

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

доц. Блаженко С.І

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » _____ 20 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХФВ

проф.Гавва О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » _____ 20 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми: Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

на тему: Дослідження процесу фільтрування та удосконалення конструкції центрифуги ОГШ

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОФ-2-6М

Ігнатенко Максим Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Житнецький Ігор Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

Якобчук Р.Л.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____

(підпис)

Київ – 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Гавва О.М.

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ігнатенко Максим Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу фільтрування та удосконалення конструкції центрифуги ОГШ

керівник роботи Житнецький Ігор Володимирович,

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

затвердені наказом закладу вищої освіти від “05”11 2020 року №925-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 03. 02. 2021 року

3. Вихідні дані до роботи

Продуктивність – 4,8 м³/год, діаметр ротора – 320 мм, фактор розділення – 2200.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Теоретично-методологічний розділ. Об'єкти і методи дослідження. Опис апаратурно-технологічної схеми. Теоретично-експериментальні дослідження. Моделювання процесу поділу суспензій в осаджувальних шнекових центрифугах. Розрахункова частина. Монтаж, ремонт та експлуатація, технічне обслуговування та центрифуги Охорони праці. Висновки. Список використаної літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд центрифуга ОГШ – 1 лист формату А1, ротор –1 лист формату А1, шнек – 1 лист формату А1, деталі ротора – 1 лист формату А1, деталі шнека – 1 лист формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 06.11.2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Вступ | 15.11.20 | Виконано |
| 2 | Теоретично-методологічний розділ | 21.11.20 | Виконано |
| 3 | Опис апаратурно-технологічної схеми | 05.12.20 | Виконано |
| 4 | Теоретично-експериментальні дослідження | 14.12.20 | Виконано |
| 5 | Моделювання процесу поділу суспензій в осаджувальних шнекових центрифугах | 19.12.20 | Виконано |
| 6 | Розрахункова частина | 25.12.20 | Виконано |
| 7 | Монтаж, ремонт та експлуатація, технічне обслуговування та центрифуги | 8.01.21 | Виконано |
| 8 | Охорони праці | 15.01.21 | Виконано |
| 9 | Висновки | 21.01.21 | Виконано |
| 10 | Список використаної літератури | 26.01.21 | Виконано |
| 11 | Додатки | 28.01.21 | Виконано |
| 12 | Загальний вигляд центрифуги ОГШ | 29.01.21 | Виконано |
| 13 | Креслення Ротор | 30.01.21 | Виконано |
| 14 | Креслення шнек | 01.02.21 | Виконано |
| 15 | Креслення деталі ротора | 02.02.21 | Виконано |
| 16 | Креслення деталі шнека | 03.02.21 | Виконано |

Здобувач

_____ (підпис)

Ігнатенко М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Житнецький І.В.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота магістра виконана на тему «Дослідження процесу фільтрування та удосконалення конструкції центрифуги ОГШ» у роботі наведено один із варіантів удосконалення центрифуги ОГШ, який передбачає конструктивну зміну кута нахилу витків шнека та розробка вставки шнека.

При порівнянні з базовим варіантом удосконалена конструкція центрифуги має такі переваги: збільшення продуктивності центрифуги за суспензією з 3,8 до 4,8 мЗ/год; покращення якості вихідного матеріалу; підвищення надійності та довговічності конструкції центрифуги;

При виконанні кваліфікаційної роботи магістра відповідно завдання Здійснено аналіз технологічних та технічних рішень описані питання монтажу та експлуатації центрифуги, охорони праці, наведено техніко-економічне, соціальне та економічне обґрунтування, яке підтверджує економічну доцільність впровадження даного удосконалення конструкції центрифуги ОГШ.

Кваліфікаційна робота магістра складається з розрахунково-пояснювальної записки, яка містить сторінок та графічної частини, яка складається з листів формату А1.

Ключові слова: фільтрування, центрифуга шнекова, центрифуга осаджувальна, шнек, живильна труба.

ABSTRACT

The master's qualification work was performed on the topic "Study of the process of filtering and improving the design of the centrifuge OGSH" in the paper presents one of the options for improving the centrifuge OGSH, which involves a design change of the angle of the auger turns and the development of the auger insert.

In comparison with the basic variant, the improved design of the centrifuge has the following advantages: increase of productivity of the centrifuge on suspension from 3,8 to 4,8 m³ / h; improving the quality of source material; increasing the reliability and durability of the centrifuge design;

When performing the master's qualification work according to the task, the analysis of technological and technical solutions described the issues of installation and operation of the centrifuge, labor protection, feasibility, social and economic justification, which confirms the economic feasibility of this improvement of centrifuge design.

The master's qualification work consists of a calculation and explanatory note, which contains pages and a graphic part, which consists of sheets of A1 format.

Key words: filtration, screw centrifuge, precipitating centrifuge, auger, feed pipe.

Зміст

Стор.

| | |
|--|--|
| Реферат..... | |
| Вступ..... | |
| 1. Теоретично- методологічний розділ..... | |
| 1.1.Аналіз технологічних та технічних рішень..... | |
| 1.2. Порівняльний аналіз основних показників конструкції з діючими аналогами центрифуги | |
| 1.3. Завдання, об'єкт та предмет дослідження | |
| 2. Опис апаратурно-технологічної схеми..... | |
| 3. Теоретично-експериментальні дослідження..... | |
| 3.1. Метод моделювання, геометрична подібність систем..... | |
| 3.2. Моделювання процесу поділу суспензій в осаджувальних шнекових центрифугах..... | |
| 4. Розрахункова частина..... | |
| 5. Монтаж, ремонт та експлуатація..... | |
| 6. Охорона праці..... | |
| 7. Техніко-економічне, соціальне та економічне обґрунтування..... | |
| Висновки..... | |
| Список використаної літератури..... | |
| Додатки..... | |

ВСТУП

Фармацевтична галузь є важливим сегментом національного ринку і посідає значне місце в економіці України, оскільки, багато в чому визначає національну і оборонну безпеку країни, відрізняється великою наукоємною і розвиненою кооперацією. Українська фармацевтична промисловість виробляє близько 1400 із 3000 препаратів, які продаються в Україні.

Основними групами ліків є серцево-судинні препарати, анальгетики, вітаміни, засоби для лікування респіраторної та ендокринної систем, шлунково-кишкового тракту і антибіотики.

На сьогодні промислове виробництво фармацевтичної продукції в Україні здійснюють близько 120 підприємств. Найбільшими українськими виробниками фармацевтичної продукції є: ПАТ «Фармак», «Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод», Корпорація «Артеріум» («Київмедпрепарат», «Галичфарм»), Корпорація «Стірол», «Дарниця», «Здоров'я», «Лекхім» тощо. На частку п'яти основних компаній-виробників припадає більше 50 %, виробленої у країні продукції. У групі провідних вітчизняних виробників лікарських засобів знаходяться ПАТ «ФФ «Дарниця», Корпорація «Артеріум» (ТОВ «Київмедпрепарат» і АТ «Галичфарм»), ТОВ ФК «Здоров'я», ПАТ НВЦ «Борщагівський ХФЗ», ПАТ «Фармак».

