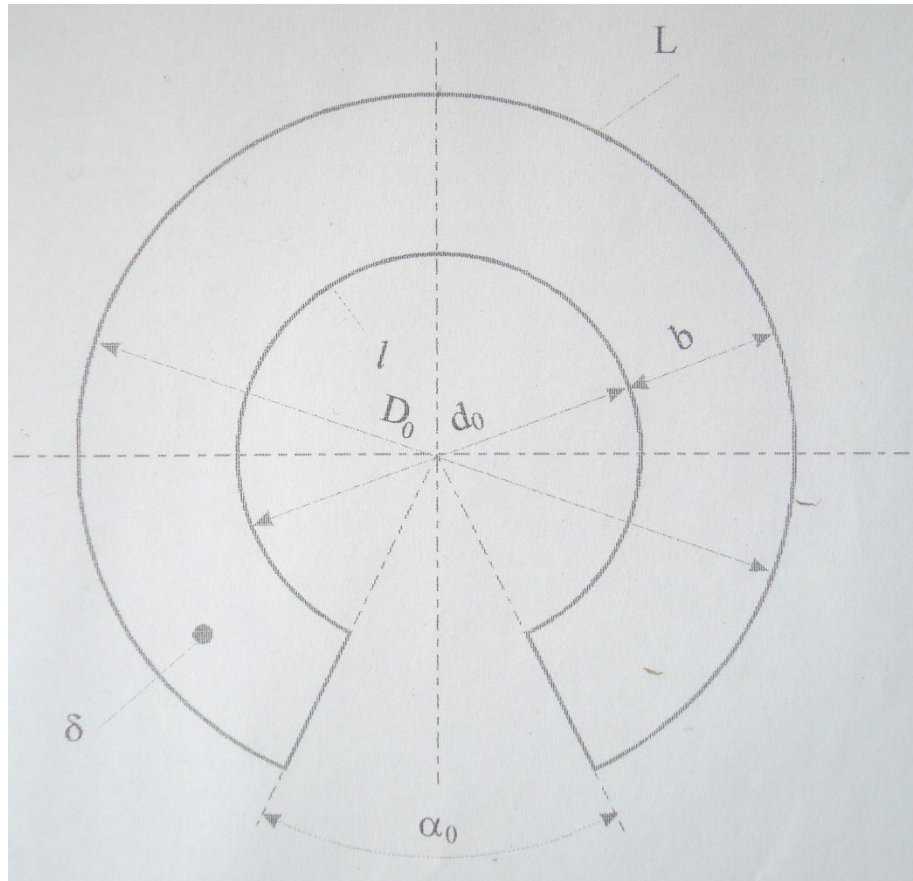


Рисунок 2.7. Кільце-заготовка витка шнека центрифуги марки ОГШ-352.

2.2.2.6. Науково-дослідна робота студента

Обслуговування центрифуг зводиться до дотримання специфічних вимог при запуску і зупинці машини, до періодичного контролю і регулювання процесу виділення соку, а також нагляд за станом працюючої центрифуги.

Враховуючи властивості окремих компонентів картопляної кашки, потрібно постійно відводити з центрифуги клітинний сік і обезводнену кашку. Клітинний сік здатен утворювати стійку піну. Для зменшення кількості утвореної води

необхідно виключити підсос повітря в комунікаціях і забезпечити безперервний відвід клітинного соку.

Для забезпечення постійного відведення клітинного соку з центрифуги і транспортування його на наступну технологічну операцію в конструкції машини передбачений спеціальний вузол – напірний диск. Робота його заключається на використанні гідростатичного напору кліткового соку, який виходить з центрифуги.

Обезводнена на центрифугах кашка представляє собою липкий тістоподібний продукт. При центрифугуванні він з великою силою вдаряється об стінки камери вивантаження осаду і поступово на них нарощується. Це може призвести до накопичення його в камері вивантаження і підпору обертального ротора. Для усунення цього недоліку в камеру підводиться вода, з допомогою якої осад переміщається в приймальний збірник.

Основна вимога до центрифуг зводиться до того, щоб виділити з кашки як можна більше клітинного соку з найменшими втратами вільного крохмалю.

Якість роботи центрифуг оцінюється коефіцієнтом виділення кліткового соку. Він представляє собою відношення кількості виділеного соку до усього звільненого при подрібненні кашки кліткового соку, визначається в %.

$$K = \frac{B}{A} \cdot 100,$$

де К – коефіцієнт виділення клітинного соку, %;

А – кількість вільного кліткового соку в вихідній кашці, кг;

В – кількість виділеного кліткового соку, кг.

В процесі одержання картопляного крохмалю з виробництва виводяться сокові і промислові води, а також вода, утворена в процесі миття сит, обладнання. В цій воді містяться мілкі зерна крохмалю і інші домішки.

Для вловлювання крохмалю, цю воду направляють в спеціальні крохмаловловлювачі. В залежності від якості перероблюваної картоплі

технологічної схеми, обладнання і якості обслуговування в вловлювачі потрапляє 1-5% абсолютно сухого крохмалю від всього одержаного в виробництві.

Втрати крохмалю в ловушках не повинні перевищувати 0,1 г на 1 л. води. По мірі заповнення крохмалем вловлювачі звільняють від виробничої води, заливають свіжою, перемішують і при концентрації сухих речовин близько 10% суспензію перекачують на рафінувальні ситові апарати.

Подальша переробка крохмалю здійснюється по загальноприйнятій схемі.

Якість одержаного сирого крохмалю повинна відповідати міжреспубліканським технічним умовам (МРТУ) 18/125-80. По цих умовах сирій крохмаль підрозділяють на три сорти. По зовнішньому вигляду крохмаль 1 і 2 сорту повинен мати однорідний білий колір плям і краплювань. Крохмаль 3 сорту повинен мати однорідно-сіруватим. Для перших двох сортів присутність стороннього запаху не допускається, а для крохмалю 3 сорту допускається злегка кислуватий, але не затхлий запах.

По фізико-хімічних показниках сирій картопляний крохмаль повинен відповідати вимогам, приведеним в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Фізико-хімічні показники сирого картопляного крохмалю

| Сирий крохмаль | Сорт | | |
|---|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Вміст в 100 г сухих речовин, % | | | |
| вологи | 52 | 52 | 52 |
| домішок в сухих речовинах | 0,40 | 0,60 | 0,80 |
| дрібної мезги не більше | 0,15 | 0,25 | 0,50 |
| їдкого натрію при індикаторі аденоталетні | 30 | 40 | 50 |

3. Експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352, з використанням основних розрахунків шнека

3.1 Теоретичний аналіз робочого процесу

Аналіз процесу дозволяє оцінити вплив параметрів циліндричної робочої камери і нагнітаючо-осаджуючої та розділюючої ділянки шнека, а також їх конструктивних елементів на показники роботи центрифуги марки ОГШ-352, а саме: властивості крохмалю після проведення процесу розділення, питоме споживання енергії, надійність і довговічність роботи вузлів і основних деталей центрифуги.

Робоча камера центрифуги марки ОГШ-352 складається з циліндричної і конічної частини де проходять процеси пов'язані з нагнітанням осадженням і розділенням суспензії (крохмального молока) на сирий крохмал та воду. Об'єм робочої камери позначимо через V_0 .

Камера осадження — ділянка робочої камери, яку заповнює суспензія при стисканні її до робочого тиску. Об'єм камери осадження позначимо через V_1 .

Об'єм стабілізації тиску V_2 , (конічна частина) визначає об'єм суспензії, який може сприймати стабілізатор тиску. Чим більше V_2 , тим краще працює центрифуга і менша величина максимального відхилення процентного виходу одержаного сирого крохмалу від норми.

Камера розділення — ділянка, призначена для розділення суспензії на сирий крохмал і воду.

Суспензія, яка необхідна для заповнення камер, спочатку осаджуються, стискається і стабілізується до певного тиску в робочій камері, потім відбувається переміщення суспензії та розділення її перед вивантаженням. Тому при аналізі робочого процесу будемо розглядати стан, при якому відбувається нагнітання, осадження і розділення суспензії.

Для характеристики робочого процесу центрифуги марки ОГШ-352 введемо такі позначення:

P_0 — початковий тиск суспензії, що створюється в робочій камері в мить її закриття перед початком нагнітання;

P_1 — робочий тиск в циліндричній камері, який відповідає максимальному тиску при стискуванні суспензії;

K_1 — коефіцієнт ущільнення суспензії при стисненні її до робочого тиску, визначається на підставі такої залежності:

$$K_1 = V_1/V_0,$$

де значення початкового і робочого об'ємів V_0 і V_1 , що відповідають P_0 і P_1 , визначаються в залежності від робочого тиску за діаграмами (рис. 3.1 та 3.2);

K_2 — коефіцієнт стиснення суспензії в робочій камері центрифуги, визначається з такої залежності:

$$K_2 = V_3/V_0.$$

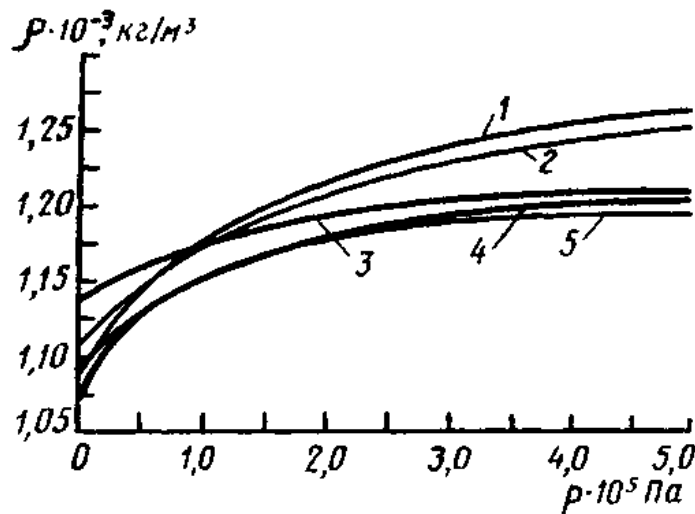


Рисунок 3.1- Залежність $\rho = f(p)$ для:

1,2 — суспензія, яка пройшла і не пройшла циліндричну ділянку центрифуги; $W_m = 42,8 \%$, $t_m = 28^\circ\text{C}$;

3 — суспензія, яка пройшла і не пройшла циліндричну ділянку центрифуги; $W_m = 47,8 \%$, $t_m = 27^\circ\text{C}$;

4,5 — суспензія, яка пройшла і не пройшла конічну ділянку центрифуги; $W_m = 47,8 \%$, $t_m = 27^\circ\text{C}$;

Для встановлення впливу конструкції циліндричного шнека центрифуги марки ОГШ-352 на робочий процес і аналізу енергетичних витрат на нього зобразимо баланс роботи центрифуги за один цикл у вигляді рівняння:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4,$$

де: A_1 – робота, що витрачається на осадження суспензії в робочій камері від P_0 до P_1 ;

A_2 - робота на подолання опору при переміщенні суспензії в робочій камері;

A_3 - робота на стабілізацію тиску;

A_4 - робота, що витрачається на привод нагнітаючого шнека.

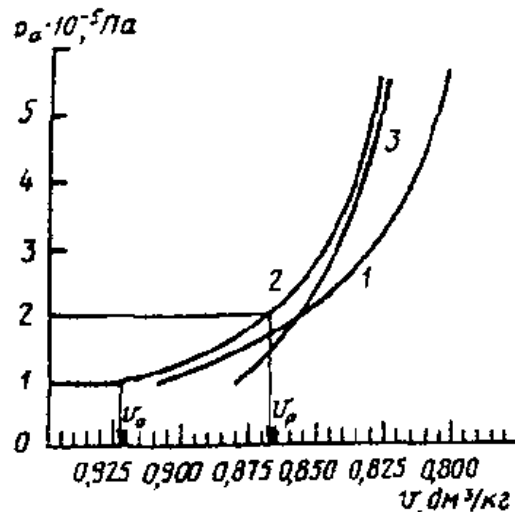


Рисунок 3.2- Діаграма визначення коефіцієнта нагнітання суспензії по величині робочого тиску P_a .

Робота, що витрачається на стиснення суспензії в робочій камері від P_0 до P_1 :

$$A_1 = \frac{P_0 + P_1}{2} \cdot (V_0 - V_1).$$

Зробивши підстановку V_1 , одержимо:

$$A_1 = \frac{P_0 + P_1}{2} \cdot V_0 (1 - K_1).$$

Робота, що витрачається на подолання опору при переміщенні суспензії в робочій камері центрифуги:

$$A_2 = F_2 \sigma l,$$

де: F_2 - поверхня по якій переміщується крохмал в робочій камері, м²;

σ - гранична напруга зсуву крохмалу, Па;

l – довжина переміщення крохмалу, м.

Робота A_3 , що витрачається на стабілізацію тиску, визначається з рівняння:

$$A_3 = P_1 b h l,$$

(l – довжина переміщення крохмалу по камері, м.)

Розраховуємо за формулою:

$$A_3 = P_1 F_l \varphi_3 \frac{R+r}{2},$$

де: F_l - площа нагнітальної лопаті;

φ_3 - кут повороту нагнітача при спрацюванні стабілізатора.

Роботу A_4 , що витрачається на привод шнека центрифуги , розрахувати досить складно, але в усіх центрифугах її значення майже однакове. Спрощено її можна визначити, виходячи з того, що потужність N_4 , потрібна для цього, становить 50-150 Вт:

$$A_4 = N_4 \cdot \tau_{ц},$$

$\tau_{ц}$ - тривалість циклу, с.

Для порівняння і аналізу витрат енергії центрифуг різної конструкції і з різними об'ємами камер введемо показник питомої роботи, котрий показує витрати енергії на нагнітання 1 кг суспензії:

$$A_{ц} = A/g_0.$$

3.2. Теоретичні основи розрахунку центрифуги

марки ОГШ-352

Практична потреба у проведенні розрахунків, пов'язаних з визначенням продуктивності центрифуг, потужності приводів, геометричних параметрів робочих органів, може мати місце, коли необхідно замовити нове обладнання, коли при зміні

асортименту чи продуктивності необхідно перевірити діюче обладнання, а також під час проведення робіт по модернізації технологічного обладнання та його вузлів.

3.2.1. Розрахунок процесу осадження

Теоретична продуктивність по жировій масі (без урахування зворотних відходів) оцінюється в залежності від технологічних факторів за наступною формулою:

$$П = G(100 - W_T)/(100 - W_B) \quad [\text{кг/год}],$$

де: W_T і W_B — вологість крохмалу (суспензії) до процесу центрифугування, %;
і вологість крохмалу (суспензії) після процесу центрифугування, відповідно, %;

Прийmemo $W_T = 30\%$ і $W_B = 13\%$

G — продуктивність центрифуги по сирому крохмалу, кг/год.

$$G = 60V \rho k / \tau \quad [\text{кг/год}];$$

Тут V — сумарний об'єм камер центрифуги, м^3 ;

k — коефіцієнт заповнення камер суспензія м, $k = 0.5$

τ — тривалість перебування суспензії, хв, $\tau = 20$ хв.;

ρ — об'ємна маса суспензії, кг/м^3 , $\rho = 890$ кг/м^3 .

Сумарний об'єм камер центрифуги визначається за формулою:

$$V = \frac{П_{ПГ} \cdot \tau}{\rho k} \quad (\text{м}^3),$$

де $П_{ПГ}$ — продуктивність центрифуги по залишку, кг/год; $П_{ПГ} = 30$ кг/год;

$$V = \frac{1500 \cdot 0.3}{890 \cdot 0.5} = 0.0199, \quad [\text{м}^3]$$

тоді, розраховуємо продуктивність:

$$G = \frac{60 \cdot 0.0199 \cdot 890 \cdot 0.5}{0.3} = 1773.26 \quad [\text{кг/год}]$$

Отже, визначимо теоретичну продуктивність центрифуги по жировій масі:

$$П = 1773.26 \cdot \frac{100 - 30}{100 - 13} = 1500 \quad [\text{кг/год}]$$

Сумарна необхідна потужність приводів центрифуги прямопропорційна розмірам витки шнека, швидкості їх руху. Для її визначення слід використати метод аналізу енергетичного балансу процесу при розрахунку суспензій місильних машин. Це дозволить встановити точний вплив форми робочих органів на потужність приводу.

3.2.2. Розрахунок потужності шнека центрифуги марки ОГШ-352

При розрахунку слід враховувати ряд особливостей шнека, який звичайно працює безперервно.

В цьому випадку в камерах тиск змінюється за синусоїдою від максимуму в момент відсутності вибору до мінімуму в момент заповнення мірної камери.

Тиск на гвинтову лопать шнеку перед кожною лопаттю менший, а за нею — більший середнього значення, яке в камері розділення суспензії змінюється за законом, близьким до лінійного.

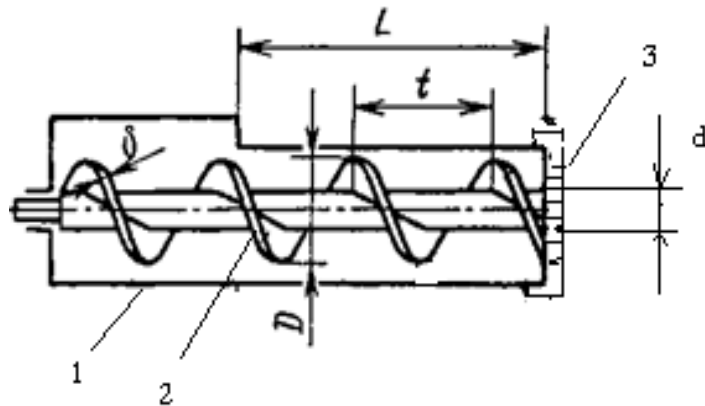


Рисунок 3.3- Схема шнека нагнітача-осаджувача

1 – робоча камера; 2 – шнек; 3 – конічна камера.

D і d – діаметри шнека і його вала;

t - крок шнека;

δ - товщина витки шнека.

Для спрощення розрахунків припустимо, що нагнітальний шнек має плоску гвинтову поверхню з середнім кутом підйому гвинтової лінії $\alpha_{\text{сер}}$. Те, що осьове

переміщення часток матеріалу по висоті пера шнека неоднакове, слід врахувати коефіцієнтом відставання.

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha_{сер} - 0.5 f \sin 2\alpha_{сер})$$

де f – коефіцієнт тертя.

Продуктивність нагнітача-осаджувача (в кг/с) можна розрахувати за відомою формулою:

$$П = 0,127(D^2 - d^2)(t - \delta)(1 - K_0) \cdot \rho \cdot \Psi \cdot \omega,$$

де: D - зовнішній діаметр нагнітаючого шнека, м;

d - діаметр валу нагнітаючого шнека, м; визначається з конструктивних міркувань;

t - крок гвинтової твірної нагнітаючого шнека, м;

δ - товщина витка нагнітаючого шнека, м;

ρ - середня щільність суспензії (кг/м³), визначається за діаграмою стану суспензії; $\rho = (\rho_{max} + \rho_0)/2$;

Ψ - коефіцієнт подачі суспензії, для нагнітачів з циліндричною гладкою поверхнею. $\Psi = 0,2 - 0,3$;

ω - кутова частота обертання нагнітаючого шнека, рад/с.

Потужність (у Вт), що потрібна для приводу нагнітача, можна розрахувати за рівнянням

$$N = M_{кр} \cdot \omega,$$

$$M_{кр} = 0,131 m (1 - K_0) \cdot P_{max} (D^3 - d^3) \operatorname{tg} \alpha_{сер},$$

де m — число робочих кроків шнека.

Найскладнішим є визначення максимального тиску в камері стискання і характер його зміни при роботі центрифуги. В цьому напрямку слід проводити як теоретичні, так і експериментальні дослідження. До цього часу невирішеною залишається проблема знаходження оптимальних діаметрів і довжини шнекової камери, частоти обертання шнека і розміру щілини між шнеком і стінкою камери.

Шнековий нагнітач необхідно перевірити на допустиму величину роботи, що витрачається на нагнітання суспензії, за рівнянням, виходячи з якого можна

розрахувати об'єм робочої камери подільника V_0 , а потім, беручи до уваги її діаметр, знайти робочу довжину нагнітача.

Значення A_1 слід перевіряти експериментальним шляхом для даних видів нагнітачів з урахуванням виду суспензії, яка проходить осадження і розділення.

3.2.3. Розрахунок продуктивності нагнітаючого шнека центрифуги марки ОГШ-352

Продуктивність шнека визначається кількістю суспензії, яку він подає за одиницю часу до дільниці розділення, а також пропускнуою спроможністю ділянки розділення.

Продуктивність нагнітаючого шнека визначається більшою мірою геометричними параметрами за наступною формулою:

$$G_{\phi} = 3600 \pi \rho m A n (R_2^2 - R_1^2) (t - (b_1 - b_2)) / (2 \cos \alpha) k_3 k_n k_p \quad [\text{кг/год}]$$

де: m — кількість заходів шнека, $m = 1$;

A — кількість шнеків, $A = 1$;

n — частота обертання шнека, об/с;

$$n = 43 / 60 = 0.717 \text{ (об/с)}$$

R_2 — зовнішній радіус шнека, м; $R_2 = 0.036$ (м);

R_1 — внутрішній радіус нагнітаючого шнека, $R_1 = 0.01$ (м);

t — крок гвинтової лінії нагнітаючого шнека, м; $t = 0.038$ (м);

b_1 — ширина гвинтової лопаті нагнітаючого шнека в нормальному перерізі по внутрішньому радіусу, $b_1 = 0.007$ (м);

b_2 — ширина гвинтової лопаті нагнітаючого шнека в нормальному перерізі по зовнішньому радіусу, $b_2 = 0.007$ (м);

ρ - густина транспортованої маси (макаронного суспензії), $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$;

k_3 — коефіцієнт заповнення порожнини шнека суспензією м, $k_3=0,9$; k_n — коефіцієнт розділення, $k_n=0,56$;

k_p — коефіцієнт зменшення подачі суспензії при зміні реологічних властивостей суспензії, $k_p=0,93$;

α — кут підйому гвинтової лінії лопаті по середньому діаметру шнека, град.

Остання величина розраховується за формулою:

$\operatorname{tg} \alpha = t / \pi D_c$, де D_c — середній діаметр шнека, м.

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.038 / 3.14 \cdot 0.02 = 0.6$$

$$G_{\phi} = 3600 \cdot 3.14 \cdot 1050 \cdot 0.717 \cdot (0.036^2 - 0.01^2) (0.038 - (0.007 + 0.007) / 2 \cos 12) 0.9 \cdot 0.56 \cdot 0.93 = \\ = 238 \text{ [кг/год]}$$

Потужність приводу шнека, необхідна для нагнітання і осаджування суспензії, механічного видалення з нього повітря та прошовування крізь отвори матриці, визначається наступним чином:

$$N = 215 P n \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3) \text{ [кВт]},$$

де P — тиск, МПа;

$$P = 0.15 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

$$N = 215 \cdot 0.15 \cdot 10^3 \cdot 0.717 \cdot \operatorname{tg} 12 (0.036^3 - 0.01^3) = 947.9 \text{ (Вт)}$$

Прийmemo $N = 2.5 \text{ кВт}$

3.3. Вибір параметрів нагнітаючо-осаджувального шнека центрифуги марки ОГШ-352

Як правило гвинтову лопать нагнітаючо-осаджувального шнека представляють як похилу площину, кут підйому якої рівний постійному куту підйому гвинтової лінії на середньому діаметрі d_c шнека. Насправді ж нагнітаючо-осаджувального шнек (гвинт) центрифуги в порівнянні з іншими гвинтами (окрім транспортних) відрізняється тим, що має великий крок S і велику висоту витка h ,

рівну різниці між зовнішнім R_2 і внутрішнім R_1 радіусами шнека. Цією обставиною обумовлюється значна різниця у величинах кутів підйому ліній витка шнека: α_2 - на зовнішньому діаметрі шнека $D (2R_2)$; α - на середньому діаметрі шнека $d_c (2R_c)$; α_1 - на діаметрі валу шнека $d (2R_1)$. Гвинтову поверхню витка шнека можна представити утвореною великим числом гвинтових ліній, що доторкаються одна до іншої по всій її висоті: великому числу гвинтових ліній відповідає велике число кутів підйому.

Нагнітаючо-осаджувального шнек в роботі із зв'язаною з ним «суспензією» розглядають як гвинтову пару. Дія шнека в цій парі заснована на перетворенні його обертального руху в обертово-поступальний суспензійної маси. При цьому завдяки куту підйому лопаті і проявленню сил зовнішнього тертя між шнеком і суспензією, а також внутрішньому тертю між його частинами суспензійної маси, яку можна розглядати як «пластичну гайку», отримує обертальний рух, а в наслідок наявності тертя між частками суспензії і поверхнею шнекової камери вона отримує і поступальний рух.

Оскільки кут підйому гвинтової лопаті шнека змінний, то і умови переміщення суспензійної маси по її поверхні різноманітні. Суспензія, знаходячись під тиском, може переміщатися вперед (до матриці) по поверхні лопаті в тому випадку, якщо дотримуватиметься умова

$$P_1 \sin \alpha < f P_1 \cos \alpha,$$

Або $\operatorname{tg} \alpha < f,$

Тобто, необхідно, щоб кут підйому лопаті був меншим за кут тертя,

де: $f P_1 \cos \alpha = F$ - сила тертя на витках нагнітаючого шнека;

P_1 - навантаження на поперечний перетин «пластичної гайки», що діє в подовжньому напрямку шнека;

f - коефіцієнт тертя ковзання.

Якщо кут нахилу лопаті більше кута тертя, тобто $\operatorname{tg} \alpha > f,$

то суспензія під дією робочого тиску буде переміщатися назад (до приймального отвору).

Тому на поверхні витка можуть одночасно дотримуватися умови як для переміщення суспензії вперед, так і для повернення її назад. В цьому випадку з великої кількості гвинтових ліній лопаті одна буде мати кут підйому α_p , рівний куту тертя, тобто

$$\operatorname{tg} \alpha_p = f$$

Діаметр шнека, на якому гвинтова лінія має кут підйому α_p , рівний куту тертя, М. Н. Короваїв запропонував називати робочим діаметром d_p .

Робочий діаметр шнека. Визначається з наступного виразу:

$$d_p = \frac{t}{\pi \cdot \operatorname{tg} \alpha_p},$$
$$d_p = \frac{0.038}{3.14 \cdot \operatorname{tg} 17} = 0.24 \text{ (м)},$$

де t – крок шнека (м);

$\alpha_p = 17^\circ$ - кут підйому гвинтової лінії.

Поняття «Робочий діаметр» введене для обліку особливостей роботи витка шнека по переміщенню суспензії і як характеристика геометричних параметрів шнека.

При $\operatorname{tg} \alpha_p = f$ кути підйому гвинтових ліній на поверхні лопаті від R_1 до R_p будуть більші кута α_p , а на поверхні від R_p до R_2 - менші кута α_p . Тому по поверхні гвинтової лопаті між R_2 і R_p суспензія, знаходячись під робочим тиском, переміщатиметься вперед, а по поверхні між R_p і R_1 - назад. Умовне розділення суспензії, яке переміщається вперед, і суспензії, що переміщається назад, відбуватиметься по гвинтовій лінії на робочому діаметрі шнека. Рух частинок суспензії як вперед, так і назад унаслідок змінного кута підйому лопаті

відбуватиметься нерівномірно. Частини суспензії, які переміщуються назад, можуть також унаслідок наявності внутрішнього тертя поглинатися частинами суспензії, що переміщуються вперед.

Висоту поверхні лопаті, по якій суспензія переміщається вперед, називають робочою висотою h_p , і це позначення також використовують як характеристику геометричних параметрів шнека.

Робоча висота поверхні гвинтової лопаті. Представляє собою напіввізницю між зовнішнім і робочим діаметрами шнека, тобто

$$h_p = \frac{D - d_p}{2}, \text{ або } h_p = R_2 - R_{cp}$$

$$h_p = \frac{0.72 - 0.24}{2} = 0.24 \quad (\text{м}),$$

де D – зовнішній діаметр шнека(м);

d_p - робочий діаметр шнека (м).

В межах робочої висоти поверхні лопаті перемінний кут підйому її дорівнює куту тертя і менше його, тобто має місце умова

$$f = \text{tg } \alpha_p .$$

По поверхні лопаті в межах її робочої висоти суспензія переміщається вперед. Робоча висота лопаті може бути рівна або складати частину загальною її висоти.

У першому випадку суспензія переміщається вперед по всій поверхні лопаті, а в другому - лише по частині її. Відношення робочої висоти до загальної висоти лопаті показує, по якій частині поверхні лопаті суспензія переміщається вперед.

$$\lambda = \frac{R_2 - R_p}{R_2 - R_1} = \frac{h_p}{h},$$

$$\lambda = \frac{0.24}{0.72} = 0.3 .$$

Величина λ залежить від величини робочої висоти лопаті, яка міняється із зміною кроку шнека і коефіцієнта тертя ковзання.

Аналіз цього співвідношення показує, що при $R_p = R_1$ поверхня лопаті по всій висоті стає робочою і суспензія по ній переміщатиметься лише вперед. Зворотній потік суспензії буде відсутній. При зміні R_p від R_1 до R_2 відношення робочої висоти лопаті до її загальної висоти буде змінюватися від 1 до 0, змінюватиметься і співвідношення потоків суспензії: подача суспензії вперед зменшуватиметься, і повернення суспензії збільшуватиметься. При $R_p = R_2$ поступальне переміщення суспензії вперед припиниться.

При $R_p = R_1$ нагнітаючо-осаджувальний шнек всією поверхнею лопаті переміщатиме суспензію вперед до вивантаження. Оскільки при цьому на поверхні лопаті шнека відсутні зусилля для зворотнього руху суспензії, то вона переміщатиметься вперед незалежно від опору камери. У цьому випадку пропускна здатність камери визначатиметься подачею суспензії шнеком. Суспензія подаватиметься шнеком і в тому випадку, якщо отвір вивантаження, замінити суцільним металевим диском. Тоді подача суспензії (за відсутності зворотного потоку) буде направлена на розвиток тиску в ділянці вивантаження до настання поломки приводу.

У всіх інших випадках, коли робоча висота поверхні лопаті не рівна її загальній висоті, пропускна спроможність камери (за наявності зворотнього потоку) буде відповідати фактичній подачі шнеком суспензії - результуючому потоку поступального і зворотнього потоків. Тому це відношення характеризуватиме величину зменшення подачі суспензії шнеком, тобто величину коефіцієнта k_c , який потрібен нам надалі для визначення фактичної продуктивності центрифуги.

Ефективність роботи лопаті по переміщенню суспензії в залежності від її фізико-механічних характеристик і параметрів шнека підтверджена експериментальними даними: фактична продуктивність шнеків, в яких вся

поверхня лопаті робоча, зростає приблизно пропорційно теоретичній при збільшенні їх частоти обертання. Чим менша робоча висота лопаті, тим більша різниця між фактичною продуктивністю і теоретичною.

Практично в процесі переміщення суспензії робочий діаметр шнека (у всіх випадках, коли він більший внутрішнього діаметра) декілька зсувається в бік його внутрішнього діаметру, при цьому робоча висота і робоча поверхня лопаті також дещо збільшуються.

Як було сказано, гвинтова лопать нагнітаючого шнека має велику висоту, а її поверхня розглядається утвореною з безлічі гвинтових ліній з різними кутами підйому

$$tg(\alpha_1 \div \alpha_2)$$

У гвинтових лініях лопаті шнека кут підйому перемінюється і змінюється від α_2 до α_1 , з яких $\alpha_1 > \alpha_2$

Оскільки параметри шнека пов'язані залежністю (8), то для випадку, коли вся поверхня лопаті є робочою, вказана залежність набирає вигляду

$$tg \alpha_p = tg \alpha_1 = f .$$

Користуючись залежністю і значеннями коефіцієнта тертя, які, за даними, складають 0,4- 0,7, можна отримати межі зміни робочого діаметру шнека.

Для застосовуваних в центрифугах шнеків, в яких величина кроку відома, залежність дозволяє по відомому значенню коефіцієнта тертя визначити величину робочого діаметру і, отже, судити про те, наскільки правильно вибрані параметри шнека.

При конструюванні нових шнеків, для яких визначається величина кроку, необхідно, користуючись залежністю, знайти робочі діаметри для різних значень кроку, а потім вибрати остаточно крок та інші параметри шнека відповідно до необхідної продуктивності. Визначення робочого діаметру і кроку шнека вказаним методом відрізняється точністю і простотою, проте досить громіздко.

Для полегшення визначення параметрів нагнітаючих шнеків залежно від фізико-механічних характеристик суспензії М. Н. Короваїв рекомендує користуватися номограмою, представленою на рисунку 3.4.

У її основу покладений прямокутний трикутник, в якого катет по осі абсцис і гіпотенуза представляють розвертки на площину відповідно до довжини кола по робочому діаметру шнека і довжини його гвинтової лінії (по цьому ж діаметрі) з кутом підйому $\alpha_p = f$. При цьому катет по осі координат відповідає кроку шнека (гвинтовий ліній).

По номограмі кути нахилу пучка ліній відповідають кутам тертя. Оскільки номограма побудована з дотриманням умови, при якій вся поверхня гвинтової лопаті є робочою, то внутрішній діаметр шнека відповідає робочому діаметру.

Тому по осі абсцис відкладені значення довжини кола по робочому діаметру нагнітаючого шнека.

Номограма побудована для внутрішніх діаметрів нагнітаючих шнеків від 0 до 100 мм і охоплюють шнеки всіх відомих типів центрифуг. Продовженням її вправо можна побудувати номограму для любых значень діаметрів шнеків. Визначення за допомогою номограми параметрів нагнітаючих шнеків на малюнку показано пунктирними лініями зі стрілками: по прийнятому робочому діаметру знаходять крок шнеку і по відомому кроку визначають його потрібний робочий діаметр.

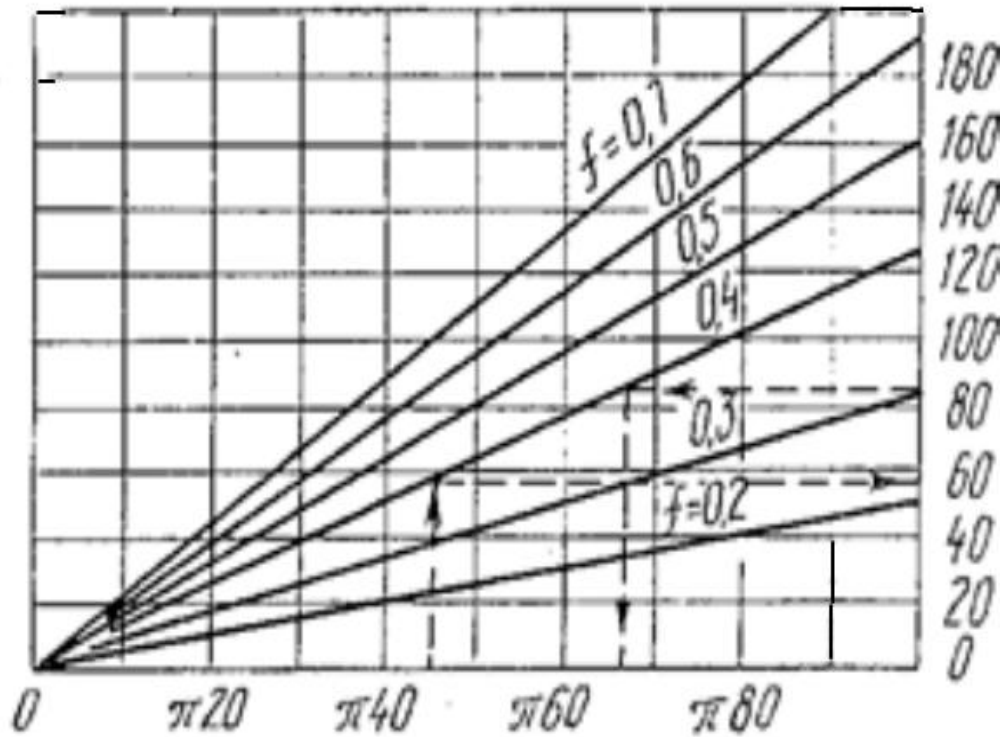


Рисунок 3.4 - Номограма для визначення робочого діаметра нагнітаючого шнека центрифуги.

3.4. Визначення точності роботи центрифуги марки ОГШ-352

Точність переміщення суспензії є одним з основних показників якості роботи центрифуги. Визначення точності роботи центрифуг має кінцевою метою налагодження та оцінку їх роботи, скорочення виробничих витрат при випуску продукції, виявлення порушень у робочому процесі та технології виробництва картопляного крохмалу.

Г.М. Осмолівський та інші виконали роботу по застосуванню математичної статистики для визначення точності роботи центрифуг. На основі запропонованої методики подібні роботи виконувались багатьма дослідниками. Є.І.Запорожець та А.Р.Микулинська на одному з московських заводів перевіряли точності роботи центрифуг із застосуванням математичної статистики. На конкретних прикладах вони показали, що при збільшенні точності роботи

центрифуги при тому самому розрахунковому об'ємі суспензії можна виділити більшу кількість крохмальних речовин.

Для оцінки точності роботи центрифуги слід застосувати вибірковий метод контролю, при якому вимірами охоплюється лише частина продукції n , яка загалом повинна достатньо надійно відтворити середні показники всієї виробки за зміну.

Визначити зміну якісних показників можна за середньоквадратичним відхиленням виборки:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\Delta g)^2 m}{n-1}},$$

де x – середньоарифметичне відхилення маси:

$$x = \frac{m}{n} \sum \Delta g;$$

$$\Delta g = g_i - g_0;$$

де: g_i і g_0 - маса напівфабрикату, що вимірюється (поточна), та нормальна, або «нульова», г:

$$g_0 = (100 + Y_1) \frac{M_B}{100},$$

де: Y_1 - фактичне зневоднення крохмалу, %;

M_B – маса готової охолодженої продукції, г.

Статистично точність роботи центрифуги характеризується коефіцієнтом варіації:

$$V = \frac{\sigma}{g_0} \cdot 100\%$$

Похибка визначення густини виробів за вибіркою є приблизною і характеризується граничною помилкою виборки:

$$\Delta = \frac{t\sigma}{\sqrt{n}},$$

Та середньою помилкою виборки:

$$\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

пов'язаною із залежністю $\Delta = t\mu$, де t - нормоване відхилення.

Якщо розподіл похибок близький до нормального закону розподілу, що було експериментально підтверджено, то t може визначатися за допомогою інтегралу ймовірності:

$$\Phi(t) = 0,389e^{-0,5t^2}.$$

Задаючись ймовірністю $\Phi(t) = 0,997$, за спеціальною таблицею знаходимо відповідне їй значення нормованого відхилення $t=3$. Це означає, що гранична помилка виборки не повинна перевищувати $\Delta = 3\mu$. На підставі отриманих величин визначимо мінімальне значення виборки за рівнянням:

$$n = \frac{t^2\sigma^2}{e^2}.$$

За значення генеральної сукупності N слід прийняти змінну виробку центрифуги, оскільки тільки під час однієї зміни виконуються одно типові умови експлуатації (обслуговування проводиться одним і тим же персоналом без тривалих зупинок). Прийmemo граничну похибку змінної виробки $\Delta = 3$. Це буде означати, що середня маса продукції в виборці не повинна відхилятися від середньої маси генеральної сукупності більше ніж на 3г.

Для визначення кількості продукції у виборці слід попередньо задатись очікуваним значенням середньоквадратичного відхилення маси σ , а потім в кінці провести контрольне визначення n_k , і коли воно виявиться більшим розрахункового, то кількість вимірювань слід довести до n_k .

3.5. Дія зусиль і траєкторія переміщення частинок суспензії

Конструктивні форми нагнітаючих шнеків і шнекових камер обумовлені зусиллями, що діють, і траєкторією переміщення елементарних частинок суспензії в третій і четвертій зонах, тобто, у такому місці шнекової камери, де можна передбачати повністю сформовану картину течії пластичної маси суспензії.

Слід перш за все розглянути сили, що діють, і можливі умови переміщення для елементарних частинок поблизу поверхні шнекового циліндра і поблизу від

робочої гвинтової поверхні шнека, виходячи з простих міркувань про фізичну сутність руху, що нагнітається шнеком маси суспензії.

Розглянемо спочатку умови переміщення елементарної частинки, що знаходиться поблизу поверхні шнекового циліндра, (рис 3.4).

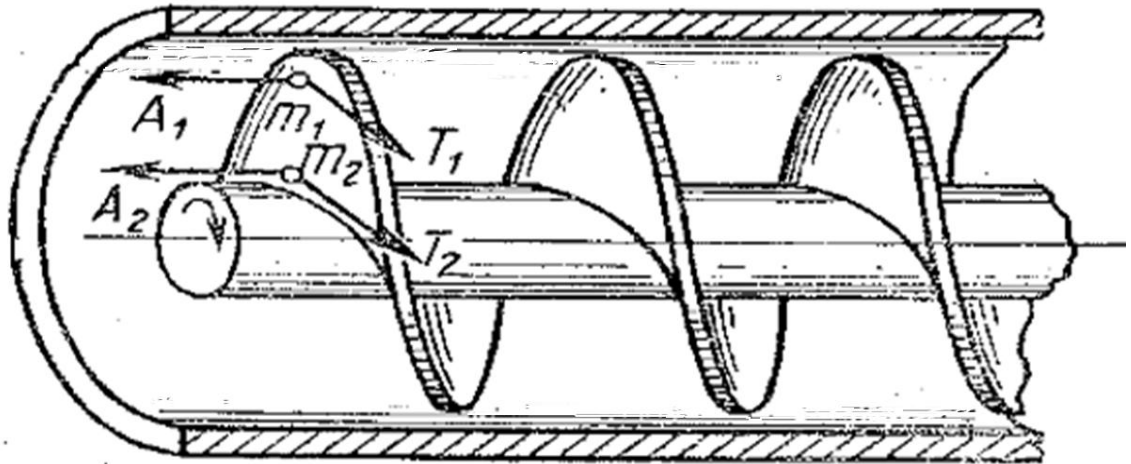


Рисунок 3.5- Схема сил, які діють на частини суспензії при обертанні нагнітаючого шнека

Під впливом сил зчеплення між всіма частинками маси суспензії, які заповнюють робочу порожнину шнека, цій частинці при обертанні шнека буде передаватися по-перше, тангенціальне зусилля T_1 , яке прагне перемістити її в напрямку обертання шнека. Тангенціальному зусиллю T_1 повинна бути протиставлена реакція направлена також тангенціально, але яка діє проти сили T_1 .