Розвиток фармацевтичної промисловості, а саме збільшення обсягів виробництва вимагає проводити технічне переоснащення підприємств фармацевтичної галузі впроваджуючи нові сучасні види обладнання та проводити модернізацію вже працюючого. Для модернізації працюючого обладнання необхідно проводити заходи, які вимагають вивчення питання, надання пропозицій по удосконаленню конструкції, проведення досліджень, моделювання процесу і як результат модернізація машини чи апарата.

Центрифуга ОГШ використовується при виробництві антибіотиків, які є особливо необхідними для проведення лікування та в післяопераційний період.

Збільшення обсягів лінії виробництва антибіотиків потребує збільшення продуктивності технологічного обладнання лінії і центрифуги в тому числі.

1. Теоретично- методологічний розділ

1.1. Аналіз технологічних та технічних рішень

Вибір конструкції центрифуги ОГШ здійснено виходячи з фізичних властивостей твердої фази суспензії, що освітлюється (концентрація твердої фази – 6%, найбільший розмір твердих часток – 6 мкм) та з технологічних вимог.

1.1.1 Опис конструкції центрифуги

Основними компонуючими одиницями центрифуги є рис. 1.1.

- 1 – Ротор;
- 2 – Шнек;
- 3 – Кожух;
- 4 – Привод ротора;
- 5 – Привод шнека;
- 6 – Станина;
- 7 – Штуцер подачі суспензії;
- 8 – Штуцер зливу фугату;
- 9 – Штуцер вивантаження осаду.

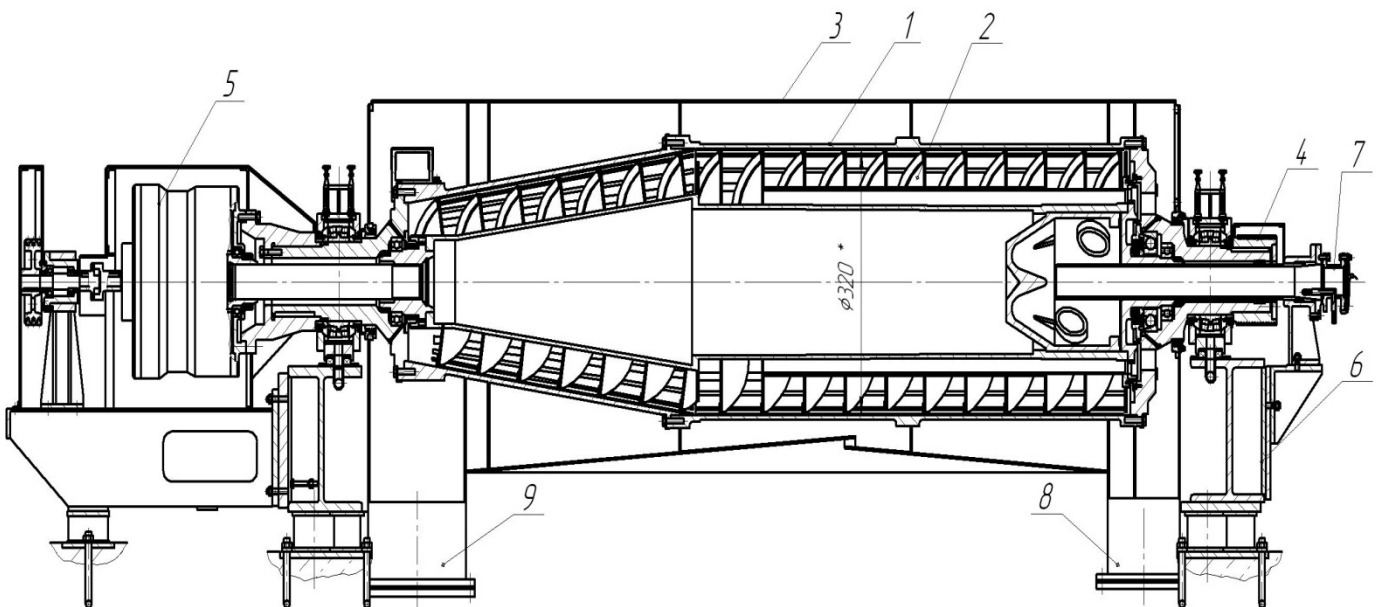


Рис. 1.1 Центрифуга ОГШ

Ротор у зібраному вигляді складається із циліндричного корпусу, конуса, двох цапф. У місці переходу циліндра в конус є роз'єм. Цапфи одночасно слугують кришками, що закривають торці ротора, а також опорами шнека. Цапфи опираються на опори, жорстко закріплені на станині. В опорах ротора встановлені дворядні сферичні роликотидшипники. На правій цапфі передбачені зливні вікна, які перекриваються спеціальним кільцем, що регулює рівень зливних порогів. У фланці лівої цапфи, у зоні вивантаження осаду є вікна, що мають з'ємні вставки, захищені від абразивного зношування. У середині ротора соосно розташований шнек, що транспортує осад до вікон вивантаження.

Шнек складається з порожнинного циліндричного барабана й наварених на зовнішню поверхню витків; напрямок витків-правий, число заходів - два. Відмінною рисою шнека є наявність двох горизонтальних каналів, призначених для зливу фугату. У шнеку передбачена камера, що дозволяє збільшувати окружну швидкість суспензії при вході її в ротор.

1.1.2 Вибір матеріалів для виготовлення центрифуги

Так як центрифуга використовується в лінії виготовлення антибіотиків необхідно щоб складальні одиниці центрифуги та деталі кріплення, які контактують з напівпродуктом, були виготовлені з нержавіючої сталі 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632–72) [2].

Для виготовлення кожуха, станини та інших конструктивних елементів, що не контактують з напівпродуктом застосовується вуглецева сталь, марки 16ГС (ГОСТ 380–94) [2].

Деталі кріплення (шпильки, болти, гайки, шайби), що не контактують з напівпродуктом виготовляються зі сталі марки ВСт3 (ГОСТ 380–94) [2]. При цьому твердість гайки повинна бути менше твердості шпильки (болта) за термообробкою.

1.2. Порівняльний аналіз основних показників конструкції з діючими аналогами центрифуги

Мета патентного пошуку – визначення патентної ситуації щодо об'єкта господарської діяльності, тобто пристрою, способу або позначення для товарів і послуг.

В даний час застосовуються різні методи центрифугування Їх різноманіття обумовлюється відмінністю складу властивостей, структури. Конструкції шнекових центрифуг слід удосконалювати по двох напрямках: поліпшення робочих органів машин створенням оптимальних умов ведення процесу в роторі і забезпечення механічної надійності машини, її довговічності при ефективних техніко-економічних показниках конструкції в цілому. Перший напрям вимагає більш поглибленого вивчення процесів і дослідно-конструкторських робіт, що підвищують ефективність розділення, другий напрям - дослідження надійності і довговічності машин. Паралельно необхідно вивчати проблеми оптимізації конструкції, які можуть бути предметом окремої роботи.

1.2.1. Патентна документація Шнекова центрифуга (Рис.1.2)

- 1- Корпус;
- 2- Збірник фугату;
- 3- Збірник осаду;
- 4- Камера для рідкого двоокису вуглецю;
- 5- Ротор;
- 6- Штуцер зливу фугату;
- 7- Штуцер вивантаження осаду;
- 8- Шнек;
- 9- Барабан;
- 10- Вікна подачі суспензії;
- 11- Живильна труба;
- 12- Ділянка з перфорацією.

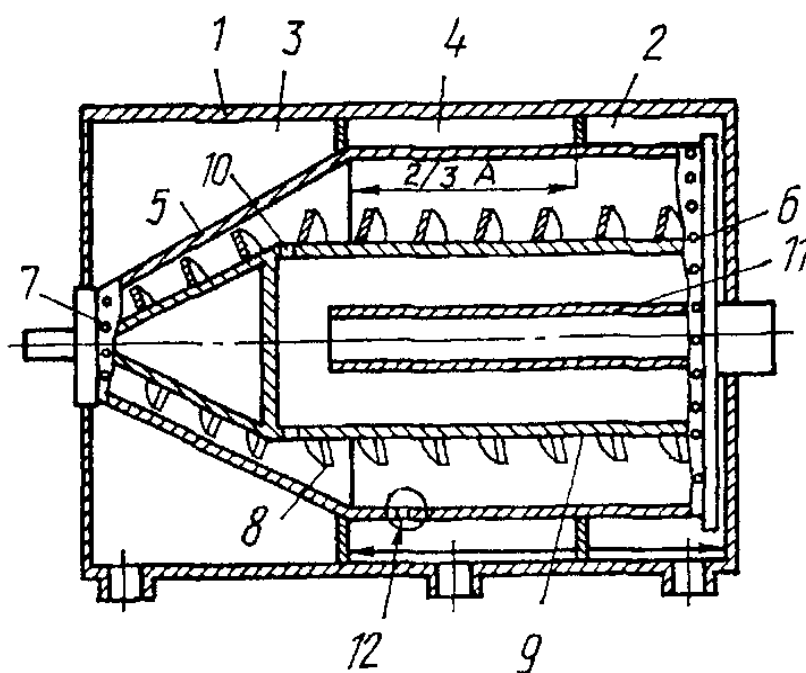


Рис.1.2 Шнекова центрифуга

Принцип дії:

Виноградний сік або виноматеріал через живильну трубу 11 надходить у порожнину барабана 9 шнека 8, звідки під дією поля відцентрових сил через вікна 10 надходить у порожнину ротора 5. У полі відцентрових сил сировина розподіляється по внутрішній поверхні циліндричної частини ротора 5 у вигляді шару і перетинає силові лінії магнітного поля барабана 9 шнека 8. Рідкий двоокис вуглецю з камери 4 через надзвукові сопла перфорованої ділянки 12 ротора 5 проступає в оброблювану сировину, створюючи в ньому поле ультразвукових коливань. При цьому частина двоокису вуглецю переходить у газову фазу з поглинанням теплоти, а інша частина утворює мілкодисперсні кристали твердої фази. Під дією поля ультразвукових коливань і магнітного поля відбувається седиментація речовин, схильних до утворення колоїдних помутнінь. Утворення в сировині твердої фази солей винної кислоти й двоокису вуглецю інтенсифікує процеси седиментації й коагуляції суспензій. У міру збільшення розмірів часток твердої фази вони під дією поля відцентрових сил переміщуються до периферії ротора 5, де захоплюються шнеком 8 і транспортуються їм у конічну частину ротора 5 проти напрямку дії поля відцентрових сил. Це приводить до виділення

рідкої фази із твердої. Після цього тверда фаза через отвори 7 і збірник 3 віддаляється із центрифуги. Рідка фаза звільняється від відпрацьованої газової фази двоокису вуглецю на суцільній ділянці циліндричної частини ротора 5 і через отвори 6 і збірник 2 віддаляється із центрифуги. Відпрацьована газова фаза двоокису вуглецю віддаляється із центрифуги разом із твердою фазою.

Осадна центрифуга для розділення багатокomпонентної рідкої суміші

- 1- Ротор;
- 2- Опори шнека;
- 3- Шнек;
- 4- Живильна труба;
- 5- Кожух;
- 6- Бункер прийому осаду;
- 7- Бункер прийому легкого рідкого компоненту;
- 8- Бункер прийому важкого рідкого компоненту;
- 9- Вікна для вивантаження осаду;
- 10- Пристрій для видалення легкого рідкого компоненту;
- 11- Цапфа;
- 12- Канали;
- 13- Вікно для входу важкого компоненту;
- 14- Вікно для виходу легкого компоненту;
- 15- Камера для прийому суспензії;
- 16- Вікно подачі суспензії в ротор.

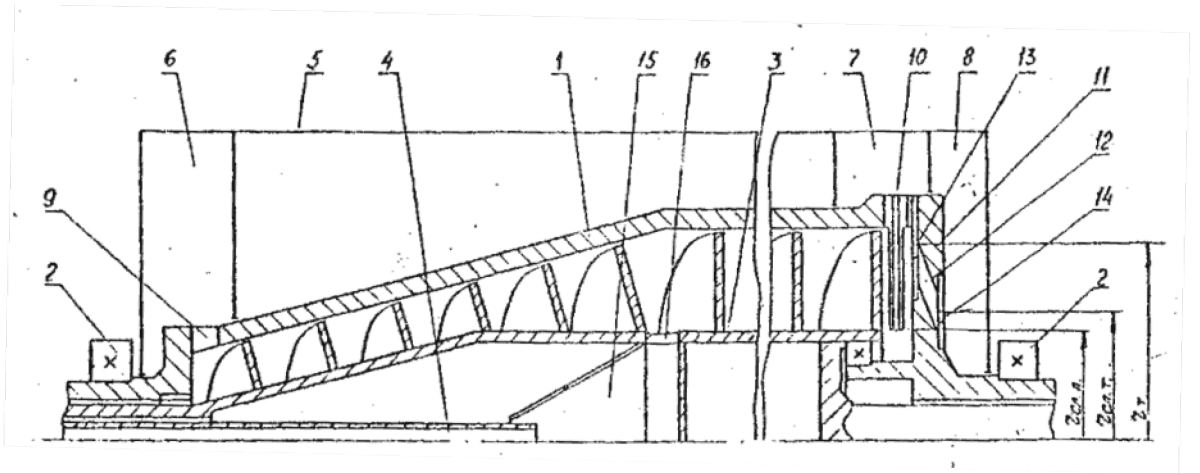


Рис.1.3 Осаджувальна центрифуга

Принцип дії:

Суспензія подається в обертовий ротор 1 через живильну трубу 4, камеру 15 для розкручування суспензії і вікна 16 у шнеку 3. Під дією поля відцентрових сил суспензія розділяється на окремі компоненти. Осад (тверда фаза) осаджується на внутрішній поверхні ротора 1, транспортується шнеком 3 до вікон вивантаження 9 і викидається в бункер 6 кожуха 5 для прийому осаду. Важкий рідкий компонент через вікна 13 цапфи 11, канали 12 і вікна 14 виводиться з ротора 1 у бункер 8, а легкий рідкий компонент, розташовуючись ближче до осі обертання, виводиться за допомогою пристрою 10 у бункер 7.