Інакше елементарна частинка m_1 буде марно провертатиметься разом з гвинтом шнека і не отримає корисного аксіального переміщення до отвору вивантаження. Реакція виникає завдяки силам зчеплення часток суспензії зі стінками шнекового циліндра. Вона впливає на елементарну частинку m_1 , прагнучи утримати її від обертання разом з гвинтовою поверхнею шнека.

Звідси слідує перша важлива умова, яка забезпечує нормальну роботу нагнітаючого шнека: для створення тангенціальної реакції, що перешкоджає вільному провертанню всієї маси суспензії разом з робочим гвинтом шнека,

необхідно, щоб тангенціальна складова сил зчеплення (прилипання) частинок суспензії з поверхнею шнекового циліндра перевершувала сили зчеплення частинок суспензії між собою. При цій умові непорушно пов'язаними з поверхнею шнекового циліндра виявляться лише елементарні частинки пограничного шару суспензії. Подальші елементарні шари і частинки будуть зв'язані з пограничним нерухомим шаром суспензії силами взаємного зчеплення. Вони не залишаються абсолютно нерухомими по відношенню до шнекового циліндра, а більшою чи меншою мірою братимуть участь в складних переміщеннях пластичної маси макаронного суспензії, що нагнітається як в корисному аксіальному, так частково і в «даремному» тангенціальному напрямках.

Елементарна частинка m_1 , яка знаходиться поблизу від стінки шнекового циліндра, при обертанні гвинта шнека завдяки силам зчеплення з сусідніми частинками і через них з більш віддаленими елементарними шарами переміщається в аксіальному напрямку до вихідної частини шнека і до матриці.

Аксіальному зусиллю A_1 , протидіє аксіальна реакція. Вона передається частинці m_1 від нерухомого пограничного шару на стінці шнекового циліндра теж через проміжні елементарні шари і частинки. Аксіальна реакція буде гальмувати корисне аксіальне переміщення частинки m_1 .

Звідси слідує друга умова для поліпшення роботи нагнітаючого шнека: для зменшення аксіальної реакції, яка гальмує корисне переміщення суспензії уздовж осі шнека, бажано, щоб аксіальна складова сил зчеплення частинок суспензії з поверхнею шнекової камери була менша сил зчеплення частинок суспензії між собою.

Поставленні завдання вимагають створення різних за абсолютною величиною сил зчеплення частинок суспензії з поверхнею шнекового циліндра залежно від напрямку - максимальну в тангенціальному напрямку і мінімальну по аксіальному напрямку.

Спільного вирішення цих завдань досягають ретельною обробкою, бажано з поліровкою, внутрішніх стінок шнекової камери (для полегшення аксіального

переміщення суспензії) з пристроєм уздовж цих стінок рифлей, які ускладнюють прокручування суспензії. Рифлі повинні бути неглибокими, щоб уникнути надмірного зростання зворотнього руху суспензії в них.

Розглянемо тепер умови, в яких знаходиться елементарна частинка m_2 , що знаходиться ближче до осі шнека і поблизу від його робочої гвинтової поверхні.

При обертанні шнека внаслідок прилипання суспензії до гвинтової поверхні виникає тангенціальне зусилля T_2 . Воно також передається частинці m_2 через посредство елементарних шарів і частин суспензії, розташованих між нею і пограничним шаром, прилеглим до гвинтової поверхні. Зусилля T_2 досягає максимальної величини тоді, коли пограничний шар суспензії щільно прилипає до гвинтової поверхні і прагне змусити масу суспензії, ув'язнену в гвинтоподібній порожнині шнека, безкорисно обертатися разом з гвинтом. Цим він перешкоджає корисному аксіальному переміщенню і нагнітання суспензії.

Тангенціальному зусиллю T_2 протидіє сила, яка виникає унаслідок прилипання першого пограничного шару до стінок шнекового циліндра і передається завдяки зчепленню між частинками і елементарними шарами суспензії. Ця сила утримує масу суспензії, поміщеного в гвинтовій порожнині шнека, від провертання разом з гвинтом; цим обумовлене корисне аксіальне переміщення суспензії.

Звідси слідує третя умова, необхідна для збільшення подачі суспензії до матриці: для зменшення сили T_2 прилипання суспензії до поверхні нагнітаючого шнека повинне бути мінімальним і значно меншим, ніж зчеплення частин суспензії між собою. Це полегшить ковзання суспензії по гвинтовій робочій поверхні шнека.

Для забезпечення цієї умови поверхня шнека хромується і шліфується, а інколи покривається шаром тефлону.

На частинку m_2 діють аксіальні зусилля, які передаються їй за допомогою елементарних шарів суспензії, що відділяють її від робочої гвинтової поверхні шнека. Корисною аксіальною складовою A_2 протидіє сила, що виникає завдяки

прилипанню суспензії при аксіальному переміщенні його уздовж стінки каналу шнека. Так само, як і для частинки m_1 , для частинки m_2 , розташованою поблизу гвинтової робочої поверхні, справедлива друга умова, а отже, і практичні міри, вказані вище.

На співвідношення аксіальної і тангенціальної складових зусилля, що діє на суспензія при обертанні шнека, значний вплив здійснює окрім вказаних чинників кут підйому гвинтової лопаті шнека.

М. Н. Караєвим показано, що надійна робота центрифуги і стабільна якість виробів забезпечуються при відношенні кроку нагнітаючого шнека до його діаметру (показник, котрим характеризують кут підйому), рівному 0,5-1,0. Шнеки з відношенням кроку до діаметру до 0,5 не можуть бути рекомендовані до застосування через малу подачу суспензії до вивантаження, а з відношенням більше 1,0 – як такі, що не забезпечують нормальну якість виробів. У вказаних межах більше відношення кроку до діаметру краще застосовувати для шнеків з діаметрами до 100 мм, а менше - вище 100 мм.

3.6. Зношування лопатей шнека центрифуги марки ОГШ-352

Гвинтова лопать шнека сприймає тиск, який діє в напрямку повздовжньої осі шнекової камери. Внаслідок змінного кута підйому лопаті нормальна складова сили тиску, що створює силу тертя на її поверхні, також буде змінною. Отож слідує, що суспензія, яка ковзає по поверхні лопаті прижимається до неї з різною силою. Тому і сила тертя між суспензією і поверхнею лопаті в межах її висоти буде змінною величиною. Межі зміни її по висоті лопаті визначається так:

$$F = fP_1 \cos\alpha(\alpha_1 \div \alpha_2).$$

Сила тертя між суспензією і поверхнею лопаті зростає в напрямку від внутрішнього діаметру шнека до зовнішнього. Під дією сил тертя лопать шнека зношується. Найбільше зношування лопаті, як слідує з виразу (3) відбувається по зовнішньому діаметру шнека. Проведені на деяких крохмальних виробництвах спостереження за зношуванням шнеків працюючих центрифуг підтвердили

справедливість положень про розподіл сил тертя по висоті лопаті і її зносу. При цьому встановлено, що у всіх випадках зношуванню підлягають поверхні лопаті по зовнішньому діаметру і діаметру, близькому до зовнішнього діаметра циліндричного шнека. Решта поверхні лопаті зберігає свій початковий стан і майже не підлягає зношуванню. Встановлено також, що чим більший крок нагнітаючого шнека, тим більше зношуються вказані поверхні лопаті.

3.7. Математичне моделювання процесу нагнітання осаджування і розділення суспензії через питому енергію

Основною ознакою процесу нагнітання осадження і розділення є фазові перетворення під час центрифугування сировини, якою є реологічно складні середовища з властивостями неньютонівської рідини. Ці процеси мають подібні умови тепло- та масопереносу, проходять зі зміною агрегатного стану і з поглинанням теплоти.

Під час осадження і розділення відбуваються фазові і біохімічні перетворення, а тому важливого значення набуває температурний режим, який у ряді випадків лімітує продуктивність центрифуги.

Існує необхідність розробки теорії і методики розрахунку, яка б урахувала особливості матеріалів.

Питому енергію осадження і розділення можна визначити як суму внутрішньої $\rho C_v T$, потенційної $\rho p V$, кінетичної енергії $\rho \frac{W^2}{2}$ та енергії

перетворень $\sum_{i=1}^k \rho_i v_i$:

$$E = \rho \left(C_v T + p V + \frac{W^2}{2} + \sum_{i=1}^k \frac{\rho_i v_i}{\rho} \right),$$

Де ρ - густина сировини в процесі обробки, кг/м³,

T- температура суспензії, °C,

p- тиск у камері, Па,

V- питомий об'єм суспензії, м³/кг;

W - лінійна швидкість переміщення суспензії, м/с;

k - кількість компонентів сировини.

4. Результати теоретичного та експериментального дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352

4.1 Аналіз результатів теоретичного та експериментального досліджень конструктивних параметрів шнека

Конструктивні форми шнеків і шнекових камер обумовлені зусиллями, що діють, і траєкторією переміщення елементарних частинок суспензії в третій і четвертій зонах, тобто, у такому місці шнекової камери, де можна передбачати повністю сформовану картину течії суспензії.

Перша важлива умова, яка забезпечує нормальну роботу шнека: для створення тангенціальної реакції, що перешкоджає вільному провертанню маси суспензії разом з робочим гвинтом шнека, необхідно, щоб тангенціальна складова сил зчеплення (прилипання) частинок суспензії з поверхнею шнекового циліндра перевершувала сили зчеплення частинок суспензії між собою. При цій умові непорушно пов'язаними з поверхнею шнекового циліндра виявляться лише елементарні частинки пограничного шару суспензії. Подальші елементарні шари і частинки будуть зв'язані з пограничним нерухомим шаром суспензії силами взаємного зчеплення. Вони не залишаються абсолютно нерухомими по відношенню до шнекового циліндра, а більшою чи меншою мірою братимуть участь в складних переміщеннях маси суспензії, що нагнітається як в корисному аксіальному, так частково і в «даремному» тангенціальному напрямках.

Друга умова для поліпшення роботи шнека: для зменшення аксіальної реакції, яка гальмує корисне переміщення суспензії уздовж осі шнека, бажано, щоб аксіальна складова сил зчеплення частинок суспензії з поверхнею шнекової камери була менша сил зчеплення частинок суспензії між собою.

Спільного вирішення цих завдань досягають ретельною обробкою, бажано з поліровкою, внутрішніх стінок шнекової камери (для полегшення аксіального переміщення суспензії) з пристроєм уздовж цих стінок рифлей, які ускладнюють прокручування суспензії. Рифлі повинні бути неглибокими, щоб уникнути надмірного зростання зворотнього руху суспензії в них.

4.2. Визначення робочого процесу модернізованого шнека центрифуги марки ОГШ-352

Для того щоб оцінити вплив параметрів робочої камери, шнека та їх конструктивних елементів на якість роботи центрифуги марки ОГШ-352 необхідно провести аналіз процесу розділення в центрифугі. А саме проаналізуємо властивості суспензії після проходження її через зону вивантаження, питоме споживання енергії, та надійність і довговічність роботи центрифуги марки ОГШ-352.

4.2.1. Розрахунок потужності модернізованого шнека центрифуги марки ОГШ-352

Розраховуючи центрифугу марки ОГШ-352 необхідно врахувати ряд характерних особливостей шнека. В цьому випадку в камерах тиск змінюється за синусоїдою.

Тиск на гвинтову лопать шнека перед кожною лопаттю (P') менший, а за нею (P'') — більший середнього значення, яке в камері переміщення суспензії змінюється за законом, близьким до лінійного (рис. 4.1).

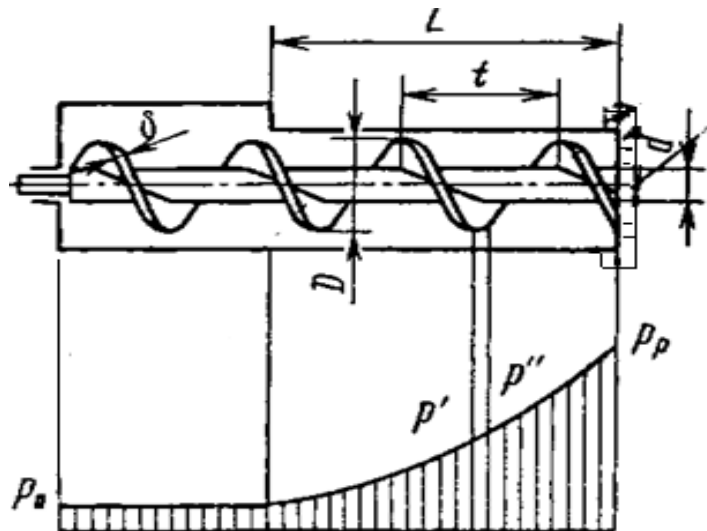


Рисунок 4.1- Схема шнекового нагнітача-осаджувача і епюра тиску:

D і d — діаметри шнека і його вала, м; P_0 і P — початковий і кінцевий тиск, Па; t — крок шнека, м; δ — товщина шнека, м.

Для того, щоб дещо спростити розрахунки припустимо, що нагнітальний шнек має плоску гвинтову поверхню з середнім кутом підйому гвинтової лінії α сер. Те, що осьове переміщення часток матеріалу по висоті пера шнека неоднакове, слід врахувати коефіцієнтом відставання, який розраховується за такою формулою:.

$$K_0 = 1 - (\cos^2 17 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot \sin^2 17) = 0,84.$$

Продуктивність одношнекового нагнітача (в кг/с) можна розрахувати за відомою вже нам формулою:

$$\Pi = 0,127(D^2 - d^2)(t - \delta)(1 - K_0) \cdot \rho \cdot \Psi \cdot \omega ,$$

де: D - зовнішній діаметр шнека, м;

$$D = 0,072 \text{ м};$$

d - діаметр валу шнека, м; визначається з конструктивних міркувань;

$$d = 0,02 \text{ м};$$

t - крок гвинтової твірної шнека, м;

$$t = 0,038 \text{ м};$$

δ - товщина витка шнека, м;

$$\delta = 0,007 \text{ м};$$

ρ - середня щільність суспензії (кг/м³), визначається за діаграмою стану суспензії;

$$\rho = \frac{\rho_{\max} + \rho_0}{2}$$

$$\rho = 1050 \text{ кг} / \text{ м}^3;$$

Ψ - коефіцієнт подачі суспензії, для шнеків з циліндричною гладкою поверхнею. $\Psi = 0,2 - 0,3$;

ω - кутова частота обертання шнека, рад/с.

$$\omega = 2\pi \cdot n = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.717 = 4.503 \text{ рад/с}$$

$$P = 0,127(0,072^2 - 0,02^2)(0,038 - 0,007)(1 - 0,84) \cdot 1050 \cdot 0,2 \cdot 4,503 = 285 \text{ кг/с}$$

Розрахуємо необхідну потужність приводу шнека центрифуги марки ОГШ-352:

$$N = 55,52 \cdot 4,503 = 250 \text{ Вт.}$$

Найскладнішим є визначення максимального тиску в камері стискання і характер його зміни при роботі. В цьому напрямку слід проводити як теоретичні, так і експериментальні дослідження з натурними зразками нагнітачів. До цього часу невирішеною залишається проблема знаходження оптимальних розмірів робочих діаметрів і довжини шнекової камери, частоти обертання шнека і розміру щілини між шнеком і стінкою камери.

4.3. Одержання та обґрунтування основних науково-технічних результатів досліджень процесу нагнітання суспензії, з врахуванням фазових перетворень в об'ємі

Основною ознакою процесу нагнітання є фазові перетворення під час розділення сировини, якою є реологічно складні середовища з властивостями неньютонівської рідини. Ці процеси мають подібні умови тепло- та масопереносу, проходять зі зміною агрегатного стану і з поглинанням теплоти.

Під час розділення відбуваються фазові і біохімічні перетворення, а тому важливого значення набуває температурний режим, який у ряді випадків лімітує продуктивність шнека.

Існує необхідність розробки теорії і методики розрахунку, яка б урахувала особливості матеріалів.

Для розробки математичної моделі розглянемо процес центрифугування в нерухомій циліндричній системі координат (рисунок 4.2).

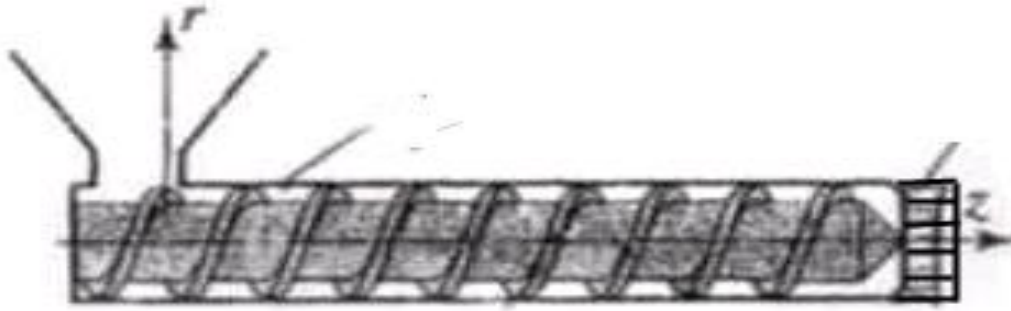


Рисунок 4.2.- Схема шнекової центрифуги. 1-корпус; 2- шнек; 3- конічна камера.

Рівняння збереження енергії в загальному випадку має вигляд:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -\nabla q + q_v, \quad (1)$$

де: E – питома енергія маси, віднесена до одиниці об'єму, Дж/м³;

T – поточний час, с;

∇q - дивергенція теплового потоку, Вт/м³;

q_v - питома енергія внутрішніх джерел, Вт/м³.

У подальшому складові рівняння (1) представимо у вигляді, запропонованому в роботі Широна. Питома енергію пресування можна визначити

як суму внутрішньої $\rho C_v T$, потенційної $\rho p V$, кінетичної енергії $\rho \frac{W^2}{2}$ та енергії

перетворень $\sum_{i=1}^k \rho_i v_i$:

$$E = \rho \left(C_v T + p V + \frac{W^2}{2} + \sum_{i=1}^k \frac{\rho_i v_i}{\rho} \right), \quad (2)$$

де: ρ - густина сировини в процесі переробки, кг/м³; $\rho = 890$ кг/м³;

T - температура сировини, °С; $T = 35^\circ\text{C}$

p - тиск у пресі, Па; $p = 0.15 \cdot 10^3$ Па;

V - питомий об'єм сировини, м³/кг; $V = 600$ м³/кг;

W - лінійна швидкість переміщення сировини, м/с; $W = 3 \cdot 10^{-3}$ м/с;

k - кількість компонентів сировини; $k = 4$;

ρ_i - масова концентрація і-ого компоненту сировини, кг/м³;

v_i - питома енергія перетворення і-ого компонента сировини, Дж/кг;

Значення ρ_i і ϑ_i приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

| ρ_i | ϑ_i | $\rho_i \cdot \vartheta_i$ |
|----------|---------------|----------------------------|
| 1000 | 0,5 | 500 |
| 900 | 0,4 | 360 |
| 700 | 0,5 | 350 |
| 750 | 0,3 | 225 |

Враховуючи, що $(C_v T + pV) = C_p T$,

Де C_p - теплоємність при постійному тиску (далі просто C),

$C=2365$ Дж/(кг К);

$\rho_i / \rho = x_i$ - масова частка і-ого компонента, і нехтуючи кінетичною енергією, яка для процесу нагнітання набагато менша решти складових, приведемо рівняння (2) до вигляду:

$$E = \rho \left(CT + \sum_{i=1}^k x_i v_i \right). \quad (3)$$

$$E = \rho \left(CT + \sum_{i=1}^k \frac{\rho_i v_i}{\rho} \right);$$

Розрахувавши формулу за допомогою програми Mathcad, отримали такий результат:

$$E=8,692 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^3.$$

Тепловий потік q є сумою приросту потоку дифузії звичайних носіїв $[-\nabla(\lambda T)]$ і носіїв компонентів $\left[-\nabla \sum_{i=1}^k (D_i \rho_i v_i) \right]$, що перетворюються,

де: λ - коефіцієнт теплопровідності сировини, Вт/(м²С),

D_i - коефіцієнт дифузії і-ого компонента, м²/с;

$D_i=1,02$ м²/с.

Відповідно тепловий потік конвекції із врахуванням рівняння (3) дорівнює:

$$\rho W (CT + \sum_{i=1}^k x_i v_i)$$

Тоді сумарний тепловий потік:

$$q = -\nabla(\lambda T - \nabla \sum_{i=1}^k (D_i \rho_i v_i)) \quad (4)$$

$$q = 2,195 \cdot 10^4$$

Підставивши вирази (3) і (4) в рівняння (1), одержимо після перетворень:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(T + \frac{\sum_{i=1}^k x_i v_i}{C} \right) = -\nabla[(aT) - \nabla \frac{\sum_{i=1}^k (D_i x_i v_i)}{C} + W(T + \frac{\sum_{i=1}^k (x_i v_i)}{C})] + \frac{qV}{\rho C}, \quad (5)$$

де $a = \frac{\lambda}{C\rho}$ - коефіцієнт теплопровідності.