Шнекова центрифуга з суцільним ротором

- 1- Шнекова центрифуга з суцільним ротором;
- 3- Барабан;
- 5- Шнек;
- 6- Підшипник;
- 7- Живильна труба;
- 8- Центрифугований матеріал;
- 9- Розподільник;
- 11- Центрифугуюча камера;
- 15- Затвор;
- 17- Камера;
- 19- Зрізаючий диск;
- 20- Відвідний канал;
- 21- Замковий і сифонний диск;
- 23- Кільцевий заплечик;

- 27- Прохід;
- 29- Кільцевий простір;
- 31- Відвідний канал;
- 33- Запірний і сифонний диск;
- 36- Живляча лінія;
- 37- Випускний отвір;
- P1,P2,P3 - Рівень рідини;
- S- Центрифугований матеріал.

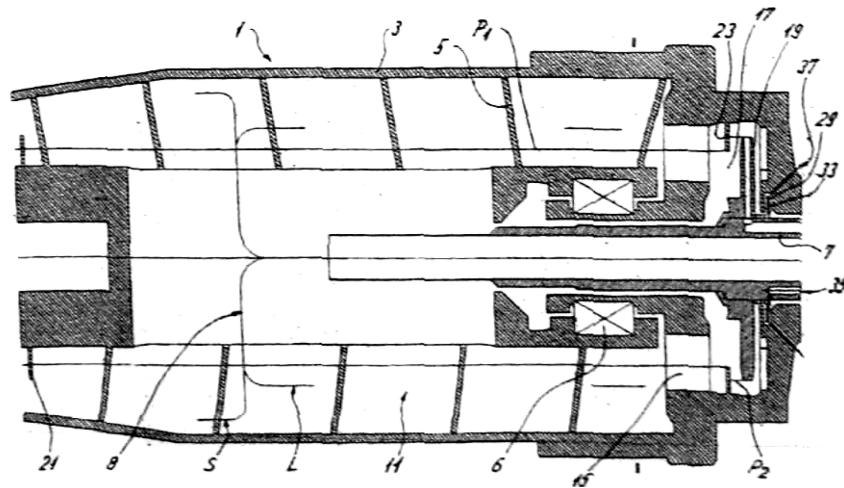


Рис.1.4. Шнекова центрифуга з суцільним ротором

Принцип дії:

Центральна живильна труба 7, яка проходить а аксіальному напрямі , слугує для подачі матеріалу 8 на центрифугування через розподільник 9, в даному випадку розташований перпендикулярно до живильної труби 7, центрифугуючи камеру 11, між шнеком 5 і барабаном 3.

Шнекова центрифуга 1 з барабаном 3, що має горизонтальну вісь обертання, в який поміщений шнек 5.

При завантаженні в центрифугу шламopodobної маси, на стінках барабану осідають частинки твердої речовини. Рідка фаза знаходиться ближче до внутрішньої частини барабана центрифуги.

Встановлений на підшипнику 6 шнек 5, обертається з більшою або меншою швидкістю, ніж барабан 3, і направляє центрифугований осад з барабана 3 до кінчної ділянки на розвантажувальний пристрій (на рис 1.4. не показаний).

Рідина, навпаки, тече до більшого кола барабана 3 в задній частині його циліндричної ділянки, а потім - через затвор 15 поступає в камеру 17, яка аксіально

примикає до власне центрифугуючої камери і яка має менший, ніж центрифугуюча камера, діаметр.

В камері 17 для відведення рідкої фази L знаходиться зрізаючий диск 19, до якого примикає відвідний канал 20, який слугує для відведення рідкої фази L з барабану 3. Зрізаючий диск 19 встановлений без зазору безпосередньо на нерухомій живлячій трубі 7.

Живильна лінія 35, що входить в центрифугу зовні, встановлена, в даному випадку, паралельно живлячій трубі 7 на її зовнішньому діаметрі, дозволяє безпосередньо з середини підводити в затворну камеру 29, незалежну від центрифугованого матеріалу затворну рідину, наприклад, воду.

Випускний отвір 37, що йде в даному випадку, під гострим кутом до осі обертання від зовнішнього діаметра кільцевого простору 29 назовні з барабану 3, дозволяє безперервно відводити затворну рідину з кільцевого простору 29, забезпечуючи якісне очищення.

При роботі центрифуги, при обертанні барабана 3 і шнека 5, в кільцевому просторі 29 встановлюється рівень затворної рідини РЗ, який замикає внутрішню частину барабану 3 відносно зовнішнього середовища за умови перевищення кількості затворної рідини, що підводиться в затворну камеру, над кількістю рідини, що відводиться, яку регулюють розмірами випускного отвору 37. Надлишок води, що не витікає через випускний отвір 37, витікає через відвідний канал 31.

Проте, за допомогою сифонового диску 33 в затворній камері 29 нескладно створити тиск, достатній для утримання газу в рідині. Тиск в затворній камері 29 можна змінювати шляхом зміни діаметру запірного і сифонового диску 33. Тиск впливає на спосіб вивантаження твердої фази і (або) її консистенцію.

1.2.2. Результати патентних досліджень і патентна чистота

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Складові частини проектного апарату відповідають умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі) через те, що:

а) деякі ознаки найближчого аналога (за винятком декількох) використано в проектованому апараті;

згідно із законом України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі" конструкція проекрованої центрифуги не відповідає критерію "винахідницький рівень";

б) деякі ознаки проекрованої конструкції центрифуги не є ідентичні суттєвим ознакам найближчого аналога;

згідно із законом України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі" проектована робота відповідає критерію "новизна";

Аналіз патентів дає змогу зробити висновок, що пропонована модернізація відповідає умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі) через те, що не всі суттєві ознаки проектованого пристрою є ідентичні суттєвим ознакам пристрою найближчого аналога.

1.3. Завдання, об'єкт та предмет дослідження

Завдання

1. Виконати порівняльний аналіз технологічних та технічних рішень шнекових осаджувальних центрифуг.
2. Провести моделювання процесу поділу суспензій в осаджувальних шнекових центрифугах з метою.
4. Запропонувати способи удосконалення конструкції ОГШ.
3. Удосконалити конструкцію центрифуги ОГШ.

Об'єкт дослідження осаджувальна шнекова центрифуга

Предмет дослідження барабан осаджувальної шнекової центрифуги

2.Опис апаратурно-технологічної схеми

2.1 Призначення лінії

Лінія для виробництва антибіотика тетрацикліну-гідрохлориду складається з декількох стадій: основних і допоміжних.

В допоміжні стадії входять обладнання і прилади, які призначені для підготовки приміщень, поживних середовищ, посівного матеріалу, стерильного повітря і води, очищення відпрацьованого повітря і води та ін. До основних стадій входить обладнання, яке призначене для виробництва безпосередньо продукції, тобто тетрацикліну-гідрохлориду.

2.2 Характеристика кінцевої продукції виробництва

Тетрацикліну-гідрохлорид – кристалічний порошок жовтого кольору, без запаху, гіркий на смак, легко розчинний у воді. Майже не розчинний в ацетоні та хлороформі. При взаємодії з концентрованою сірчаною кислотою забарвлюється в фіолетовий колір.

Призначення: антибактеріальний препарат тетрацикліну-гідрохлорид використовують при лікуванні різних інфекцій. Він пригнічує розмноження багатьох грампозитивних і деяких грамнегативних та кислотостійких бактерій. Тетрацикліну-гідрохлорид застосовують при лікуванні бактеріальної пневмонії, дизентерії, бруцельозу, коклюшу та інших бактеріальних захворювань, а також при амебній дизентерії, сипного тифу та ін. Місцево застосовують при опіках, флегмонах, гнійникових захворюваннях шкіри.

Фасування продукту у виробництві здійснюється у герметичні упаковки по одному, два або п'ять кілограмів для подальшого направлення на фармацевтичні підприємства де проводять таблетування препарату.

2.3 Технологічна схема виробництва

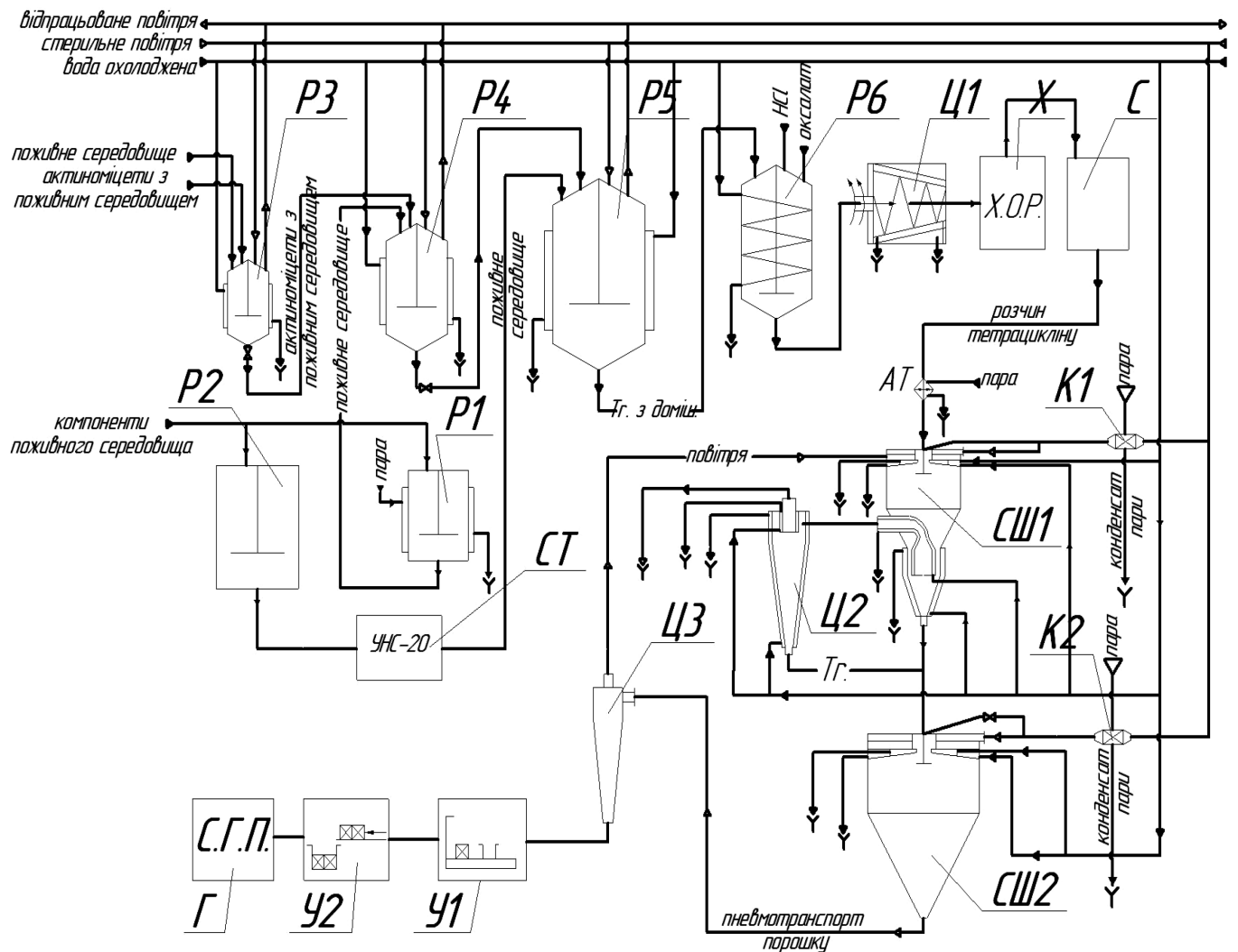


Рис. 2.1 Технологічна схема виробництва антибіотика тетрацикліну-гідрохлориду

2.4 Опис технологічної схеми

2.4.1 Підготовка виробництва

Підготовка виробництва включає в себе підготовку дезінфікуючих розчинів; підготовку повітря; санітарну підготовку приміщень (обробка виробничих поверхонь, апаратів та комункацій дезінфікуючими засобами, контроль відповідності приміщень класам чистоти); підготовку персоналу, огляд, ремонт та підготовку обладнання (перевірка справності заземлення, герметичності апаратів, тощо; відмивання, дезінфекція, стерилізація апаратів та трубопроводів)

Підготовка стерильного повітря здійснюється у фільтрах 2-х типів наступним чином: з повітрязбірника осьовим вентилятором повітря під тиском 0,03 МПа нагнітається у фільтр попередньої очистки з коефіцієнтом

бактеріального проскоку – 8-10%. Для отримання стерильного повітря безпосередньо перед ферментатором встановлюється фільтр тонкої очистки.

2.4.2 Підготовка поживного середовища

Поживне середовище готується в апараті з мішалкою, куди з допомогою серії дозаторів подаються компоненти середовища. Раціональний склад поживного середовища занесений в таблицю 2.1 [16]

Поживне середовище стерилізують і охолоджують.