Величина $x_i v_i / C$ має розмірність температури, а сума

$$T^* = T + \frac{\sum_{i=1}^k x_i v_i}{C} \quad (6)$$

називається умовною температурою [4], тобто температурою, яку б мала маса сировини при відсутності перетворень.

$\rho_i / \rho = x_i$ - масова частка і-ого компонента.

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| x | 0,952 | 0,857 | 0,667 | 0,714 |
|---|-------|-------|-------|-------|

$C=2365$ Дж/(кг К);

Отже відносна температура рівна:

$$T=35,001$$

Якщо носії маси і енергії одні й ті ж самі, то можна вважати, що $D_i = a$, і, ввівши в рівняння (5) умовну температуру, згідно рівняння (6) одержимо:

$$\frac{\partial T^*}{\partial t} = \nabla[\nabla(aT^*)] - \nabla(WT^*) + \frac{qV}{\rho C}. \quad (7)$$

Інтенсивність внутрішніх джерел qV вважають інтенсивністю дисипації, яку можна визначити, якщо відомі швидкісні поля руху сировини у каналі пресуючого вузла. Для цього потрібно розв'язати систему рівнянь руху, що зв'язує компоненти напружень і швидкостей деформації сировини.

Розв'язання цієї системи рівнянь дає можливість визначити також осьову складову швидкості переміщення сировини W , що входить у рівняння (7). Можна скористатись відомими методами розв'язування гідродинамічної задачі, розробленими для плоско-паралельної моделі черв'яка. Проте слід зауважити, що ці розв'язування одержані, як правило, для так званої «оберненої» моделі, в якій приймається припущення, що черв'як нерухомий, а циліндр обертається, а отже розраховане поле швидкості буде також «обернене», що при обчисленні теплообміну зі стінкою циліндра вносить похибку в результати.

Колова складова швидкості W у поперечному перетині каналу нагнітаючого вузла (рис.4. 3) зберігає свій характер майже по всьому периметру кільцевого каналу за винятком ділянок поблизу гребеня, який, в свою чергу, безперервно пересувається при обертанні черв'яка.

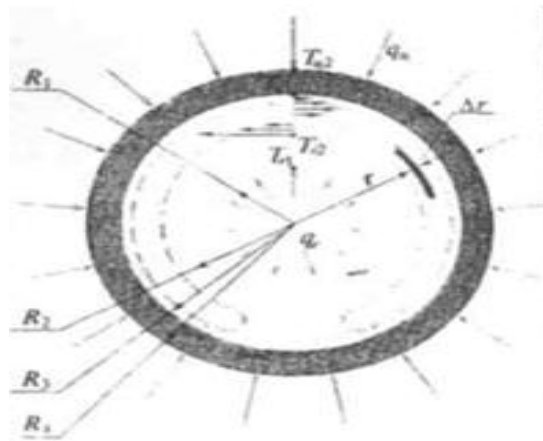


Рисунок 4.2. - Поперечний переріз шнека.

Якщо нарізка шнека відносно не глибока, процес теплообміну можна вважати осесиметричним, а перенос теплоти в основному здійснюється по висоті

нарізки шляхом теплопровідності із урахуванням перемішуючої дії колової складової швидкості і конвекції в осьовому напрямі (уздовж осі z шнека).

Тоді рівняння (7) із урахуванням припущень для стаціонарного процесу (система координат нерухома) в циліндричних координатах набуває вигляду:

$$\rho C W \frac{\partial T^*}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda_e \frac{\partial T^*}{\partial r} \right) + q_v, \quad (8)$$

де λ_e — еквівалентна теплопровідність, яка окрім дифузійного переносу враховує і перемішуючу дію шнека.

Перенос енергії через стінку шнека і стінку робочої камери описується рівнянням стаціонарної теплопровідності через циліндричну стінку камери:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = 0 \quad (9)$$

Розв'язуємо дане диференціальне рівняння методом Рунге-Кутта.

Граничні умови для розв'язання рівнянь (8) і (9) наступні :

Якщо $z=0$, то $T=T_{ex}$;

Якщо $r=R_1$, то

$$-\lambda_{cm} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_1} = q_u ;$$

Якщо $r=R_2$, то

$$-\lambda_e \frac{\partial T^*}{\partial r} \Big|_{r=R_2} = -\lambda_{cm} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_2} = q_u ;$$

Якщо $r=R_3$, то

$$-\lambda_e \frac{\partial T^*}{\partial r} \Big|_{r=R_3} = -\lambda_{cm} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_3} = q_u ;$$

Якщо $r=R_4$, то

$$-\lambda_{cm} \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_4} = q_u ,$$

Де T_{ex} - температура маси сировини на вході;

λ_{cm} - теплопровідність стінок шнека і циліндра(робочої камери);

q_u і q_w - теплові потоки від поверхонь шнека і циліндра, які визначаються при відомих значеннях коефіцієнтів тепловіддачі Коефіцієнти тепловіддачі можна знайти за відомими рівняннями теплообміну при конвекції або зміні агрегатного стану.

Для розв'язання задачі необхідно до рівнянь теплообміну додати систему рівнянь, що описують кінетику перетворень і дають можливість визначити значення χ_i .

Розглянемо процес розділення, який супроводжується фазовими перетвореннями у об'ємі суспензії. Наведемо, як приклад, процес, що має місце при переміщенні суспензії, коли маса містить значну кількість вологи. У цьому випадку дисипативна складова вносить відносно невелику частину в енергетичний баланс і переважне значення має теплообмін зі стінкою циліндра, температура якої сягає значень, близьких до критичної температури води. Очевидно, такі температури необхідні для створення градієнтів температур в об'ємі маси, за яких забезпечується введення необхідної теплової енергії. Тому розрахунок температурних полів

має важливе значення для проектування шнека центрифуги.

Канал шнека є закритим об'ємом і в ньому за певних умов можливе пароутворення. При цьому пара не відводиться у вільний простір, як це характерно, наприклад, для сушарок, а залишається в об'ємі маси. Оскільки цей об'єм обмежений, то поряд з тиском, що генерується шнеком, виникає і термодинамічний тиск, що суттєво впливає на процес пароутворення. Введення в математичну модель умовної температури дозволяє оцінити вплив фазових перетворень на температурний режим переробки. При розв'язанні числовими методами математичної моделі процесу переміщення суспензії, ми знехтували енергією дисипації, а швидкість W визначали шляхом ділення об'ємної витрати на площу поперечного перерізу кільцевого каналу шнека.

Виділимо далі на радіусі r кільцевий елемент Δr (рис. 2), при переміщенні якого на відстань Δz умовна температура підвищується на величину ΔT^* . Кількість теплоти, що сприймається цим елементом, дорівнює:

$$Q = \rho 2r \cdot r \cdot W \cdot T^* \quad (10)$$

де: r - радіус циліндра,

$$r = 0,01 \text{ м};$$

ρ - густина сировини в процесі переробки, кг/м^3 ;

$$\rho = 1050 \text{ кг/м}^3;$$

W - лінійна швидкість переміщення сировини, м/с ;

$$W = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с};$$

T^* - температура сировини при відсутності перетворень;

$$T^* = 35,002^\circ\text{C}.$$

$$Q = \rho 2r \cdot r \cdot W \cdot T^* = 1050 \cdot 2 \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 35,002 = 0,022 \text{ Дж}$$

Ця теплота витрачається на нагрівання маси сировини і пароутворення. Будемо вважати, що швидкість пароутворення лімітується умовами теплообміну, а кількість утворюваної пари залежить від тиску, визначення якого, як вже зазначалось, є проблематичним. Тому введемо коефіцієнт ε_q , який визначається як відношення кількості теплоти, що витрачається на утворення пари, до загальної кількості теплоти, що обчислюється за рівнянням (10)

При $\varepsilon_q = 0$ пароутворення відсутнє і умовна температура дорівнює дійсній температурі. Відповідно при $\varepsilon_q = 1$ вся теплота витрачається на пароутворення, а температура маси при цьому буде найменшою. Оскільки тиск в пресі вищий за атмосферний, то при температурі менше 100°C вважаємо, що пароутворення відсутнє.

Кількість пари, що утворюється в елементі Δr за одиницю часу, дорівнює

$$\Delta G_n = \varepsilon_q \frac{\Delta Q}{r_n},$$

де: r_n - теплота пароутворення як функція температури.

$$r_n = 0,5 \text{ Дж};$$

ε_q - коефіцієнт пароутворення;

$$\varepsilon_q = 0,2 ;$$

$$\Delta Q = 0,022 \text{ КДж.}$$

$$\Delta G_n = 0,022.$$

Тоді підвищення паровмісту визначається за рівнянням:

$$\Delta x = \frac{\Delta G_n}{\Delta G} = \frac{\Delta G_n}{\rho 2\pi r \cdot \Delta r \cdot W} ;$$

$$\Delta x = 11,141$$

Числові методи розрахунку дозволяють обчислити сумарний паровміст на кожному кроці розрахунку по координатах z і r і визначити за формулою:

$$T = T^* - \frac{x r_n}{C} ;$$

$$T = 35,001.$$

Температуру маси сировини в кожній вузловій точці, за якою визначаються теплофізичні властивості при розв'язанні диференціальних рівнянь при теплообміні.

Наведемо опис моделі, використаній при побудові алгоритму розрахунку центрифуги, узагальнена схема якої наведена на рис.3.

Метою розрахунку центрифуги за цим алгоритмом є визначення на кожному витку шнека температурних полів і потужності нагрівання для забезпечення необхідного температурного режиму. За алгоритмом, можна здійснювати розрахунок як одно-, так і двозахідних щнеків.

Для кожного з цих типів по різному будується окремі блоки під програми, але математична модель теплообміну є сталою. В алгоритмі передбачені різні варіанти нагрівання стінки циліндра: паровий або рідинний (граничні умови третього роду), електричний (граничні умови другого роду), або змішаний, коли

частина циліндра нагрівається парою(рідиною), а інша частина має електронагрівачі.

На рис. 4,а представлені розраховані за наведеним алгоритмом температурні поля в об'ємі маси сировини при $\varepsilon_q = 0.8$, а на рис.4,б, відповідно, для $\varepsilon_q = 0$ - при паровому нагріванні центрифуги.

За допомогою створеного алгоритму розрахунку процесу нагнітання-осадження суспензії можна визначити режими переробки сировини за умов наявності фазових перетворень в об'ємі її маси. Програма, розроблена за алгоритмом, дозволяє моделювати різні варіанти режимів термообробки і здійснювати обґрунтований вибір як геометрії робочих органів, так і режимів теплообміну, що забезпечує необхідну якість технологічного процесу.

4.4. Представлення результатів розрахунку процесу нагнітання-осадження, з врахуванням фазових перетворень в об'ємі суспензії, в центрифугі марки ОГШ-352

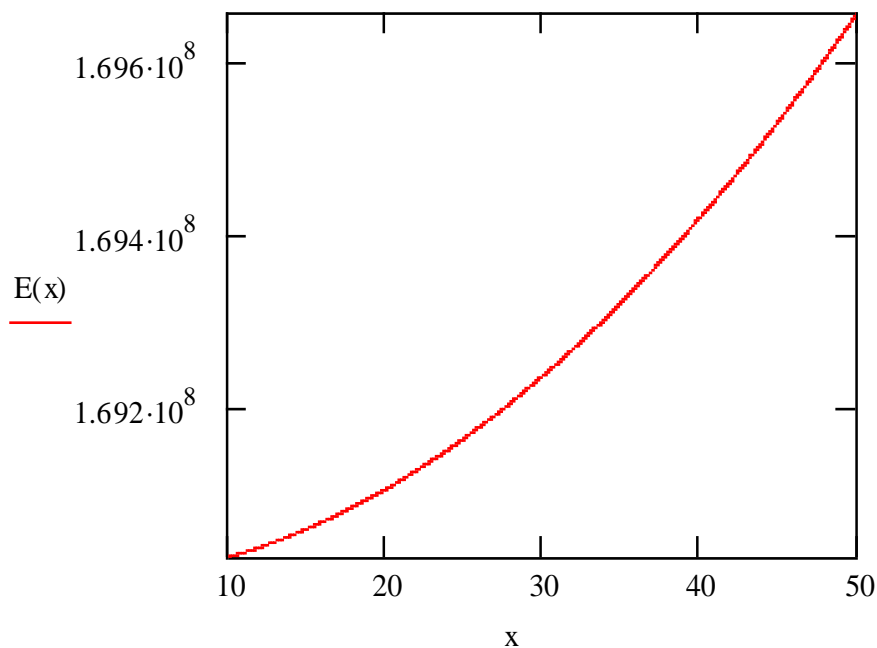


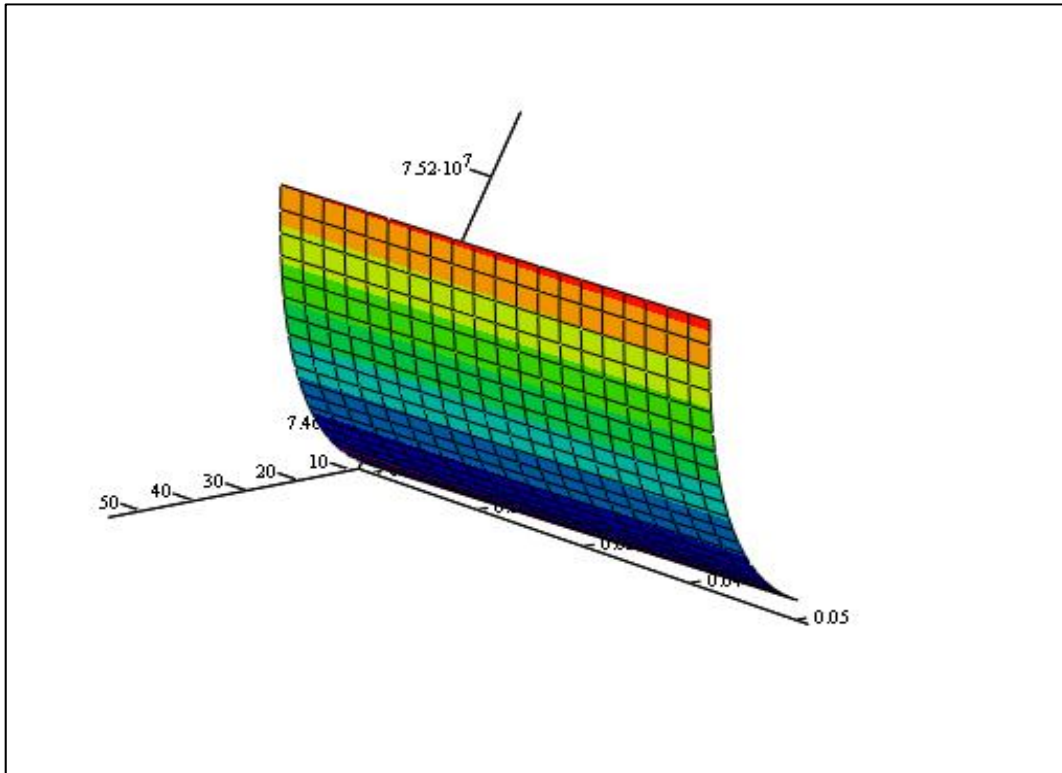
Рисунок 4.3. - Графік залежності енергії (E, Дж) нагнітання-осадження суспензії від температури нагрівання (T, °C)

В таблиці 4.1. приведенні значення температур та енергії.

Таблиця 4.1.

| | | | |
|--------|-------|-------|-------|
| T, °C | 20 | 30 | 40 |
| E, КДж | 1,448 | 1,656 | 1,693 |

Отже, з графіку видно, що зі збільшенням температури нагрівання збільшується і значення енергії.



Е

Рисунок 4. 4.- Графік залежності енергії (E, Дж) нагнітання від часу (t,c) проведення процесу і при зміні частоти обертання шнека ρ (Па)

В таблиці 4.2. приведенні значення температур, тиску та енергії пресування.

Таблиця 4.2.

| | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| E, Дж | 722 | 744 | 749 | 752 |
| T, °C | 20 | 30 | 40 | 50 |

| | | | | |
|-------|------|------|------|------|
| P, Па | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
|-------|------|------|------|------|

4.5. Аналіз результатів теоретичних досліджень процесу ущільнення і переміщення крохмалу

Опис результатів теоретичного дослідження ущільнення й переміщення крохмалу в зоні вивантаження.

Зусилля, що впливають на крохмал, визначалися на підставі механіки компонентів. Для визначення зусиль, що впливають на крохмал, що перебуває в зоні ущільнення, його умовно розбили на три сегменти. На кожний сегмент діє відцентрова сила, сили тертя, а також сили нормальної реакції між сегментами, з боку шнека, і нерухомого шару суспензії.

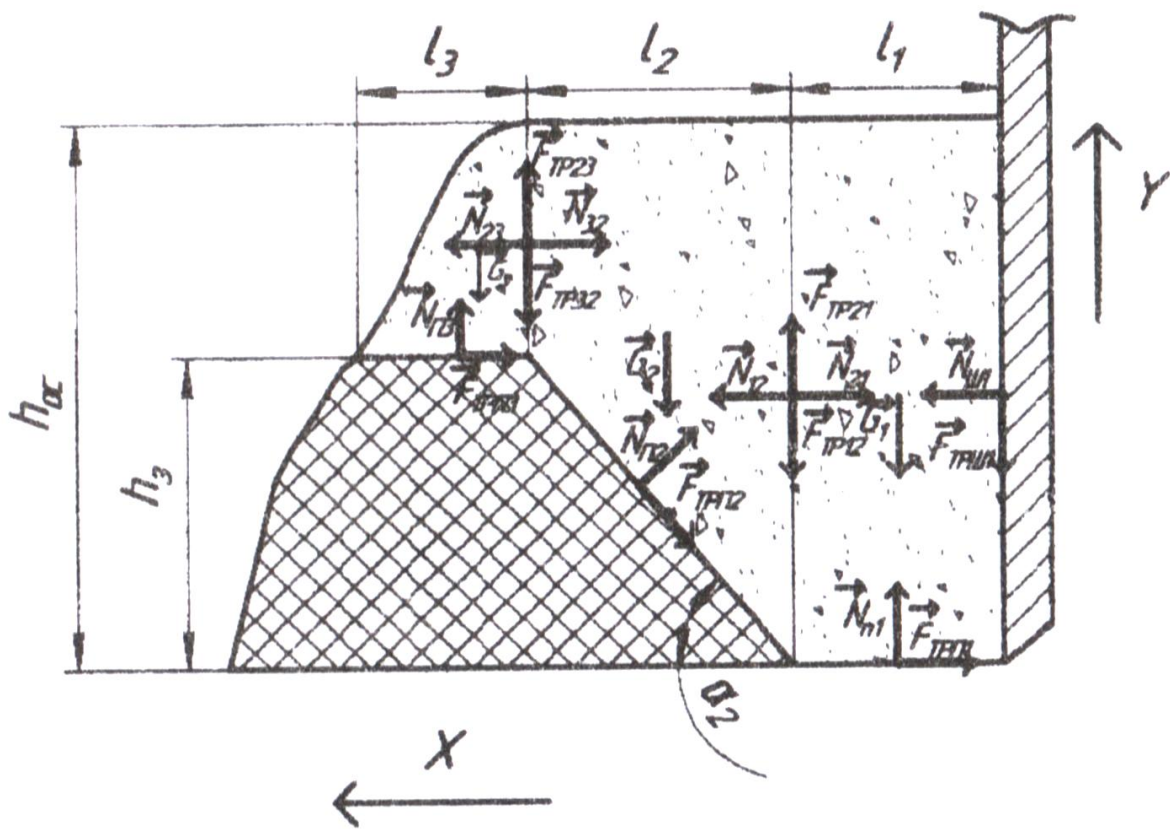


Рис.4.3-Зусилля, що діють на крохмал перед вивантаженням

Для кожного сегмента складенні рівняння рівноваги по осях:

Сегмент I: $x: N_{III} - F_{TPn1} - N_{21} = 0$ (1)

$y: N_{n1} + F_{TP21} - F_{TPIII} - G_1 = 0$ (2)

Сегмент II: $x: N_{12} - F_{TPn2} \cdot \cos \alpha_2 - N_{n2} \cdot \sin \alpha_2 - N_{32} = 0$ (3)

$y: N_{n2} \cdot \cos \alpha_2 - F_{TPn2} \cdot \sin \alpha_2 - F_{TP12} - F_{TP32} - G_2 = 0$ (4)

Сегмент III: $x: N_{23} - F_{TPn3} = 0$ (5)

$y: F_{TP23} + N_{n3} - G_3 = 0$ (6)

Рішення даних рівнянь дозволило визначити в безрозмірному вигляді залежність стискуючого зусилля від висоти шару суспензії, що перебуває в робочій камері центрифуги марки ОГШ-352. Створювальний тиск, що зазнає крохмал, нелінійно зростає при збільшенні висоти (рис.4.4) Розрахунки показали, що тиск в суспензії може досягати 1,5 – 2,0 МПа, у той час як при відсутності зони ущільнення, що має ширину Н, і тих же умовах процесу він не перевищує 0,5 МПа.(рис.4.5)