Для посівного апарата посівне середовище готується і стерилізується в реакторі змішувачі P2 (див. рис 2.1). Для ферментеру готується в реакторі змішувачі P1, потім проходить через лінію стерилізації СТ. Після цього посівне середовище охолоджують до температури 30 °С і подають до відповідного апарата.

2.4.3 Приготування посівного матеріалу

Культура зберігається в музеї (клас чистоти приміщення А) на скошеному агарі. Перед запуском чергового виробничого циклу культура висівається на чашку Петрі з тест середовищем, де визначається рівень синтезу цільового продукту. У випадку нормальних показників культура пересівається на колбу з

Таблиця 2.1 Раціональний склад поживного середовища для біосинтезу стрептоміцину

| Сировина | % | Сировина | % |
|----------------|------|------------------|------|
| Глюкоза | 2 | Хлористий натрій | 0,25 |
| соєве борошно | 2 | Карбонат кальція | 0,3 |
| Сульфат амонія | 0,3 | Вода | 95,1 |
| Фосфат калія | 0,05 | | |

поживним середовищем, що використовується для виробничого культивування, об'ємом 10 л, далі 20 л, 30 л з заповненням на 30%. Із колб, після нарощування необхідної кількості продуценту (10^{10} кл/мл) вакуум-насосом, стерильно перекачують в посівний апарат.

2.4.4 Вирощування посівного матеріалу

Вирощування посівного матеріалу роблять у посівних апаратах місткістю від 0,05 м³ до 5 м³ (Р3–Р4). Апарати оснащені сорочками, в які надходить холодоагент (вода), кільцевими барботерами для рівномірного розподілу повітря, штуцерами для підведення повітря, штуцерами для відбору проб, штуцерами для посіву, штуцерами нижнього спуску, штуцерами для гільзи спиртового термометра. Також обладнані лопатевими мішалками. Посівний апарат працює при тиску Р=0,12 МПа.

Технологічний режим вирощування посівного матеріалу: при ввімкненій мішалці, та барботері заливається стерильне поживне середовище на 65%. Через штуцер вводять посівний матеріал при температурі 29°C і рН=7 [16]. Одразу після засіву (2% посівного актиноміцета) проводять мікробіологічний контроль.

Час культивування продуценту в інокуляторі здійснюється до досягнення концентрації – 10¹⁰ кл/мл, що зазвичай досягається за 48 годин.

Посівний матеріал, вирощений у посівному апараті, можна застосувати для засіву середовища у ферментаторі в тому випадку, якщо він буде відповідати наступним вимогам [10]:

- за зовнішнім виглядом посівний міцелій повинний являти собою густу чи середньої густоти масу, сіруватого кольору, що заповнює весь обсяг пробірки;
- під мікроскопом у пофарбованому препараті з проби перед засівом повинно бути густе сплетення гарно пофарбованих метиленовою синню гіфів другої стадії розвитку;
- значення водневого показника повинно бути 6,5-7,5 рН. Визначають по рН-метру;
- до моменту засіву повинна бути встановлена відсутність сторонньої мікрофлори;

2.4.5 Культивування та біосинтез

Основним елементом цього вузла є виробничий ферментер Р6, який являє собою циліндричний апарат зі сталі 12Х18Н10Т місткістю 50 м³ з еліптичним днищем і кришкою.

Обладнаний рубашкою для охолодження рідини до температури 29 °С, [16] турбінною двох'ярусною мішалкою з частотою обертання 2 об/с та барботером.

Засів ферментатора проводиться при увімкненій мішалці та подачею повітря через барботер (це попереджає попадання середовища в барботажную трубу, та створює надлишковий тиск – для стерильності). В апарат заливається стерильне поживне середовище на рівень 65%. рН середовища підтримують на рівні 7-7,5.

Далі вводять інокулюм, що стерильно відібраний з посівного апарату Р5.

Виробничий біосинтез ведеться при температурі 29 °С, при безперервному перемішуванні та аерації. За необхідністю в ході процесу стерильно додають піногасник. Протягом усього процесу ферментації через кожні 12 годин відбирають пробу культурної рідини в асептичних умовах при дослідження морфологічного стану міцелію, відсутність сторонньої мікрофлори й актинофага, вміст вуглеводів, активності і визначення водневого показника /рН/ культурної рідини. Штуцер для відбору проб пропарюють до і після відбору проб протягом 20 хв. Інший час штуцер щільно закритий ковпачком.

Тривалість ферментації від 96 до 108 годин.

Після виробничого циклу апарат промивають гарячою водою та стерилізують при 120°С та тиску 0,3 МПа, протягом 1-ї години. На другій годині відкривають вентилі та пропарюють транспортні комунікації.

2.4.6 Автоліз, коагуляція та центрифугування культуральної рідини

Культуральна рідина, яка на той час включає актиноміцети, відпрацьоване поживне середовище та антибіотик тетрациклін, виводиться через нижній штуцер і потрапляє до коагулятора, де відбувається автоліз та коагуляція домішок.

Коагулятор Р7 має штуцери для подачі: пари, води, оксалату, розсолу, кислоти для того, щоб виникло осадження домішок культуральної рідини.

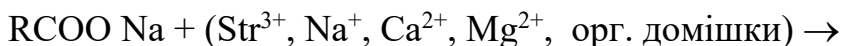
Після коагулятора суміш потрапляє до осадової центрифуги Ц1, де сепарується від осаджених частинок. Осад йде на переробку, освітлений розчин з тетрацикліном йде на хімічну очистку Х.

2.4.7 Хімічна очистка розчину Х

2.4.7.1 Одержання технічного розчину тетрацикліну-гідрохлориду

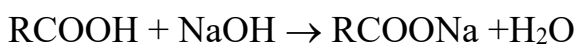
Сорбція тетрацикліну з культурної рідини катіоном.

Цей процес схематично може бути виражений у такий спосіб:



2.4.7.1.1 Регенерація катіоніта

Регенерацію проводять розчином натру їдкого після кожної операції сорбції. Процес схематично може бути виражений у такий спосіб:

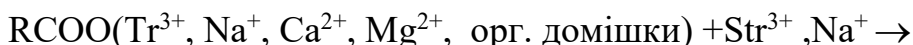


Проводять відмивання смоли в колоні знесоленою водою до значення водневого показника не менше 4,5 рН, після чого проводять регенерацію розчином натру їдкого.

2.4.7.1.2 Витиснення домішок з катіона

Витиснення іонів кальцію і магнію з катіона проводять розчином триліпосфата натрію.

Процес схематично може бути виражений у такий спосіб:

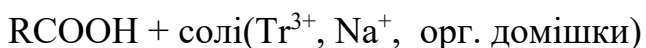


За допомогою синофірування через збірник видаляють розчин триліпосфата натрію з колони в каналізацію і відмивають катіоніт знесоленою водою, подаючи її знизу доверху, підтримуючи за допомогою ротаметра витрати від 3,5 до 4,5 м³/год. Промивання смоли в колоні проводять до відсутності фосфору в промивній воді.