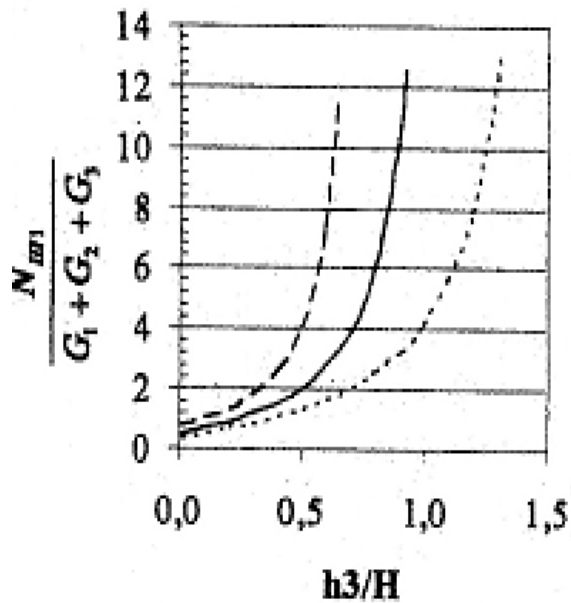


Рис.4.4 - залежність стискаючого тиску від ширини зони ущільнення

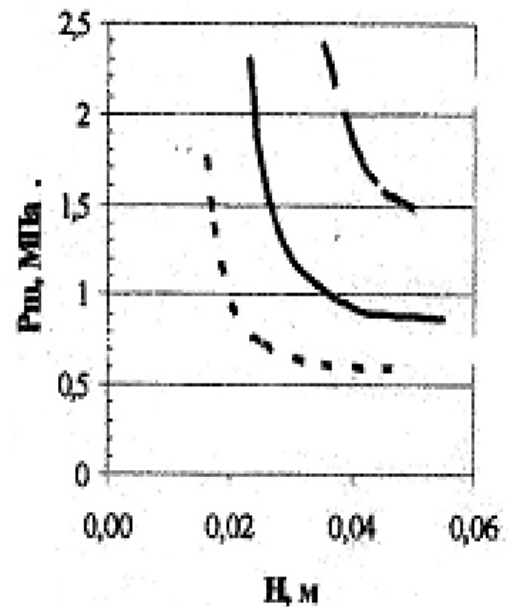


Рис. 4.5 – Залежність зусилля, від висоти сталого шару суспензії

4.6. Висновки

Як показали результати теоретичних і експериментальних досліджень конструктивних параметрів шнека необхідною важливою умовою, яка забезпечує нормальну роботу шнека є наступна: для створення тангенціальної реакції, що перешкоджає вільному провертанню всієї маси суспензії разом з робочим гвинтом шнека, необхідно, щоб тангенціальна складова сил зчеплення (прилипання) частинок суспензії з поверхнею циліндра перевершувала сили зчеплення частинок суспензії між собою. При цій умові непорушно пов'язаними з поверхнею циліндра виявляться лише елементарні частинки пограничного шару суспензії. Подальші елементарні шари і частинки будуть зв'язані з пограничним нерухомим шаром суспензії силами взаємного зчеплення. Вони не залишаються абсолютно нерухомими по відношенню до шнекового циліндра, а більшою чи меншою мірою братимуть участь в складних переміщеннях пластичної маси суспензії, що

нагнітається як в корисному аксіальному, так частково і в «даремному» тангенціальному напрямках.

А також для покращення роботи шнека: для зменшення аксіальної реакції, яка гальмує корисне переміщення суспензії уздовж осі шнека зроблено ущільнення та зменшення кроку шнека зони вивантаження, що сприяє інтенсифікації процесу розділення.

Також уникнення прилипання суспензії до шнека і робочої камери досягається ретельною обробкою, бажано з поліровкою, внутрішніх стінок шнекової камери (для полегшення аксіального переміщення суспензії) з пристроєм уздовж цих стінок рифлей, які ускладнюють прокручування маси суспензії. Рифлі повинні бути неглибокими, щоб уникнути надмірного зростання зворотнього руху суспензії в них.

5 Спеціальна частина

Застосування комп'ютерних програм для математичного моделювання процесу нагнітання осаджування і розділення суспензії

Основне призначення прикладних програм – це розв'язання задач у конкретній предметній галузі.

Завданням на магістерську роботу передбачається виконання ряду завдань, для вирішення яких необхідно застосувати програмне забезпечення.

Для виконання пошуку інформації в мережі Інтернет застосували один із найбільш поширених інтернет-браузерів Mozilla FireFox.

Для оформлення текстової частини розрахунково-пояснювальної записки застосовано найбільш поширений текстовий редактор Microsoft Word.

Microsoft Word (повна назва Microsoft Office Word, часто вживаються — MS Word, WinWord або просто Word) — текстовий процесор, що випускається фірмою Майкрософт, входить до складу офісного пакету «Microsoft Office».

Microsoft Word є в цей час найпопулярнішим текстовим процесором у вжитку, що зробило його закритий формат документа стандартом, і багато конкуруючих програм мають підтримку сумісності з даним форматом.

Для виконання інженерних розрахунків та побудови графіків використано Microsoft Excel.

Microsoft Excel – програма призначена для організації даних у таблиці для документування й графічного подання інформації.

Програма MS Excel застосовується при створенні комплексних документів у яких необхідно:

- використовувати ті самі дані в різних робочих аркушах;
- змінити й відновлювати зв'язки.

Перевагою MS Excel є те, що програма допомагає оперувати більшими обсягами інформації. Робочі книги MS Excel надають можливість зберігання й організації даних, обчислення суми значень у комірках. MS Excel надає широкий спектр методів, що дозволяють зробити інформацію простою для сприйняття.

Для виконання числових розрахунків використано програмні продукти MathCAD. Mathcad - система комп'ютерної алгебри автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і застосування для колективної роботи. Mathcad був задуманий і спочатку написаний Алленом Раздовим з Массачусетського технологічного інституту (MIT), співзасновником компанії Mathsoft Inc., яка з 2006 року є частиною корпорації PTC (Parametric Technology Corporation). Mathcad має простий і інтуїтивний для використання інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів. Деякі з математичних можливостей Mathcad (версії до 13.1 включно) засновані на підмножині системи комп'ютерної алгебри Maple (МКМ, Maple Kernel Mathsoft). Версії 14 та 15 використовують символічне ядро MuPAD. Остання версія - Mathcad Prime 1.0 - символічні обчислення не підтримує[3]. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно, на противагу текстовому запису в мовах програмування. При створенні документів-програм використовується принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get — «що бачиш, те й отримуєш»). Не зважаючи на те, що ця програма здебільшого орієнтована на користувачів-непрограмістів, Mathcad також використовується в складніших проектах, щоб візуалізувати результати математичного моделювання, шляхом використання поширених обчислень і традиційних мов програмування. Серед можливостей Mathcad є:

- розв'язання диференціальних рівнянь, в тому числі і чисельними методами;
- побудова двомірних і тривимірних графіків (в різних системах координат, контурні, векторні тощо);
- використання грецького алфавіту (верхній і нижній регістр) як в тексті, так і у рівняннях;
- символьні обчислення;
- операції з векторами і матрицями;

символьне розв'язання систем рівнянь;
згладжування кривих;
виконання підпрограм;
знаходження коренів функцій і поліномів;
статистичні функції і розподіли ймовірностей;
пошук власних значень і власних векторів;
обчислення з розмірностями.

Для виконання графічних побудов застосовували пакет AutoCAD.

AutoCAD — дво- і тривимірна система автоматизованого проектування і креслення розроблена компанією Autodesk. Перша версія була випущена в 1982 році. AutoCAD і спеціалізовані додатки на його основі знайшли широке застосування в машинобудуванні, будівництві, архітектурі та інших галузях промисловості. Вперше випущений в грудні 1982 року AutoCAD був однією з перших програм САПР для роботи на персональних комп'ютерах, зокрема, IBM PC. У той час, більшість інших САД-програми працювали на великих ЕОМ.

AutoCAD 2014 включає в себе повний набір інструментів для комплексного тривимірного моделювання (підтримується твердотільне, поверхневе і полігональне моделювання). AutoCAD дозволяє отримати високоякісну візуалізацію моделей з допомогою рендеринга mental ray. Також в програмі реалізовано управління тривимірним друком (результат моделювання можна відправити на 3D-принтер) і підтримка хмар точок (дозволяє працювати з результатами 3D-сканування). Тим не менш, слід зазначити, що відсутність тривимірної параметризації не дозволяє AutoCAD безпосередньо конкуруватиме з машинобудівними САПР середнього класу, такими як Inventor, SolidWorks та іншими.

При розв'язанні задач за допомогою комп'ютера її розбивають на кілька частин – підзадач. Кожна з цих під задач розв'язується за допомогою своєї прикладної програми. Розв'язання вихідної задачі забезпечується сукупністю всіх використовуваних прикладних програм. Для розв'язування задач однакового типу

створено системи прикладних програм, за допомогою яких розв'язуються різні конкретні задачі даного типу. Системи прикладних програм, що дозволяють розв'язувати задачі певного типу, називаються пакетами прикладних програм.

Для виконання робіт з оброблення інформації на комп'ютері в дипломній роботі вибрано пакет прикладних програм, які використовувалися в учбовому процесі, а також інше програмне забезпечення.

Для оформлення текстової частини розрахунково-пояснювальної записки було використано текстових редактор Word. За допомогою цієї програми можна створювати нові тексти та редагує ті, що вже є.

Для виконання інженерних розрахунків використовувалась така програма як MathCAD. Серед переваг цієї програми над іншими видами програмного забезпечення є простота і зручність використання. Можливостями MathCAD є:

- рішення диференціальних рівнянь, в тому числі і чисельним методом;
- побудова графіків функцій (в різних системах координат, контурні, векторні і т.д.);
- використання грецького алфавіту як в рівняннях, так і в тексті;
- виконання обчислень в символному режимі;
- виконання операцій з векторами і матрицями;
- символне рішення систем рівняння;
- апроксимація кривих;
- виконання підпрограм;
- проведення статичних розрахунків і робота з роз приділенням ймовірностей;
- обчислення з одиницями вимірювання;

MathCAD відноситься до систем комп'ютерної алгебри, тобто засобів автоматизації математичних розрахунків. Основна відмінність MathCAD від аналогічних програм – це графічний, а не текстовий режим вводу виразів. Для набору команд, функцій, формул можна використовувати як клавіатуру, так і

кнопки на спеціальних панелях інструментів. Окремо слід відмітити можливість використання в розрахунках MathCAD величин з розмінностями, причому можна вибрати систему одиниць: СІ, СГС, МКС, англійську, або побудувати власну.

Для пошуку додаткової інформації в мережах інтернет зручно користуватись Internet Explorer. Ця програма дозволяє переміщатись по веб-сторінкам і читати їх. Для того, щоб знайти відповідь на конкретне запитання необхідно скоритатись пошуковим механізмом. На сьогоднішній день одним з найкращих пошукових механізмів являється Google. Ця система працює з більш як 8 мільярдів веб-сторінок, вона дуже проста і ефективна у користуванні.

Перегляд файлів PDF формату використовується програма Foxit Reader. Foxit Reader володіє корисними функціями, які спрощують роботу з PDF-документами: дозволяє переглядати документи в повно екранному режимі, функція перегляду виключно тексту документу, без графік та рисунків, а також можливість його копіювання в інші файли та документи, імітація фотографії окремої ділянки - виділяється потрібна ділянка документа, він автоматично копіює в буфер у вигляді картинки і з можливістю вставки в будь-який додаток.

Для побудови таблиць, графіків та діаграм зручно користуватись такою програмою як Excel.

Використовується Excel наступним чином: відкрити Excel, на екрані відкриється файл програми, який називається робочою книгою. Він складається з трьох або більше робочих таблиць. Робочі таблиці програми Excel називаються листами: лист 1, лист 2 і т. д. Вікно програми Excel дуже схоже на вікно Word. У верхній частині розташована стрічка меню Excel із вже відомими опціями: «Файл», «Правка», «Вид», «Вставка» і т.д. Нижче стандартної панелі і панелі форматування розташована область задач.

Кожна робоча таблиця являє собою сітку, яка складається із комірок, у які можна вводити текст, цифри, формули за допомогою яких проводяться розрахунки. Кожна комірка в стрічці визначається буквою, а кожен стовпчик –

цифрою. Таким чином, кожна комірка має власні координати, які називаються адресом.

Щоб ввести число в комірку, натиснути на ній, і комірка стане активною. Далі потрібно ввести число з клавіатури, і воно з'явиться у комірці. Так само можна ввести і текст.

Сумування в програмі Excel нагадує звичайне арифметичне сумування з тією різницею, що Excel самостійно виконує частину роботи. Наприклад, щоб

Скласти дані двох комірок, слід ввести їх адреси (наприклад, A1, A2) у третю комірку, використовуючи знаки + та =, і натиснути клавішу Enter. Таким чином, якщо комірка A1 містить значення 105, а комірка A2 містить значення 20, їх суму можна отримати, якщо ввести в третю комірку, наприклад A3, формулу =A1+A2. Формула завжди починається зі знака =. У формулі =A1+A2 адреса комірок називаються аргументами, а знак складення - оператором. Інші оператори програми Excel – це віднімання (-), помножити (*), ділення (/).

Excel дає можливість вирізати, копіювати та вставляти вміст комірок так само, як і у Word. Щоб це зробити спочатку необхідно виділити комірку, яку необхідно вирізати або скопіювати, потім натиснути на кнопку «Правка», потім на опції «Вирізати» або «Копіювати». Навколо виділеної комірки з'явиться пунктирна лінія. Далі необхідно вибрати комірку, в яку потрібно помістити вміст комірки, копію якої ми робимо. Натиснути на ній, потім на кнопку «Правка» і на опцію «Вставити».

При переміщенні із стовпчика A в стовпчик C Excel автоматично міняє у формулі адрес комірки з A на C.

При роботі з електронними таблицями нерідко виникає необхідність вставити в робочу таблицю стрічку або стовпчик. Щоб вставити нову стрічку над існуючою, потрібно виділити цю стрічку, натиснувши на заголовку, потім вибрати опцію «Строки» в меню «Вставка». Щоб вставити новий стовпчик зліва від уже існуючого, натиснути на заголовку стовпчика, виділивши його, потім на опції «Столбці» в меню «Вставка».

Дані таблиці можна вивести у вигляді графіка чи діаграми за допомогою майстра діаграм. Для цього необхідно:

- натиснути на кнопку «Мастер диаграмм» на стандартній панелі інструментів. У діалоговому вікні «Мастер диаграмм», яке з'явиться, в полі «Тип» вибрати опцію «Круговая» або «График» і натиснути на кнопку «Далее»;

- далі слід вибрати дані, які повинні з'явитися на діаграмі чи графіку.

Натиснути клавішу Ctrl і, утримуючи її, виділити стовпці із змінними. В полі «Диапазон» з'явиться два діапазона комірок. Вибрати опцію «В строках» і натиснути на кнопку «Далее»;

- ввести назву діаграми і натиснути на кнопку «Далее»;

- тепер слід визначити, де розмістити діаграму чи графік: в тій же робочій таблиці чи в окремій;

Для того, щоб діаграма чи графік були більш інформативними необхідно підвести курсор миші до білою області біля діаграми, зробити перший натиск і вибрати опцію «Параметры диаграммы».

Відкриється діалогове вікно, в якому потрібно вибрати вкладку «Подписи данных» і опції «Имена категорий», «Значения», «Доли». Відповідні дані з'являться на діаграмі.

Одним із найзручніших інструментів для виконання креслень є система прикладних комп'ютерних програм AutoCad.

Креслення (малюнки) системи AutoCAD зберігаються у файлах з розширенням dwg.

AutoCAD – універсальний графічний пакет, призначений для виконання креслень технічного призначення. AutoCAD часто розглядають як графічне ядро систем автоматизованого проектування (САПР): він реалізує основні операції по створенню і редагуванню ліній, дуг і тексту, створює 2D - і 3D-моделі; автоматизує рішення багатьох задач, які виникають у процесі проектування; дозволяє адаптувати і настроювати систему на конкретні додатки, створюючи власні сценарії і макрокоманди. Пакет містить вбудована мова програмування

AutoLISP, яка дозволяє користувачам формувати нові команди і навіть використовувати мови програмування високого рівня.

Запуск системи AutoCAD 2014 здійснюється за допомогою подвійного клацання лівої кнопки миші по ярлику, розташованому на робочому столі. Інший спосіб запуску - використання меню Пуск (Start) робочого столу Windows (Пуск | Программы | Autodesk | AutoCAD 2014 | AutoCAD 2014).

Відразу після старту системи відкривається стандартне діалогове вікно Startup (Начало работы), в якому необхідно вибрати режим роботи.

В діалоговому вікні Startup (Начало работы) користувачу необхідно підвести покажчик миші до однієї з великих кнопок з режимами початку роботи, зображених у верхній частині вікна:

Open a Drawing (Открытие рисунка);

Start from Scratch (Простейший шаблон);

Use a Template (По шаблону);

Use a Wizard (Вызов мастера).

Потім слід клацнути лівою кнопкою миші. Після цього вибрана велика кнопка змінить свій стан на "натиснена", а вміст тексту напису, розташованого в правій верхній частині вікна, модифікується на назву кнопки. Для завершення роботи з діалоговим вікном залишається тільки клацнути лівою кнопкою миші по кнопці ОК.

Центральна частина екрану - це основна робоча зона, в якій знаходиться видима частина малюнка (решта його частин може знаходитися вище, правіше, нижче і ліворуч). В лівому нижньому кутку графічного екрану знаходиться знак осей системи координат. Верхній рядок екрану (1), що складається з написів: File (Файл), Edit (Правка), View (Вид), Insert (Вставка), Format (Формат), Tools (Сервис), Draw (Рисование), Dimension (Размеры), Modify (Редакт), Express (Экспресс), Window (Окно), Help (Справка) - називатимемо рядком меню. Нижче від зони командних рядків знаходиться рядок стану (8), в якому розташовані лічильник координат і прямокутні кнопки режимів (9): Snap (Шаг), Grid (Сетка),

Ortho (Орто), Polar (Отс-поляр), Osnap (Привязка), Otrack (Отс-прив), Lwt (Вес), Model (Модель).

Для створення нового рисунка (креслення) необхідно спочатку створити шари. Характеристики шарів наступні: Name (Имя) - ім'я шару, завдовжки від 1 до 255 символів; On (Вкл) - стан включення шару (включений або вимкнений);

Freeze in all VP (Замороженный на всех ВЭ) - стан заморожування щодо всіх видових екранів одночасний (заморожений або розморожений); Lock (Блокированный) - стан блокуваності (блокований або розблокований); Color (Цвет) - поточний колір для об'єктів шару, у яких як колір задано значення Layer (Послою); Linetype (Тип линии) - поточний тип лінії для об'єктів шару, у яких як тип лінії задано значення ByLayer (Послою); Lineweight (Вес линии) – поточна вага лінії для об'єктів шару, у яких як вага задано значення ByLayer (Послою); Plot style (Стиль печати) - стиль друку, вживаний при висновку до шару; Plot (Печать) - стан об'єктів шару щодо висновку на зовнішній пристрій (друкувати або не друкувати).

Створення простих геометричних фігур відбувається шляхом використання меню Рисование, натисканням відповідних кнопок. Найбільш часто для викреслювання об'єктів використовуються прямі лінії. Їх побудова здійснюється командою Отрезок. Для викреслювання відрізка потрібно задати його початкову точку та кінцеву. Вводяться координати першої точки, далі з клавіатури необхідно ввести координати кінцевої точки, натиснути Enter.

Для викреслювання кола служить команда Круг. При виклику команди Circle (Круг) AutoCAD видає запит. У відповідь на цей запит необхідно вказати точку, яка буде центром майбутнього кола. У цей момент можна ввести число, яке стане величиною радіусу кола. Радіус можна задати і крапкою (AutoCAD зміряє відстань від центру кола до нової точки і візьме його як радіус). Якщо ввести символ D (Д), то це означає, що ви вибираєте опцію Diameter (Диаметр). Тоді видається запит на введення діаметра. Дуга - це примітив, що є частиною кола. Для його побудови використовується команда Arc (Дуга). Команда може бути

введена з клавіатури, викликана з панелі інструментів Draw (Рисование) за допомогою кнопки або з падаючого меню Draw (Рисование), в якому підменю Arc (Дуга) має одинадцять пунктів. Полілінія - це складний примітив, що складається з одного або декількох зв'язаних між собою прямолінійних і дугових сегментів . Полілінія обробляється як єдине ціле (наприклад, при редагуванні або видаленні).

Для малювання полілінії служить команда Pline (Плинія), яка, крім введення з клавіатури, може бути викликана за допомогою кнопки панелі інструментів Draw (Рисование) або пункту Polyline (Полилінія) падаючого меню Draw (Рисование).

Еліпс - це геометричне місце точок, сума відстаней до яких від двох фіксованих точок (фокусів) постійна. Створення еліпсів і еліптичних дуг

виконується в системі AutoCAD за допомогою команди Ellipse (Эллипс), яка, крім введення з клавіатури, може бути викликана кнопкою панелі Draw (Рисование) або пунктом падаючого меню Draw | Ellipse | Axis, End (Рисование | Эллипс Ось, Кінець). Перший запит команди: Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]:(Конечная точка оси эллипса или [Дуга/Центр]:)

Команда Spline (Сплайн) дозволяє креслити сплайн - гладку лінію, яка точно проходить через задані точки або відхиляється від них точок рамках допуску і яка може задовольняти умовам торкання на початковій, кінцевій або обох точках.


Написи можуть бути створені за допомогою команд Text (Текст) або Mtext (Мтекст). В першому випадку створюється однорядковий текст, в другому - мультитекст (багаторядковий текст). У команди Text (Текст) є синонім - команда Dtext (Дтекст) (дії обох команд ідентичні).


Команда Текст (Text), що створює прості написи, крім клавіатури, може бути викликана кнопкою панелі інструментів Text (Текст) , а також з падаючого меню Draw (Рисование), де в підменю Text (Текст) є пункт Single Line Text (Однострочный) . Після запуску команди спочатку видається повідомлення про поточний стиль, в якому пропонується написати текст. Поняття стилю включає

ім'я шрифту і ряд особливостей його використання (нахил букв щодо вертикалі, наявність ефекту перевертання і ін.). Якщо в текст потрібно вставити спеціальні знаки (наприклад, діаметр) або одержати підкреслені або надрисовані символи, то при введенні тексту можна використовувати наступні управляючі коди, що починаються з двох символів відсотка:

%%npp - вставка символу з номером npp (npp замінює три цифри) в поточній таблиці кодування символів cp!251, що використовується як основна в графічних задачах для Windows.

Кнопки команд загального редагування об'єктів (копіювання, перенесення, подовження і т. п.) розташовані в панелі Modify (Редактирование).

Кнопка , відповідна команді Erase (Стереть), стирає з екрану вибрані об'єкти і видаляє їх з малюнка.

Кнопка команди Copy (Копировать) копіює вибрані об'єкти паралельно вектору, який задається початковою і кінцевою точками. Якщо при запуску команди вибраних об'єктів немає, то задається питання про вибір об'єктів. Після вибору об'єктів потрібно завершити вибір або натисненням клавіші , або клацанням правою кнопкою миші.

Кнопка команди Mirror (Зеркало) дозволяє дзеркально відобразити (симетрувати) вибрані об'єкти щодо осі, яка визначається двома точками.

Кнопка команди Array (Массив) призначена для створення групи копій одних і тих же об'єктів, причому копії розташовуються по певному закону в кублах прямокутного або кругового масиву. Команду, крім того, можна також викликати з падаючого меню Modify (Редакт) за допомогою пункту Array (Массив).

Кнопка відповідає команді Move (Перенести), яка дозволяє перемістити вибрані об'єкти паралельно вектору, заданому двома точками. Запити і дії цієї команди дуже схожі на запити і дії команди Copy (Копировать).

Кнопка команди Rotate (Повернуть) дає можливість повернути вибрані об'єкти щодо базової точки на заданий кут.

Кнопка відповідна команді Scale (Масштаб), дозволяє масштабувати (тобто збільшувати або зменшувати) вибрані об'єкти щодо базової точки.

Команда Stretch (Растянуть), якій відповідає кнопка панелі Modify (Редактирование) призначена для зміни форми об'єкту методом розтягування.

Команда Lengthen (Увеличить), якій відповідає пункт Lengthen (Увеличить) падаючого меню Modify (Редакт), збільшує відрізки, дуги і кінцеві сегменти поліліній на задану величину (в одиницях довжини або кутових одиницях).

Кнопка відповідає команді Trim (Обрезать), що дозволяє обрізати об'єкт (об'єкти) за допомогою перетинаючих його (їх) інших об'єктів або подовжити його (їх) до потрібного об'єкту.

Команда Extend (Удлинить), якій відповідає кнопка дозволяє вибрати набір "граничних кромек", а потім вказати об'єкти, які подовжуються до цих кромек. Послідовність вказівки об'єктів дуже важлива, оскільки системі потрібно розрізняти граничні і подовжувані об'єкти.

Кнопка викликає команду Chamfer (Фаска), яка виконує операцію підрізування двох пересічних прямолінійних сегментів (відрізків, проміння, прямого) на заданих відстанях від точки їх перетину (зняття фаски), будуючи при цьому новий відрізок, що сполучає точки підрізування.

Команда Fillet (Сопряжение) сполучає об'єкти (наприклад, відрізки, дуги і кола) дугою заданого радіусу. Їй відповідає кнопка панелі Modify (Редактирование) і пункт Fillet (Сопряжение) падаючого меню Modify (Редакт). Команда по своїх режимах аналогічна команді Chamfer (Фаска).

Для штрихування замкнутих областей малюнка служить команда Hatch (Кштрих), яка викликається або за допомогою кнопки панелі Draw (Рисование), або за допомогою пункту Hatch (Штриховка) падаючого меню Draw (Рисование). Після закінчення створення креслення його необхідно зберегти. Для цього необхідно викликати команду «Сохранить как»

6. Обґрунтування економічної ефективності

6.1. Обґрунтування економічної доцільності прийнятих в роботі рішень .

6.1.1. Розробка заходів з технічного переоснащення потокової лінії для виготовлення крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

В даній роботі розробляються заходи з заходів з технічного переоснащення лінії для виготовлення картопляного крохмалю на крохмальному заводі ТОВ «Самолусківський крохмальний завод».

Класифікація технологічних операцій приведена в таблиці 6.1.

Визначимо структуру виробничого циклу, виходячи з кількості операцій і їх призначення у виробничому процесі. Всього операцій 16, з них основних – 8, допоміжних – 8. Розрахуємо питому вагу цих операцій в загальній кількості.

Основні операції – 50% ($8 \cdot 100 / 16$); Допоміжні операції – 50% ($8 \cdot 100 / 16$).

Таблиця 6.1 – Класифікація операцій технологічного процесу виготовлення крохмалу.

| № п/п | По призначенню у виробництві | По способу виконання |
|-------|------------------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Допоміжна | Машинно-ручна |
| 2 | Допоміжна | Машинна |
| 3 | Основна | Машинна |
| 4 | Допоміжна | Машинна |
| 5 | Основна | Апаратна |
| 6 | Допоміжна | Машинна |
| 7 | Основна | Машинна |
| 8 | Допоміжна | Машинна |
| 9 | Допоміжна | Ручна |
| 10 | Основна | Машинно-ручна |

| | | |
|----|---------|---------------|
| 11 | Основна | Машинно-ручна |
|----|---------|---------------|

Продовження таблиці 6.1.

| 1 | 2 | 3 |
|----|-----------|---------|
| 12 | Основна | Ручна |
| 13 | Допоміжна | Ручна |
| 14 | Основна | Машинна |
| 15 | Допоміжна | Ручна |
| 16 | Основна | Машинна |

Визначимо коефіцієнти механізації виробництва $K_{мн}$

$$K_{мн} = \frac{K_{мо}}{K_{об}},$$

де $K_{мо}$ – кількість операцій, які виконуються машинним, машинно-ручним і апаратним способом;

$K_{об}$ – загальна кількість операцій;

$$K_{мн} = 12/16 = 0,75.$$

Технологічні операції виконуємо в наступних виробничих підрозділах: приймальне, підготовче, виробниче, фасувальне відділення.

В розглядуваному технологічному процесу виробництва крохмалу має місце паралельно-потоківий вид руху предметів праці. Складемо план робіт на реконструкцію лінії (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – План робіт з технічного переоснащення лінії по виробництву крохмалу.

| Код події | Подія | Код роботи | Робота |
|-----------|------------------------------------|------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | ТЗ на реконструкцію лінії отримано | 0-1 | Розробка ТП на реконструкцію |
| 1 | ТП на реконструкцію | 1-2 | Підготовка приміщень для |

| Код події | Подія | Код роботи | Робота |
|-----------|---|------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | розроблений | | реконструкції |
| 2 | Приміщення підготовлені | 2-3 | Проектування і розробка будівельної частини |
| 3 | Проектування будівельної частини завершено | 2-4 | Проектування та розробка механічної частини модернізації обладнання |
| 4 | Проектування механічної частини завершено | 2-5 | Оформлення та розміщення замовлень на покупні елементи |
| 5 | Замовлення на покупні елементи розміщені | 3-6 | Проведення будівельних робіт по влаштуванню інженерних комунікацій |
| | | 4-6 | Виготовлення модернізованого обладнання |
| | | 5-6 | Виконання замовлень на покупні елементи |
| 6 | Всі елементи будівельної і механічної частини готові, покупні елементи отримані | 6-7 | Розробка робочої документації по експлуатації лінії |
| 7 | Технічна документація розроблена | 7-8 | Монтаж лінії |
| 8 | Монтаж лінії проведено | 8-9 | Контрольні випробування обладнання |
| 9 | Лінія випробувана | | |

Складаємо сітковий графік на технічне переоснащення (рисунок 6.1).

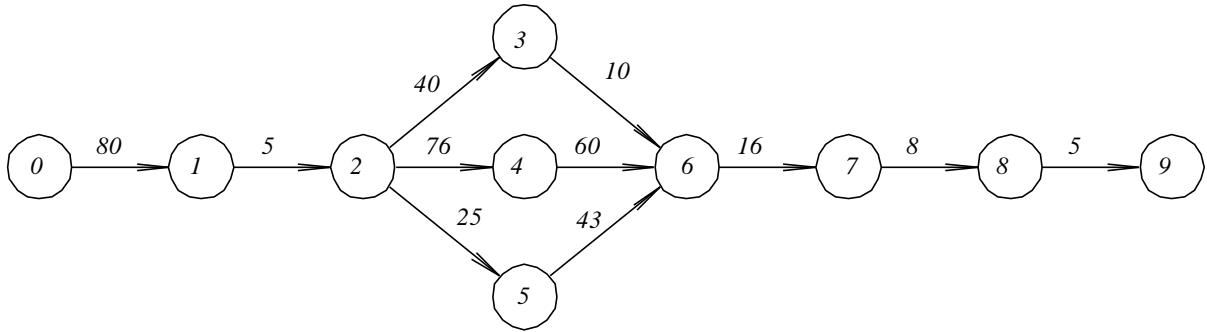


Рисунок 6.1– Сітковий графік робіт з реконструкції лінії виробництва крохмалу .

Резерви часу існують у сіткових графіках у всіх випадках, коли є більше одного шляху різної тривалості. Резерв часу події визначається як різниця між пізнім T_n і раннім T_p строками появи події.

$$P_i = T_n - T_p.$$

Ранній і пізній строки появи визначаються по максимальному з шляхів L_{max} , при цьому T_p рівне тривалості максимального з попередніх шляхів, а T_n є різницею між тривалістю критичного шляху L_{kp} і максимальною з наступних за даною подією шляхів:

$$T_{pi} = t \cdot [L_{max} \cdot (j \div i)];$$

$$T_{ni} = t \cdot L_{kp} - t \cdot [L_{max} \cdot (i \div c)].$$

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків сіткового графіка на реконструкцію.

| i | j | t_{ij} | T_{pi} | T_{ni} | P_i |
|-----|-----|----------|----------|----------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 0 | 1 | 80 | 80 | 80 | 0 |
| 1 | 2 | 5 | 85 | 85 | 0 |
| 2 | 3 | 40 | 125 | 211 | 86 |

| | | | | | |
|---|---|----|-----|-----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 4 | 76 | 161 | 161 | 0 |
| 2 | 5 | 25 | 110 | 178 | 61 |
| 3 | 6 | 10 | 135 | 221 | 96 |
| 4 | 6 | 60 | 221 | 221 | 0 |
| 5 | 6 | 43 | 152 | 221 | 68 |
| 6 | 7 | 16 | 237 | 237 | 0 |
| 7 | 8 | 8 | 245 | 245 | 0 |
| 8 | 9 | 5 | 250 | 250 | 0 |

6.2. Економічна частина

Розрахуємо капітальні вкладення на проведення реконструкції лінії для виготовлення крохмалу.

Вартість споруд формують наступні обсяги додаткових площ:

виробничі площі - 36 м²

підсобні і складські

приміщення 52,9 м²

допоміжні приміщення 24 м²

Згідно додатку 3 [6] виконаємо розрахунок вартості будівельних робіт.

Затрати на будівництво та освоєння виробничих площ:

$$З_{бв} = 28 * 450 = 12600 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння складських приміщень

$$З_{бс} = 36 * 220 = 7920 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння допоміжних приміщень

$$З_{бд} = 12 * 550 = 6600 \text{ грн}$$

Сумарні затрати на будівельні роботи:

$$З_{с} = 12600 + 7920 + 6600 = 27120 \text{ грн}$$

Розрахуємо ціну модернізованої центрифуги марки ОГШ-352.

Кількість модернізованих одиниць обладнання: 1

Допоміжні матеріали укрупнено приймаємо на рівні 4% від вартості проекту.

Результати зведемо в таблицю 6.4.

Розрахуємо витрати на додаткове обладнання, яке встановлюється в результаті реконструкції лінії .

Розрахунки зведемо в таблицю 6.5.

Таблиця 6.4. - Визначення собівартості модернізованої одиниці обладнання

| № п/п | Найменування матеріальних ресурсів | Одиниця виміру | Ціна одиниці, грн. | Норма витрат на одиницю продукції, грн. | Вартість сиросировини і матеріалів, грн. | Транспортно-заготівельні витрати, грн. | Загальна сума витрат на сировину і матеріали, грн. |
|-------|------------------------------------|----------------|--------------------|---|--|--|--|
| I | Сировина і основні матеріали | | | | | | |
| | Гарячий прокат: | | | | | | |
| 1 | Тонкий листовий | кг | 0,25 | 3 | 3 | 0,3 | 3,3 |
| 2 | Сортовий дрібний | кг | 1,50 | 75 | 75 | 7,5 | 82,5 |
| 3 | Середній | кг | 1,20 | 42 | 42 | 4,2 | 46,2 |
| 4 | Волочений комбінований | кг | 1,10 | 27,5 | 27,5 | 2,75 | 30,25 |
| | Холодний прокат: | | | | | 0 | 0 |
| 5 | Листовий | кг | 0,50 | 17,5 | 17,5 | 1,75 | 19,25 |
| 6 | Сортовий профільований | кг | 0,80 | 78,4 | 78,4 | 7,84 | 86,24 |
| 7 | Кутники, швелери | кг | 0,18 | 27 | 27 | 2,7 | 29,7 |
| 8 | Труби для заготовок | кг | 0,50 | 105 | 105 | 10,5 | 115,5 |
| 9 | Гаряча штамповка | кг | 1,80 | 104,4 | 104,4 | 10,44 | 114,84 |
| 10 | Холодна штамповка | кг | 0,70 | 14 | 14 | 1,4 | 15,4 |
| 11 | Чавунне литво | кг | 0,60 | 66 | 66 | 6,6 | 72,6 |
| 12 | Вироби з пластмас | кг | 5,90 | 7,08 | 7,08 | 0,708 | 7,788 |
| 13 | Двигун | шт | 580,0 | 580 | 580 | 58 | 638 |

| | | | | | | | |
|-------|---------------------|--|--|-----------|-----------|-----------|------------|
| II | Допоміжні матеріали | | | 45,8752 | 45,8752 | 4,58752 | 50,46272 |
| Разом | | | | 1192,7552 | 1192,7552 | 119,27552 | 1312,03072 |

Розрахуємо фонд оплати праці робітників, які виготовляють машину.

Трудомісткість виготовлення машини, люд.-год 2180

Середньогодинна оплата праці по заводу, грн. 6,5

Фонд оплати праці: $ФОП = 2180 * 6,5 = 14170$ грн.

Загальнопромислові витрати укрупнено приймаємо на рівні 60% від фонду заробітної плати:

$Зв = 14170 * 0,6 = 8502$ грн.

Адміністративні витрати приймаємо на рівні 55% від фонду оплати праці:

$Ав = 14170 * 0,55 = 7793,5$ грн.

Виробнича собівартість виготовлення модернізованої машини:

$Вс = 1312,03 + 14170,00 + 8502,00 + 7793,50 = 31777,53$ грн.

Позавиробничі витрати приймаємо на рівні 6,5% від виробничої собівартості:

$Пв = 31777,53 * 0,065 = 2065,54$ грн.

Розрахуємо ціну машини:

Закладаємо рівень рентабельності 15%.

Ціна машини:

$Цо = (31777,53 + 2065,54) * (1,00 + 0,15) = 38919,53$ грн.

Розрахуємо загальні капіталовкладення на впровадження нової машини.

Витрати на демонтаж старої машини: 360,00 грн

Залишкова вартість старої машини 0,00 грн

Капітальні вкладення в створення нової машини з таблиці 6.5.:

48649,41 грн

Вартість брухту від реалізації деталей старої машини 420,00 грн

Загальні капіталовкладення на впровадження нової машини:

$Ко = 48649,41 + 360,00 + 0,00 - 420,00 = 48589,41$ грн.

Річний випуск продукції на модернізованій машині складе: 428580,00 кг

Питомі капіталовкладення:

$$K_u = 48589,41 / 428580,00 = 0,113373031 \text{ грн/од.прод.}$$

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на обладнання.

| № п/п | Найменування обладнання | Кількість одиниць, шт | Вартість одиниці, шт | Загальна вартість, грн. | Транспортні витрати, грн. | Витрати на монтаж, грн. | Загальні витрати, грн. |
|-------|---------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | центрифуга марки ОГШ-352. | 1 | 38919,53 | 38919,5 | 5837,93 | 3891,95 | 48649,41 |
| Разом | | | | 38919,5 | 5837,93 | 3891,95 | 48649,41 |

Розрахуємо витрати на транспортні засоби, силове і енергетичне обладнання, пристосування, на лабораторні прилади

Вартість транспорту приймаємо із умови 15% вартості обладнання:

$$48649,41344 * 0,15 = 7297,412015 \text{ грн}$$

Вартість силового та енергетичного обладнання приймається із розрахунку 40 грн на 1 кВт встановленої потужності.

З розділу 2 встановлена потужність складає: 51,15 кВт

Тоді розрахункова вартість:

$$51,15 * 40 = 2046 \text{ грн}$$

Вартість виробничого та господарського інвентаря розрахуємо з умови 40 грн на одного працюючого.

З розділу 2 кількість працюючих: 12 чол

$$12 * 40 = 480 \text{ грн}$$

Вартість інших витрат приймаємо на рівні 65% вартості обладнання та будівельно-монтажних робіт.

$$(27120 + 48649,41344) * 0,65 = 49250,11873 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Кошторис капітальних витрат.

| № п/п | Види основних виробничих фондів | Балансова вартість, грн. | Річна норма амортизації, % | Річні амортизаційні відрахування, % |
|-------|--|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Споруди | 27120,00 | 15 | 4068,00 |
| 2 | Промислове обладнання | 48649,41 | 15 | 7297,41 |
| 3 | Транспортні засоби | 7297,41 | 15 | 1094,61 |
| 4 | Силове і енергетичне обладнання, | 2046,00 | 15 | 306,90 |
| 5 | Інструмент, приспособлення, лабораторне обладнання | 1580,00 | 15 | 237,00 |
| 6 | Виробничий і господарський інвентар | 480,00 | 40 | 192,00 |
| 7 | Інші витрати | 49250,12 | | |
| 8 | Разом | 136422,94 | | 13195,92 |

В процесі реконструкції лінії планується встановлення нової машини.

Таблиця 6.7 – Дані для розрахунку економічної ефективності впровадження.

| Показник | Варіанти | |
|--|----------|----------|
| | Базовий | Новий |
| 1 | 2 | 3 |
| Річна програма випуску готової продукції, кг | 1170400 | 1463000 |
| Усереднена технічна продуктивність, кг/зм | 1950,67 | 2438,33 |
| Норма виробітку в годину, кг | 609,58 | 812,78 |
| Капітальні витрати на впровадження машини з врахуванням затрат на монтаж, грн. | 0 | 136422,9 |
| Споживана потужність, кВт | 5 | 4,5 |

Продовження таблиці 6.7.

| 1 | 2 | 3 |
|---|------|------|
| Коефіцієнт використання потужності електродвигуна | 0,95 | 0,95 |
| Норма амортизації обладнання, % | 14 | 14 |
| Розряд робіт | 3 | 3 |
| Тарифна погодинна ставка, грн | 1,25 | 1,25 |
| Премії і доплати, % | 25 | 25 |
| Додаткова заробітна платня, % від основної | 6 | 6 |
| Витрати на охорону праці і техніку безпеки в розрахунку на середньорічного працівника за рік, грн | 134 | 134 |
| Відрахування на соціальне страхування, % | 54 | 54 |
| Баланс робочого часу в середньому на одного працівника за рік, год. | 2048 | 2048 |
| Виконання робітником норм виробітку, % | 100 | 100 |

Визначимо трудомісткість річного об'єму роботи при виробництві для базового і проектного варіанту.

Вона відповідно рівна

$$1170400 / 609,58 = 1920,00 \text{ год}$$

$$\text{і } 1463000 / 812,78 = 1800,00 \text{ год}$$

Для розрахунку середньорічної чисельності робітників, де діленим буде трудомісткість, а дільником добуток (Б*П). Підставивши значення, отримаємо:

$$1920,00 / 2048 = 0,94$$

$$1800 / 2048 = 0,88$$

Розрахунок поточних витрат приведено в таблиці 6.8.

Визначимо додаткові показники економічної ефективності впровадження реконструкції лінії виробництва крохмалу.