2.4.7.1.3 Десорбція тетрацикліну-гідрохлориду з катіоніта

Десорбцію ведуть розчином кислоти (HCl).

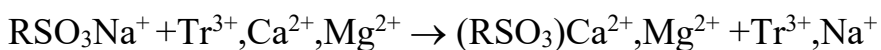
Процес схематично може бути виражений у такий спосіб:



Процес десорбції припиняють при активності елюата на виході з колони менш 1000 ЕД/мол.

2.4.7.1.4 Видалення іонів кальцію і магнію з елюата за допомогою катіоніта

Схематично процес може бути виражений у такий спосіб:



Технічний розчин тетрацикліну в збірнику перемішують не менш 15 хв. і відбирають пробу для аналізу.

2.4.7.1.5 Одержання очищеного розчину тетрацикліну-гідрохлориду.

Обробка тетрацикліну проходить у дві стадії.

Перше освітлення технічного розчину до еталона кольоровості проводять активним вугіллям марки ОУ-А .

Другу обробку елюата свіжо виготовленим вугіллям марка ОУ-А роблять з метою зняття пірогенності й освітлення елюата до еталона кольоровості, розведеного в 10 разів водою.

2.4.7.2 Коректування водневого показника й охолодження очищеного розчину тетрацикліну-гідрохлориду.

Відфільтрований від вугілля розчин тетрацикліну-гідрохлориду в реакторі прохолоджують до температури 2-4 °С розсолем, подаючи його в сорочку реактора.

Під час охолодження при працюючій мішалці роблять коректування водневого показника до значення від 5,5 до 6,5 рН розчином кислоти соляної. Обсяг партії розчину тетрацикліну не більш 2 м³.

По закінченні коректування водневого показника й охолодження відбирають середню пробу розчину тетрацикліну-гідрохлориду. Очищений розчин тетрацикліну-гідрохлориду за допомогою стиснутого повітря передають у збірник.

За фізико-хімічними, мікробіологічними властивостями очищений розчин тетрацикліну-гідрохлориду повинен відповідати наступним вимогам:

- бути прозорим;
- активність, ЕД/мг не менш 760;
- водневий показник, рН – 5,7-6,5;
- активність, ЕД/мл не менш 35000;

2.4.8 Одержання порошку тетрацикліну-гідрохлориду з розчину

Після очистки і стерилізації, а також нагріву до температури 200°C в пароелектричному калорифері К1, теплоносій подається у випарну ступінь агрегату СШ1. Газорозподільвальний пристрій розміщений в кришці випарної камери близько від дискового розпилювача, на який подається вихідний розчин.

Упарений у випарній камері СШ1 до вологості 320% розчин разом з відпрацьованим теплоносієм надходить у мокрий циклон Ц2 де сепарується і подається на диск відцентрового дискового розпилювача сушильної камери СШ2. Відпрацьований теплоносій з випарної камери СШ1 після попередньої очистки виводять в атмосферу.

В другу ступінь агрегату СШ2 (в сушильну камеру) теплоносій подається також через канал в кришці після відцентрового вентилятора високого тиску, фільтру і калориферу К2. Відпрацьований сушильний агент передається в циклон Ц3 де відбувається сепарація сухого продукту і його вивантаження з агрегату в спеціальний збірний пристрій. Далі теплоносій, що містить до 5–8% невідсепарованого сухого продукту, направляється через другий канал до газовідного пристрою випарювальної камери СШ1, де використовується в якості вторинного сушильного агента. Таким чином сухий продукт повертається знову у випарювально-сушильний цикл і не втрачається.

2.4.9 Пакування, маркування відвантаження

Фасування порошку тетрацикліну проводять на фасувальному автоматі “Bosch” (зона з класом чистоти А) за допомогою азото-повітряної суміші. При фасуванні на автоматі азото-повітряна суміш фільтрується через систему фільтрів.

Тиск на лінії азото-повітряної суміші не менше 0,15 МПа.

Порошок дозується у пакети по 1, 2 або 5 кг. Допустиме відхилення маси вмісту пакета в процесі фасування не повинно перевищувати 5% .

Порошок тетрацикліну-гідрохлориду завантажують у бункер фасувального автомату У1 у відповідності з СРП 7-Ф6 “Порядок завантаження субстанції в бункер фасувального автомату”.

З бункера порошок вакуумом засмоктується в комірки дозувального колеса автомата і потім стиснутою стерильною осушеною азото-повітряною сумішшю

(або стиснутим осушеним повітрям) видувається в стерильні пакети.

Заповнені пакети подаються на стіл-накопичувач маркувальної машини.

Пакети з продуктом майстер зміни і контролер дільниці контролюють на вміст механічних включень у відповідності з РД 42У-001-93 з записом в робочому журналі (маршрутному листі) .

Після перегляду пакети надходять на конвеєрну лінію маркування У2. Передачу пакетів у приміщення класу чистоти В допускається здійснювати у нержавіючих сталевих деках через передавальне вікно, що опромінюється бактерицидними лампами.

Після маркування пакети пакуються в картонні коробки У2. Готовий упакований продукт передають на склад готової продукції Г.

Кожну серію лікарського засобу тетрацикліну-гідрохлориду супроводжують операційним листом (маршрутним листом), з зазначенням назви препарату, маси вмісту коробки в грамах, кількості пакетів, дати, номеру партії субстанції, номеру серії, прізвища і підписів відповідальних осіб.

2.4.10 Знешкодження відходів та промислових викидів

Проводиться з метою знезараження та знешкодження викидів виробничого процесу.

Повітря після аерації ферментеру та газу після випарної установки містять шкідливі речовини (сірчисті сполуки, аміак, аміни тощо). Очистка газів у промисловості проводиться у скруберах методом зрошування одного із окислювальних розчинів: 10% розчин перманганата калію, підкислений сірчаною кислотою (рН = 2); 10% розчин пероксиду водню; 10% розчин хлору у розчині їдкого натру (рН = 14).

Відходи зі стадії фасування у вигляді зсипань при перевірці дози в процесі, зсипань з дозаторів при налагодженні обладнання, з бункера та пиłosоса збирають у спеціальний контейнер, на який закріплюють етикетку з зазначенням: назви, номеру партії, кількості, дати, прізвища і підпису відповідального. Відбраковані пакети також збирають у контейнер, який маркують етикеткою.

Контейнери передають в ізолятор браку до накопичення, звідки бракована продукція направляється на склад сировини і матеріалів і потім на утилізацію.

2.5 Галузь застосування виробу

Апарати лінії виробництва антибіотику можуть використовуватись в біотехнологічній, фармацевтичній промисловості а також в технології хіміко-фармацевтичних речовин.