Економія середньорічної чисельності робітників складає 0,06 чоловік

Таблиця 6.8.– Затрати по заробітній платні, грн.

| Витрати | Варіанти | |
|---|------------------------------|-------------------------------|
| | Базовий | Новий |
| Основна тарифна заробітна плата | $1,25 * 1920,00 = 2400,00$ | $1,25 * 1800,00 = 2250,00$ |
| Премії і доплати до тарифної заробітної плати | $2400,00 * 0,25 = 600,00$ | $2250,00 * 0,25 = 562,50$ |
| Основна заробітна плата | $2400,00 + 600,00 = 3000,00$ | $2250,00 + 562,50 = 2812,50$ |
| Додаткова заробітна плата | $3000,00 * 0,06 = 180,00$ | $2812,50 * 0,06 = 168,75$ |
| Заробітна плата | $3000,00 + 180,00 = 3180,00$ | $2812,50 + 168,75 = 2981,25$ |
| Відрахування на соціальне страхування | $3180,00 * 0,54 = 1717,20$ | $2981,25 * 0,54 = 1609,88$ |
| Охорона праці | $134,00 * 0,94 = 125,63$ | $134,00 * 0,88 = 117,77$ |
| Амортизація | 0,00 | $136422,94 * 0,14 = 19099,21$ |
| Всього | 5022,83 | 23808,11 |

Можливе збільшення продуктивності праці на використання даної операції:

$$0,06 * 100 / (0,94 - 0,06) = 6,67 \%$$

Економія фонду заробітної плати становить:

$$3180,00 - 2981,25 = 198,75 \text{ грн}$$

Визначимо можливе підвищення продуктивності праці Птр в результаті економії

чисельності працюючих за формулою: $P_{mp} = E_{uc} \cdot 100 / T_c - E_{uc}$,

де E_{uc} – економія середньорічної чисельності робітників;

T_q – загальна кількість робітників;

$$Птр = 0,06 * 100 / (12 - 0,06) = 0,49 \%$$

Розрахуємо економію річного тарифного фонду заробітної плати, що складе:

$$Ерт = 2400,00 - 2250,00 = 150,00 \text{ грн}$$

Економія річного фонду основної заробітної плати:

$$Еро = 150,00 * 1,25 = 187,50 \text{ грн}$$

Економія річного загального фонду заробітної плати складе:

$$Ефт = 150,00 * 1,33 = 198,75 \text{ грн}$$

Розробимо планову калькуляцію собівартості всього річного випуску, використовуючи дані таблиці 6.9. Загальні витрати приймаєм укрупнено рівними 46% від основної заробітної плати робітників, а інші витрати від виробничої собівартості мінус виробничі витрати. Невиробничі витрати складають 1,1% від виробничої собівартості.

Таблиця 6.9.– Витрата матеріальних ресурсів і заробітної плати на тону продукції.

| Найменування | Ціна за одиницю, грн. | Витрата |
|--------------------------|-----------------------|---------|
| Картопля, кг | 0,45 | 21000 |
| Сіль, кг | 0,25 | 3 |
| Упаковка, м ² | 0,95 | 54 |
| Електроенергія, кВт | 0,24 | 289,94 |
| Вода, м ³ | 0,002 | 15,9 |
| Сірчана кислота, г | 0,01 | 11,34 |
| Пара, кг | 1,45 | 4961,05 |
| Втрати від браку, грн | – | 25 |

Складемо порівняльну таблицю визначення собівартості. Для визначення повної собівартості необхідним є виконання розрахунку кошторису витрат на річний випуск продукції (таблиця 6.10).

Таблиця 6.10.- Кошторис витрат на річний випуск продукції, грн.

| № п/п | Статті витрат | Витрата, грн. | | Порівня- льний результат (+ чи -) |
|-------|----------------------------------|---------------|-------------|--|
| | | до проекту | з проектом | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Матеріальні витрати | | | |
| | Картопля | 11060280,00 | 13825350,00 | - |
| | Промивочна вода | 877,80 | 1097,25 | |
| | Упаковка | 60041,52 | 75051,90 | - |
| | Всього | 11121199,32 | 13901499,15 | - |
| 2 | Витрати на оплату праці | 3180,00 | 2981,25 | + |
| 3 | Відрахування на соціальні заходи | 1842,83 | 1727,65 | + |
| 4 | Амортизація | 0,00 | 19099,21 | + |
| 5 | Інші витрати | | | |
| | Електроенергія | 251119,34 | 101805,14 | - |
| | Вода | 37,22 | 46,52 | = |
| | Сірчана кислота | 132,72 | 165,90 | - |
| | Пара | 8419298,73 | 10524123,42 | - |
| | Втрати від браку | 29260 | 29260 | + |
| | Загальновиробничі витрати, грн | 458 | 429,38 | + |
| | Адміністративні витрати, грн | 120 | 112,5 | + |
| | Позавиробничі витрати, грн | 275 | 275 | = |
| | Всього | 8700426,01 | 10655942,86 | - |
| 6 | Всього витрат | 19826648,16 | 24581250,12 | - |

Ефективність впровадження нової розробки розрахуємо за її чистою теперішньою вартістю.

Капітальні затрати на впровадження розробки:

$K = 136422,9442$ грн

Річна собівартість готової продукції:

$S_p = 24552265,12$ грн

Закладаємо річний чистий прибуток на рівні 14%:

$Ч_p = 0,14 * 24552265,12 = 3437317,117$ грн

Амортизаційні відрахування: $A = 19099,21$ грн

Чистий річний прибуток з амортизаційними відрахуваннями:

$Ч_p + A = 3437317,117 + 19099,21 = 3456416,33$ грн

Коефіцієнт освоєння потужностей у першому році: $K_1 = 0,4$

Дисконтна ставка $K_p = 0,2$

Чиста теперішня вартість розрахується за наступною формулою

$$ЧТВ = -K + \frac{AЧ_p * K_1}{(1+K_p)^t}$$

Після першого року: $ЧТВ = 1015715,8$ грн.

Термін окупності - один рік

Побудуємо зведену таблицю калькуляції собівартості випуску продукції.

Таблиця 6.11.- Зведена таблиця калькуляції собівартості випуску продукції.

| № п/п | Статті витрат | Витрата, грн. | | Порівняльний результат (+/-) |
|-------|---|---------------|-------------|---------------------------------|
| | | до проекту | з проектом | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Сировина і основні матеріали | 11121199,32 | 13901499,15 | - |
| 2 | Допоміжні матеріали | 8419468,68 | 10524335,85 | - |
| 3 | Тара і тарні матеріали | 60041,52 | 75051,90 | - |
| 4 | Електроенергія і паливо (для технологічних цілей) | 251119,34 | 101805,14 | + |
| 5 | Основна заробітна плата основних виробничих робітників | 3000,00 | 2812,50 | + |
| 6 | Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників | 180,00 | 168,75 | + |
| 7 | Нарахування на заробітну плату основних виробничих робітників | 1842,83 | 20826,86 | - |
| 8 | Загальновиробничі витрати | 458,00 | 429,38 | + |
| | Разом виробнича собівартість | 16,91 | 16,78 | + |
| 9 | Адміністративні витрати | 120,00 | 112,50 | + |
| 10 | Позавиробничі витрати | 275,00 | 275,00 | = |
| | Повна собівартість | 16,92 | 16,78 | + |

Таблиця 6.12.- Основні техніко-економічні показники підприємства

| № п/п | Нормативні показники | Одиниці виміру | Величина показника | |
|-------|---|----------------|--------------------|-------------|
| | | | без проекту | з проектом |
| 1 | Річний випуск продукції: | | | |
| | а) в натуральному вираженні | т | 1170,40 | 1463,00 |
| | б) у вартісному вираженні | грн. | 19797663,16 | 24552265,12 |
| 2 | Капітальні затрати: | | | |
| | а) в обладнання | грн. | - | 109138,36 |
| | б) в площу | грн. | - | 27284,59 |
| 3 | Загальна кількість працюючих | чол | 13 | 12 |
| 4 | Собівартість випуску одиниці продукції | грн. | 16,92 | 16,78 |
| 5 | Випуск продукції з 1 м ² площі | т/рік | 4,59 | 7,32 |
| 6 | Рентабельність продукції | % | 0,23 | 0,27 |
| 7 | Чиста теперішня вартість проекту | грн. | - | 1015715,83 |
| 8 | Період окупності | | - | один рік |

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

7.1. Охорона праці при виробництві крохмалу

7.1.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки в крохмальному цеху

До основного технологічного обладнання по виробництву крохмалу відносяться: зважуючі приймальні місткості, насоси, барабанно-струйні сита, картоплетерки, станція гідроциклонів, центрифуги, сушаки, установка для фасування готового крохмалу.

Основні вимоги з безпечної експлуатації електричних установок передбачають в першу чергу якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні технологічного обладнання слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи обладнання є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

При несправному технологічному обладнанні (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

Технологічні місткості закритого типу повинні в першу чергу забезпечувати герметичність.

Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткову небезпеку для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

Головними вимогами, які слід витримати при експлуатації технологічного обладнання крохмального цеху, є:

- пуск і зупинка машини може проводитись тільки відповідальною за експлуатацію особою, призначеною відповідним наказом або розпорядженням на підприємстві;

- до обслуговування центрифуг і сепараторів допускаються працівники, які мають досвід роботи, пройшли спеціальну підготовку і вивчили інструкцію з експлуатації;

- перед пуском слід перевірити наявність заземлення, надійність кріплення болтових з'єднань, щільність закриття кришок;

- категорично забороняється знімати кришки обладнання до повної зупинки;

- у випадку постійного наростання вібрацій при роботі (входженні сепаратора у зону резонансу) слід відключити подачу електричного струму і негайно покинути приміщення цеху до повної самовільної зупинки сепаратора.

Відкриті місткості слід розміщувати на висоті, яка б унеможливила випадкове падіння у них обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

Перед і після подачі продукту місткість слід обов'язково піддавати миттю.

При експлуатації теплових установок суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020-82).

Центрифуги (закритого конструктивного виконання) можна віднести до машин малого рівня небезпеки. Вони не працюють при великих надлишкових тисках, чи високих температурах. Робочі органи закриті зовні огорожуючими конструктивними елементами.

Джерелом живлення приводу технологічного обладнання крохмального цеху є мережа промислового струму наругою 380 В, тому при його експлуатації слід звернути увагу на основні правила техніки безпеки при роботі з електрообладнанням.

Робочі елементи машини конструкційно розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять. Дані апарати приводяться в рух електричними двигунами, і повинні відповідати ПУЕ, бути надійно заземленими, так як під час роботи на них можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Передачі приводу повинні бути закриті захисними кожухами. Повинні використовуватись також запобіжні пристрої для безпеки при ремонті чи оглядах.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації даного обладнання необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуюваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин. Вибір заземлення вибирається згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Основним джерелом шуму обладнання крохмального цеху є електродвигуни. Оскільки рівень шуму двигуна перебуває в межах нормативів, то вважаємо, що ніяких додаткових засобів по зниженню рівня шуму електричного двигуна приводів здійснювати недоцільно. Для зменшення рівня шуму передач приводу робочих органів пропонується закрити їх захисними кришками.

При експлуатації центрифуг особливу увагу слід звернути на їх герметичність і відсутність підтікання. Відкриті рухомі частини (зубчасті сегменти, муфти, виступаючі кінці валів, махові колеса, гребінки тощо), передачі (шків, паси) повинні мати захисні засоби, які забезпечують безпеку при

обслуговуванні, виступаючі частини машин, що обертаються (шпонки, штопорні гвинти тощо) закриті гладенькими футлярами; зубчасті шестерні, муфти редукторів закриті з усіх сторін кожухами (щитками).

Пристрої для пуску і зупинки машин і агрегатів розміщують так, щоб ними можна було користуватися зручно і швидко. Всі частини машин, апаратів, які треба змащувати, мають автоматичні мастильні прилади. Якщо таких приладів немає, а підшипники треба наповнити мастилом під час роботи трансмісії, змащувати їх можна лише при безпечному підході до підшипників, або при допомозі спеціальних трубок і маслянок, виведених у безпечну і зручну зону.

7.1.2. Санітарно-гігієнічні вимоги в крохмальному цеху

При проектуванні і монтажі нового устаткування треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

При розміщенні стрічкових, роликкових та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

Експлуатація обладнання, пов'язаного з відкритими дзеркалами технологічних рідин (приймальні місткості ванни тощо) пов'язана з інтенсивним

випаровуванням і виділенням теплоти. Одним з найбільш ефективних засобів боротьби з ними є встановлення місцевої вентиляції. До найбільш ефективних прикладів застосування місцевої вентиляції належать повітряні душі. Температури і швидкості руху повітря на постійних робочих місцях, які обслуговуються повітряними душами, слід приймати згідно з СН 245-71, а розрахункові параметри оточуючого повітря – згідно СНіП II-33-75.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на крохмальному заводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі, перемішуючі робочі органи (перемішуючі органи ванн, мішалки резервуарів) тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1. Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств

Організація і забезпечення захисту населення від сучасних засобів ураження і наслідків аварій, катастроф і стихійних лих — головна завдання цивільного захисту. Люди, як відомо, складають найвищу цінність суспільства, і забезпечення їхньої безпеки — найважливіша мета всіх захисних заходів. Забезпечення захисту населення від сучасних засобів нападу досягається проведенням цілого комплексу заходів, спрямованих на максимальне ослаблення результатів впливу зброї масового ураження, і створенням сприятливих умов для проживання і діяльності населення, функціонування об'єктів і сил цивільного захисту при виконанні задач. До таких заходів відносяться: забезпечення всього населення захисними спорудами і засобами індивідуального захисту; загальне обов'язкове навчання населення способам захисту від зброї масового ураження і діям щодо ліквідації наслідків нападу супротивника, аварій, катастроф і стихійних лих; розосередження робітників, службовців і евакуація населення з великих міст і зон можливого затоплення; забезпечення життєдіяльності евакуйованого населення; проведення протиепідемічних, санітарно-гігієнічних, спеціальних профілактичних і інших медичних заходів. В інтересах захисту населення організуються і проводяться такі заходи, як розвідка, оповіщення про повітряну небезпеку, про радіоактивне, хімічне, бактеріологічне забруднення і катастрофічне затоплення, а також ряд заходів, що відносяться до інших груп задач.

Надійна робота об'єктів агропромислового комплексу дає можливість забезпечити населення країни достатньою кількістю основних продуктів харчування, а промисловість-сировиною.

Підвищення стійкості роботи ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» досягається завчасним проведенням комплексу організаційних, інженерно-технічних, агротехнічних, зооветеринарних і інших заходів, спрямованих на максимальне зниження результатів впливу зброї масового ураження на об'єкти, а

також створення умов для швидкої ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і забезпечення виробництва доброякісної харчової продукції.

Першорядне значення в підвищенні стійкості роботи згаданого переробного підприємства має організація надійного захисту людей, сировини, обладнання і продуктів переробки від впливу шкідливих факторів, а також забезпечення стійкого керування службами і силами ЦЗ об'єкта й організація робіт з ліквідації наслідків нападу супротивника і відновленню нормальної виробничої діяльності об'єкта.

На стійкість роботи ТОВ «Самолусківський крохмальний завод» в надзвичайних ситуаціях впливають наступні фактори:

- надійність захисту робітників та службовців від дії уражуючих факторів;
- здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти в певній степені ударній хвилі, світловому випромінненню і радіації;
- захищеність об'єкта від вторинних уражуючих факторів (пожеж, вибухів, забруднення отруйними речовинами);
- надійність системи забезпечення об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, комплектуючими виробами, електроенергією, водою, газом);
- стійкість і неперервність управління виробництвом та цивільною обороною;
- підготовленість об'єкту до ведення рятувальних і невідкладних аварійновідновлювальних робіт та робіт по відновленню порушеного виробництва.

Однією з основних задач цивільного захисту є проведення заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій, тобто здатності його виготовляти продукцію в необхідних обсягах та номенклатурі в цих умовах.

Перераховані фактори визначають собою і основні, загальні для всіх об'єктів переробної галузі, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- забезпечення надійним захистом робітників і службовців від дії уражуючих факторів;
- захист основних виробничих фондів від уражуючих факторів;
- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

7.2.2. Оцінка небезпеки і розробка заходів підвищення стійкості проти аварій природного та техногенного характеру на ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»

Основними небезпеками, з якими пов'язана робота на ТОВ «Самолусківський крохмальний завод», є: небезпека радіаційного зазбруднення (в мирний час і суттєвої віддаленості ядерних енергетичних об'єктів від підприємства є не актуальною) і небезпека, спричинена імовірним впливом небезпечних хімічних речовин (НХР), що є досить актуальною внаслідок концентрації у місті промислових об'єктів. Основними причинами виникнення небезпечних ситуацій є викиди в атмосферу продуктів функціонування виробництва (контролюється місцевими екологічними службами) і руйнуванням місткостей із отруйними речовинами на заводах. Найбільш поширеним типом НХР є аміак, що застосовується при виробництві холоду.

Характеристика аміаку:

Ступінь токсичності 4.

Основні властивості : безколірний газ з різким запахом. Легше повітря, розчинний у воді. При виході у атмосферу димить.

Вибухо – і пожежонебезпечність: Горючий газ. Горить при існуванні відкритого джерела вогню. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші.

Небезпечність для людини : Небезпечний при вдиханні, при високих концентраціях можливий летальний випадок. Викликає сильний кашель та задуха. Пари діють дуже подразливо на слизові оболонки та шкіряний покрив, дотик викликає обмороження шкіри.

При ураженні проявляються серцебиття, порушення частоти пульса, “приливи”, насморк, кашель, затруднення дихання, почервоніння та зуд шкіри, різь в очах.

Засоби захисту: ізолюючий протигаз, фільтруючий протигаз марки КД, респіратор РПГ – 67 – КД, захисний одяг (гумові чоботи, рукавиці).

Дегазація: Знешкодити джерело відкритого вогню. Для запобігання глибини розповсюдження використовують постановку водяних завіс за допомогою пожежних машин, мотопомп і т. п. Пошкоджені балони занурити в ємність з водою.

Заходи першої допомоги :

а) Долікарська: винести на свіже повітря. Забезпечити тепло та спокій. Дати зволожений кисень. Шкіру, слизові та очі промити водою або 2 % -им розчином борної кислоти не менш ніж 15 хвилин.

б) Лікарська: при затрудненому диханні – п/ш 0,1 % ий розчин сіркокислого атропіну 1 мл., 1 % ий розчин дімедролу 1 мл. На шкіру примочки 2 % розчину уксусної кислоти.

При отруєнні – негайна госпіталізація.

Безпека функціонування об’єктів харчової та переробної галузі в умовах хімічної небезпеки залежить від багатьох чинників: фізико-хімічних властивостей сировини, напівпродуктів та продуктів, від характеру технологічного процесу, від конструкції і надійності обладнання, умов зберігання і транспортування хімічних речовин, стану контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, ефективності засобів протиаварійного захисту і т.д. Крім того, безпека виробництва, використання, зберігання і перевезень НХР в значній мірі залежить від рівня організації профілактичної роботи, своєчасності і якості планово-

запобіжних ремонтних робіт, підготовленості і практичних навичок персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів протиаварійного захисту.

Наявність такої кількості чинників, від яких залежить безпека функціонування ХНО, робить цю проблему вкрай складною. Як показує аналіз причин великих аварій, що супроводжуються викидом НХР, на сьогодні не можна виключити можливість виникнення аварій, що призводять до ураження виробничого персоналу.

Аналіз структури підприємств, що виробляють або що споживають НХР, показує, що в їхніх технологічних лініях обертається, як правило, незначна кількість токсичних хімічних продуктів. Значно більша по обсягу кількість НХР міститься на складах підприємств. Це призводить до того, що при аваріях в цехах підприємства в більшості випадків має місце локальне забруднення повітря, обладнання цехів, території підприємств. При цьому ураження в таких випадках може отримати в основному виробничий персонал.

При організації робіт щодо ліквідації хімічно небезпечної аварії на підприємстві і її наслідків необхідно оцінювати не тільки фізико-хімічні і токсичні властивості НХР, але і їх вибухо - і пожежонебезпечність, можливість утворення в ході пожежі нових НХР і на цій основі приймати необхідні заходи по захисту персоналу, що бере участь в роботах.

Для будь-якої аварійної ситуації характерні стадії виникнення, розвитку і спаду безпеки. На ХНО в розпал аварії можуть діяти, як правило, декілька чинників, що вражають - пожежа, вибухи, хімічне забруднення місцевості і повітря та інші. Дія НХР через органи дихання частіше, ніж через інші шляхи впливу, призводить до ураження людей.

З цих особливостей хімічно небезпечних аварій слідує: захисні заходи і, насамперед, прогнозування, виявлення і періодичний контроль за змінами хімічної обстановки, оповіщення персоналу підприємства повинні проводитися з надзвичайно високою оперативністю. Локалізація джерела надходження НХР в навколишнє середовище має вирішальну роль в попередженні масової ураження

людей. Швидке здійснення цієї задачі може направити аварійну ситуацію в контрольоване русло, зменшити викид НХР і істотно знизити збитки.

Захист від НХР являє собою комплекс заходів, здійснюваних з метою виключення або максимального послаблення ураження персоналу і збереження його працездатності.

Комплекс заходів щодо захисту від НХР включає:

Інженерно-технічні заходи по зберіганню і використанню НХР;

Підготовку сил і засобів для ліквідації хімічно небезпечних аварій;

Вивчення порядку та правил поведінки в умовах виникнення аварій;

Забезпечення засобами індивідуального і колективного захисту;

Забезпечення безпеки людей і використання ними засобів індивідуального і колективного захисту;

Повсякденний хімічний контроль;

Прогнозування зон можливого хімічного забруднення;

Попередження (оповіщення) про безпосередню загрозу ураження НХР;

Тимчасову евакуацію з районів, що знаходяться під загрозою;

Хімічну розвідку району аварії;

Пошук і надання медичної допомоги постраждалим;

Локалізацію і ліквідацію наслідків аварії.

Обсяг і порядок здійснення заходів по захисту залежать від конкретної обстановки, що може скластися в результаті хімічно небезпечної аварії, наявність часу, сил і засобів для здійснення заходів по захисту і інших чинників.

Передусім захист від НХР організується і здійснюється безпосередньо на ХНО, де основну увагу приділяється заходам щодо попередження можливих аварій. Вони носять як організаційний, так і інженерно-технічний характер і направлені на виявлення і усунення причин аварій, максимальне зниження можливих пошкоджень і втрат, а також на створення умов для вчасного проведення локалізації і ліквідації можливих наслідків аварії.

Всі ці заходи відображаються в плані захисту об'єкту від НХР, що розробляється заздалегідь з участю всіх головних фахівців об'єкту. План розробляється, як правило, в текстовій формі з додатком необхідних схем, що вказують розміщення об'єкту, сил та засобів ліквідації наслідків аварії, їх організацію і т. д. Він складається з декількох розділів і визначає підготовку об'єкту до захисту від НХР і порядок ліквідації наслідків аварії.

В розділі організаційних заходів плану захисту від НХР необхідно навести:

Характеристика об'єкту, його підрозділів (цехів), наявних на об'єкті НХР;

Оцінка можливої обстановки на об'єкті у випадку виникнення аварії;

Організація виявлення і контролю хімічної обстановки на об'єкті в повсякденних умовах і при аварії, порядок підтримання сил і засобів хімічної розвідки та хімічного контролю;

Організація оповіщення персоналу об'єкту;

Організація укриття персоналу об'єкту в захисних спорудах, наявних на об'єкті, порядок підтримання їх в постійній готовності до укриття людей;

Організація евакуації персоналу об'єкту при необхідності;

Порядок оснащення і застосування формувань цивільного захисту на об'єкті для ліквідації наслідків аварії;

Організація оточення осередку ураження, порядок надання медичної допомоги, сили і засоби, що залучають для цієї мети;

Організація управління силами і засобами об'єкту при ліквідації аварії і її наслідків, порядок використання сил і засобів, що прибувають для надання допомоги в ліквідації наслідків аварії;

Порядок подання повідомлень про виникнення хімічно небезпечної аварії і хід ліквідації її наслідків;

Організація забезпечення персоналу об'єкту і невоєнізованих формувань цивільного захисту засобами індивідуального захисту та ліквідації наслідків аварії, порядок і терміни їхнього накопичування та зберігання;

Організація транспортного, енергетичного і матеріально-технічного забезпечення робіт щодо ліквідації наслідків аварії.

В розділі інженерно-технічних заходів плану захисту від НХР відображаються:

Розміщення (обладнання) приладів, що відвертають вилив НХР у випадку аварії (клапани-відсікачі, клапани надлишкового тиску, терморегулятори, перепускні прилади що скидають і т. д.);

Плановане підсилення конструкцій ємностей і комунікацій зі НХР або влаштування над ними огорож для захисту від пошкодження уламками будівельних конструкцій при аварії (особливо на пожежо - і вибухонебезпечних підприємствах);

Розміщення (будівництво) під сховищами з НХР аварійних резервуарів, чаш, ловушок (аварійних амбарів) і напрямлених стоків;

Розосередження запасів НХР, будівництво для них заглиблених або напів заглиблених сховищ;

Обладнання приміщень і промислових майданчиків стаціонарними системами виявлення аварій, засобами метеоспостереження і аварійними сигналами.

Планом передбачаються також заходи по усуненню аварій на кожній ділянці, де є НХР, з вказівкою відповідальних виконавців з керівного складу об'єкту, що залучають сили і засоби, їхніх задач і відведеного на виконання робіт часу.

По мірі необхідності план захисту об'єкту від НХР корегується.

Слід відзначити, що ефективність перерахованих заходів захисту від НХР залежить від ступеня підготовки до захисту сил і засобів ліквідації наслідків аварії.

На ХНО завчасно створюються локальні системи оповіщення персоналу об'єктів.

Заздалегідь розроблені схеми оповіщення повинні визначати порядок оповіщення персоналу об'єктів як в робочий, так і в неробочий час.

Для оповіщення персоналу працюючої зміни об'єкту, на якому відбулася аварія, використовуються електросирени, радіотрансляційна мережа і внутрішній телефонний зв'язок.

7.2.3. Висновки

У цьому розділі з «Безпеки в НС» було розглянуто основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств і яким чином досягається підвищення стійкості роботи ТОВ «Самолусківський крохмальний завод», Проведено оцінку небезпеки і розробку заходів підвищення стійкості проти аварій природного та техногенного характеру на ТОВ «Самолусківський крохмальний завод». Запропоновано заходи щодо захисту робітників, службовців та населення у разі аварії спричиненою імовірним впливом небезпечних хімічних речовин (НХР).

8. Екологія

8.1. Стічні води підприємств крохмало-паточної промисловості

Підприємства крохмало-паточної промисловості використовують чисту воду, яка в процесі її використання забруднюється різними домішками, у тому числі і органічними. Органічні речовини являються гарним живильним середовищем для різного роду бактерій, які викликають інфекційні захворювання. Тому для підтримки санітарного стану приміщень і територій підприємства необхідно негайно видаляти відходи і стічні води за межі території підприємства, а також населеного пункту. Стічними називаються води, використанні на побутові або виробничі потреби і отримали при цьому додаткові домішки (забруднення), змінивши їх початковий хімічний склад, а також води, що стікають з території підприємства в результаті випадіння атмосферних опадів. В залежності від походження, виду і якісної характеристики стічні води підприємств крохмало-паточної промисловості можна поділити на виробничі (промислові), господарсько-фекальні і ливневі (атмосферні).

Стічні води підприємств крохмало-паточної промисловості підрозділяють на забруднені стічні води, умовно-чисті і побутові стічні води. Забруднені стічні води утворюються в результаті виробничих операцій, зв'язаних з мийкою технологічного обладнання, тари, підлог, від виробничої пральні. Ці стічні води забруднені продуктами розпаду крохмало-паточної продукції (білок, крохмал, азот і т. п.), миючими засобами (кальцинована і каустична сода, соляна і сірчана кислота, тощо) і сторонніми предметами (скло, фольга та ін.). Реакція свіжої стічної води - найчастіше нейтральна або слаболужна, але легко переходить в кислу внаслідок зброджування молочного цукру. Колір стічних вод мутний, білуватий або жовтуватий. Стічні води підприємств крохмало-паточної промисловості у разі скидання їх у водойми без попередньої очистки шкідливо впливають на воду останнього. В результаті біохімічного окислення органічних сполук, що містяться в стічних водах, з водойми поглинається велика кількість кисню, в результаті чого фауна і флора водоймищ можуть загинути. Умовно-чисті

стічні води утворюються в результаті експлуатації охолоджувально-пастеризаційних установок, аміачних і повітряних конденсаторі, компресорів і т. п. Цю категорію стічних вод необхідно направляти після відповідної обробки (охолодження, очищення і т. п .) в системи оборотного або повторного водопостачання підприємства.

8.2. Очищення стічних вод

Методи і ступінь очищення стічних вод повинні визначатися в залежності від місцевих умов з урахуванням можливого використання очищення стічних вод для промислових і сільськогосподарських потреб.

Стічні води підприємств крохмало-паточної промисловості піддають, як правило, механічного і біологічного (біохімічного) очищення. Рідше застосовують фізико-хімічний спосіб очищення стічних вод. При механічному очищенні із стічних вод видаляють нерозчинні осідаючі, зважені і спливаючі забруднення.

Механічне очищення стічних вод можна застосовувати як самостійний або попередній метод, який передує хімічній або біологічній очистці.

В процесі біологічного очищення стічні води очищають від органічних домішок, що знаходяться у зваженому, розчиненому і колоїдному стані.

Біологічний метод очищення заснований на здатності різних мікроорганізмів використовувати для свого розвитку містяться в стічних водах білки, вуглеводи, спирти, органічні кислоти. При цьому в результаті так названого аеробного біохімічного процесу органічні забруднення інтенсивно окислюються, мінералізуються, випадають в осад і утворюється прозора не загниваюча рідина, що містить розчинений кисень, придатна для скидання у відкриті водойми.

В останні роки в практиці очищення стічних вод підприємств крохмало-паточної промисловості все більше місце займають фізико-хімічні методи, зокрема зворотній осмос, ультрафільтрація і флоатція.

Із стічних вод сироробних заводів за допомогою ультрафільтрації і зворотного осмосу можна витягати лактозу, протеїн. Застосування зворотного

осмосу технічно можливо і економічно доцільно для вилучення цінних речовин з невеликих за об'ємом концентрованих стоків і отримання придатної для повторного використання чистої води.

Флотація. Це важкий фізико-хімічний процес, при якому відбувається вилучення зважених або колоїдних частинок з рідини в результаті їх прилипання до бульбашок газу, який утворюється в цій рідині. Частинки, які прилипли до бульбашок, впливають на поверхню, утворюючи пінистий шар з більш високою концентрацією часток, ніж у вихідній рідині.

Технічні заходи передбачають очищення стічних вод перед скиданням їх у водойми, а також застосування систем зворотного і повторного водопостачання промислових підприємств.

8.3. Очищення вентиляційного повітря, димових і технологічних газів перед викидом в атмосферу на підприємствах крохмало-паточної промисловості

Заходи по захисту навколишнього природного середовища для проєктованих, а також для діючих підприємств містять комплекс засобів, які визначаються системою державних законодавчих актів, в відповідності з якими комплекс захисних засобів по попередженню забруднень атмосфери викидами підприємств включає архітектурно-планувальні, конструктивно-технологічні засоби розсіювання викидів через високі димові труби, очистку вентиляційного повітря, димових і технологічних газів перед викидом в атмосферу, контроль забруднення атмосфери викидами.

Конструктивно технологічні засоби включають розробку і застосування технологій, які забезпечують максимальне використання сировини, проміжних продуктів і відходів виробництва по принципу безвідходної або маловідходної технології.

Важливе значення для забезпечення потрібних санітарно – гігієнічних нормативів повітряного середовища має правильне планування промислової

площадки. Підприємство відноситься до четвертого класу шкідливості. Для зменшення шкідливого впливу на довкілля захисна зона підприємства засаджена зеленими насадженнями. Крім поглинання шкідливих парів та газів зелені насадження знижують рівень шуму, а також збагачують повітря киснем. Зелені насадження складають 55% від загальної площі санітарно-захисної зони.

Одним з важливих конструктивно – технологічних засобів зменшення забруднення довкілля для підприємств є рекуперація тепла в результаті використання вторинних енергетичних ресурсів, значна частина яких витрачається, збільшуючи теплове забруднення навколишнього середовища.

Санітарно-технічні заходи включають очистку вентиляційного повітря від шкідливих речовин, утилізацію і знешкодження відходів.

Основним методом захисту повітряного басейну від шкідливих викидів є попереднє очищення вентиляційного повітря і технологічних газів, яке проводиться і газокислотних установках. Проводять суху механічну очистку, мокру очистку, електричну очистку, фільтрацію. Використовують такі апарати, як циклони, пилосаджувальні камери, жалюзні апарати, відцентрові пиловідділювачі.

Ефективна очистка відпрацьованого повітря перед викидом його в атмосферу дозволяє захистити повітряний басейн від забруднення і знизити втрати продукції в процесі розпилювальної сушки (втрати складають 0,25-2,5% готового продукту).

Схема мокрої механічної очистки з використанням скрубера Вентурі показана на рисунку 8.1.

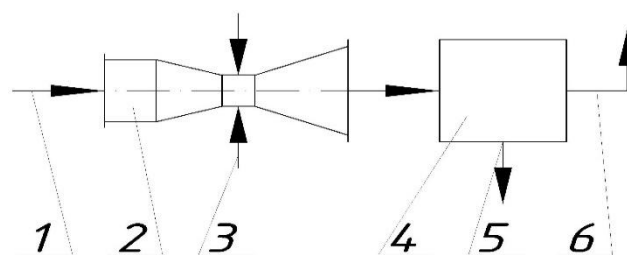


Рисунок 8.1- Схема очистки повітря в швидкісному газопромивачі.

1-повітрепорвід очищаючого повітря; 2-скруббер Вентурі; 3-зрошування горловини труби; 4-циклонний сепаратор; 5-лінія відводу води; 6-повітропровід очищеного повітря.

При мокрому пиловловлюванні досягається висока степінь очистки для частин розміром 3-5 мкм і більше. Розхід рідини на зрошування становить від 3 до 5 м³ на 1000 м³ очищуваного повітря. Зрошуючи суміш подається в горловину скруббера під тиском до 200 кПа.

При сухій механічній очистці відпрацьованого повітря застосовують в основному циклони (Рисунок 8.2). При цьому на вибір типу циклону і його продуктивність впливають параметри ведення процесу сушки, дисперсність частинок продукту, що виноситься, умови експлуатації та інші фактори. В циклонах вловлюються частинки розміром 5 мкм і більше.

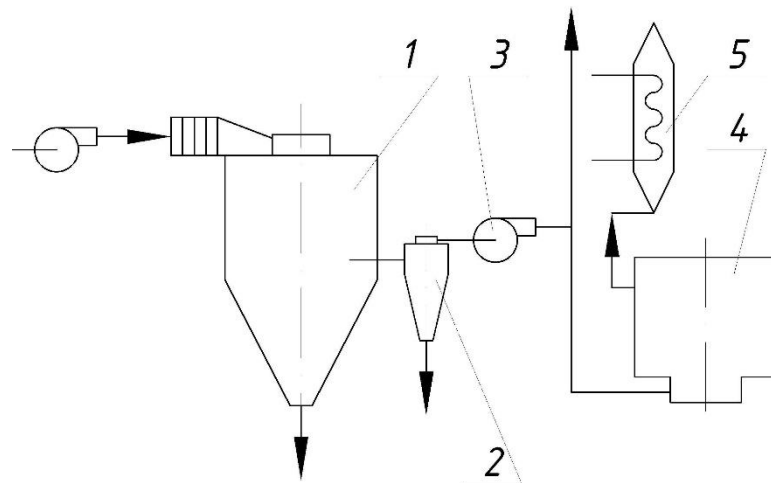


Рисунок 8.2- Двохступенева схема очистки повітря (циклон-рукавний фільтр).

1-розпилююча сушарка; 2-циклон; 3-вентилятор; 4-камера фільтрів; 5-рекуператор.

Застосування рукавного фільтру дозволило знизити вміст молочного пилу у повітрі до 20 мг/м³. Таким чином двохступенева очистка різко збільшує степінь очистки повітря.

Для ефективної роботи очисних споруд і повітроочисного обладнання необхідно постійно контролювати якість їх роботи і оперативно усувати недоліки, розробляти і вдосконалювати конструкції діючих установок та обладнання.

Загальні висновки

Виготовлення картопляного крохмалу, це складний процес, який потребує значних затрат енергії і який відбувається при зміні технологічних параметрів в широкому діапазоні.

Дослідження режимів роботи і визначення конструктивних параметрів основних вузлів і робочих органів центрифуги марки ОГШ-352. Енергія, яка витрачається на нагнітання, осадження і розділення крохмалу, являється одним з важливих показників процесу і залежить від конструктивних параметрів центрифуги, технологічних параметрів, а також від фізико-хімічних властивостей крохмалу.

Вибір технологічних параметрів центрифугування, відсутність чіткого уявлення про фізико-хімічні процеси ведуть до необґрунтованих енергетичних витрат, які знижують ефективність обладнання і відображається на собівартості готового продукту. Тому оцінка енергоспоживання є важливим і актуальним питанням. Його вирішення дозволить інтенсифікувати процес виготовлення крохмалу, зменшити питомі енергетичні витрати, розробити рекомендації щодо максимально повного і ефективного використання технічного потенціалу і розробки нового обладнання. Вирішення, поставлених в дипломній роботі задач, здійснювалось шляхом застосування комплексом сучасних фізико-хімічних методів досліджень.

В дипломній роботі вирішуються наступні задачі:

- проведено аналіз сучасного технологічного обладнання і технології виробництва крохмалу, вибір і обґрунтовано напрям досліджень;
- розроблено нові проектно-технологічні і технічні вирішення дослідження режимів виготовлення крохмалу на ТОВ «Самолусківський крохмальний завод»;
- зроблено обґрунтування проведеної модернізації центрифуги. Проведено технологічні і конструктивні розрахунки центрифуги та її вузлів.

- проведено експериментальні та теоретичні дослідження режимів роботи центрифуги марки ОГШ-352. Розрахунок процесу осадження. Розрахунок потужності шнека. Розрахунок продуктивності шнека. Вибір параметрів нагнітаючо-осаджувального шнека. Визначення точності роботи центрифуги;
- проведено математичне моделювання процесу нагнітання осаджування і розділення суспензії;
- отримано результати теоретичного та експериментального дослідження режимів роботи центрифуги;
- проведено обґрунтування основних науково-технічних результатів досліджень процесу нагнітання суспензії, з врахуванням фазових перетворень в об'ємі;
- проведено аналіз результатів і зроблено висновок з оптимальних режимів роботи шнекової центрифуги.

Виготовлення і експлуатація модернізованого обладнання (зокрема, центрифуги) дає досить відчутний економічний ефект в порівнянні з аналогами.

У даній роботі було розроблено питання з: техніко-економічних обґрунтувань, охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, зроблено загальні висновки.

Таким чином, запропоновані технічні рішення є економічно вигідними і доцільними до впровадження у реальне виробництво.

Перелік посилань

1. А.А. Милютин. Производство Сухого и модифицированного крахмала— М.: Пищевая промышленность, 1966.
2. Павлице В.Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин.— К.: Вища школа, 1993.— 556с.
3. В.Г. Костенко, А.Е. Овчинников, В.М.Горбатов. Производство крахмала.— М.: Пищевая промышленность, 1975.— 206 с.
4. Г.Г. Шамборант, Технологическое оборудование предприятий крахмалопаточной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1974.— 206 с.
5. Назаров Н.И., Нечаев Н.И., Щербаков В.Г. и др. Технология и оборудование пищевых производств.— М.: Пищевая промышленность, 1977.— 352 с.
6. Технология пищевых производств /Под ред. Л.П.Ковальской.— М.: Агропромиздат, 1988.— 286с.
7. Методы расчётов процессов и аппаратов пищевых производств.— М.: Пищевая промышленность, 1966.— 292с.
8. Б.М. Азаров. Технологическое оборудование пищевых производств.— М.: Агропромиздат, 1988.— 462с.
9. М.Н. Иванов. Детали машин.— М.: Высшая школа, 1991.— 384
10. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник.— Л.: “Машиностроение”, 1970.— 752с.
11. Закалов О. В. Методичні вказівки з курсу “ Основы проектування підприємств харчової промисловості”, Тернопіль – 2000р.-51с.
12. Закалов О.В., Закалов І.О. Технологічне обладнання харчових виробництв. Тернопіль, 200 р. - 408 с.
13. Илюхин В.В. Монтаж, наладка и ремонт оборудования предприятий мясной промышленности.— М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1984.— 263с.
14. Писаренко Г.С, Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. -К.:Наукова думка, 1975. -С. 204.
15. Шевчук Я.М., Галушак М.П. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090221 “Обладнання харчових та переробних виробництв” Тернопіль, 2010 – 28с.

- 16.Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя том 2.- М.:Машиностроение, 1980-560с.
- 17.Справочник конструктора – машиностроителя. Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова – М.:Машиностроение, 1972. – 712с.
- 18.Закалов О. В. Шинкарик М.М. Ворощук В.Я. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу “Технологічне обладнання харчових виробництв”.
- 19.Флорев О., Смигельский О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии. -М.: Изд. "Химия",1971. -С. 13-38.
- 20.Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. -М.: Изд."Химия",1978. -С. 177-192.
- 21.Справочник машиностроителя: В бт./Ф.М. Дименберг, В.С. Люкшин, Н.Я. Ниберг, А.Н.Обморшев, И.С.Плужников, А.А.Уманский/ Под.ред. Н.С.Ачеркана. -М.: Машиностроительная литература., 1960. Т.1. 592 с.
- 22.Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.М.:Гос.научно-техническое издательство химической литературы. 1960., -С. 262.
- 23.Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств/Под ред. А.Я. Соколова.-М.:Пищепромиздат,1960. С.242.
- 24.Глуз М.Д., Павлушенко И.С. Затраты мощности на перемешивание неньютоновских жидкостей //Журнал ПрикладнойХимии.-1967.т.40, -№7, -С. 485.