Така широка сфера застосування обумовлена використанням в багатьох галузях стадій вирощування мікроорганізмів, ферментації, коагуляції, центрифугування, сушіння розпилом термочутливих розчинів.

Апарат коагуляції можна використовувати у всіх виробництвах де потрібно прискорити процес розділення. Коагуляція здійснюється шляхом додаванням в розділювану неоднорідну суміш речовин, які руйнують сольватирувані оболонки і зменшують дифузійну частину двійного електричного шару на поверхні завислих частинок. В результаті цього між частинками виникають сили зчеплення, які призводять до виникнення більших часток, що прискорює процес розділення [17].

Для забезпечення м'якого висушування і зберігання розчину від перегрівання, висушування проводиться в дві стадії. Розчин спочатку упарюється у випарному апараті, а потім повністю висушується у сушильному апараті. В якості сушильного агента використовується нагріте повітря.

Запропонована конструкція дозволяє скоротити витрати сировини і збільшити вихід готового продукту на 4–7% за рахунок проведення випарювання методом розпилу розчину і повернення відпрацьованого теплоносія сушильного апарата з важко вловлюваними частками сухого продукту у випарний апарат [21].

Незважаючи на габаритні розміри конструкції випарювально-сушильний агрегат в порівнянні з сушильними апаратами інших типів має ряд переваг. До них відноситься малий час перебування рідини в робочій зоні, що особливо важливо при переробці термолабільних продуктів.

Використання теплоносія, що виходить з камери другої ступені, в якості теплоносія для камери першої ступені дає можливість максимально використовувати тепло сушильного агента. Це дозволяє підвищити К.П.Д. випарювально-сушильного агрегату до 80% проти 25–30% при одно стадійній сушці розпилом термочутливого продукту [21].

3. Теоретично-експериментальні дослідження

3.1. Метод моделювання, геометрична подібність систем

Метод вивчення процесів, а також властивостей конструкцій машин і апаратів на моделях, називається методом моделювання. Користуючись цим методом можна детально вивчити процес, що протікає на моделі, і використовувати отримані дані для вибору освоєного або проектування нового промислового зразка машини. В основі методу моделювання лежить теорія подібності, що встановлює умови, необхідні й достатні для існування подібності процесів, що протікають у модельних і натуральних зразках устаткування. Відповідно до теореми Кірпічова - Гухмана «подібні ті явища або системи, які описуються однаковими рівняннями зв'язку й умови однозначності яких подібні» [23]. Подібність умов однозначності включає геометрична подібність систем (машин або апаратів), тимчасова подібність, подібність фізичних величин, що характеризують процес, подібність граничних і початкових умов.

3.2. Моделювання процесу поділу суспензій в осаджувальних шнекових центрифугах

Процес осаджувального центрифугування з переливом фугату через борт ротора ми віднесли до процесів, що становлять змішане завдання гідродинаміки по класифікації П. Г. Романкова [24]. При осадковому центрифугуванні протікають одночасно два процеси: плин рідини усередині ротора (внутрішнє завдання) і рух часток, що осаджуються, щодо рідини (зовнішнє завдання).

Завдання моделювання звичайно зводиться до розрахунку технологічного режиму центрифугування для геометрично подібної промислової центрифуги по параметрах режиму, установленим на моделі. Причому на моделі прагнуть досягти ступеня поділу суспензії, заданої для промислового зразка.

На практиці важко заздалегідь встановити, у якому режимі осаджується вузький клас часток, що відповідає крупності поділу. Тому вимога $Fr' = idem$, що впливає з умови $Ar_i = idem$, необхідно для забезпечення осадження часток на модельному й промислового зразках в одній і тій же автономній області.

Fr' - критерій Фруда;

Ar_i – модифікований критерій Архімеда для поля відцентрових сил;

$idem$ - інваріантність.

Необхідність дотримання $Fr'=idem$ при моделюванні осадових центрифуг була підтверджена експериментально [24].

Забезпечити одночасне задоволення тотожності критеріїв Re і Fr_i при використанні в моделі і в промисловому зразку однакової рідини практично не представляється можливим. Як і в гравітаційних потоках, це ускладнення дозволяється в тих випадках, коли режим потоку перебуває в одній з автотельних областей опору.

На Рис.3.1. наведені результати досвідів по центрифугуванню водної суспензії апатиту на центрифугах періодичної дії з роторами діаметром 240, 350 і 450 мм. У всіх цих досвідах значення Re і Fr_i змінювалися в широких межах, проте експериментальні точки дослідів у випадку, коли число $Re < 350$, задовільно лягають на одну криву.

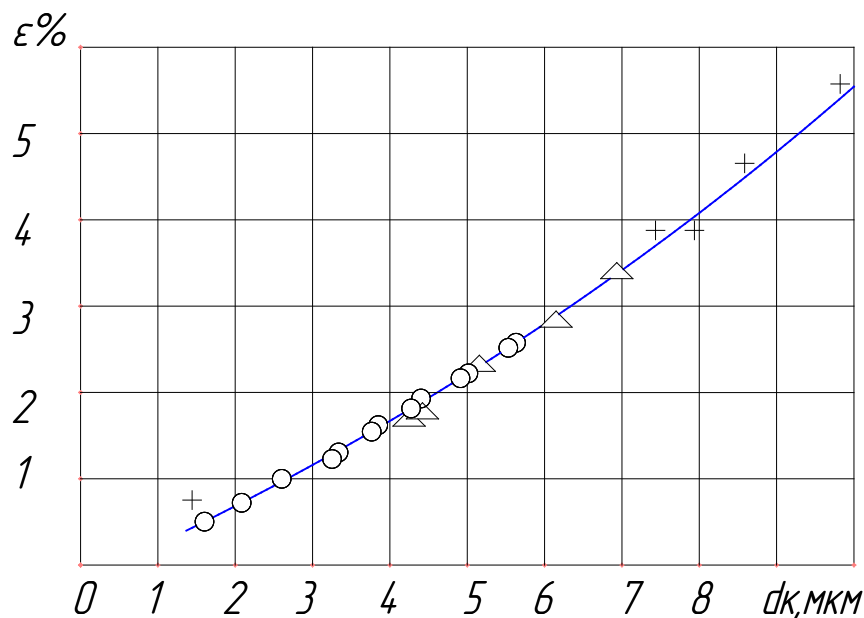


Рис.5.1. Графік, що ілюструє моделювання процесу осадового центрифугування:
+ - $D=240$ мм; Δ - $D=350$ мм; O - $D=450$ мм

Таким чином, при виконанні моделювання геометрично подібних осадових центрифуг необхідно дотримуватися наступних умов:

- осадження часток з розміром, близьким до крупності поділу, повинне проходити на моделі і на промисловому зразку в межах того самого закону опору ($C=idem, m=idem$), що забезпечується рівністю фактора поділу на машинах обох зразків, тобто $Fr'=idem$;
- потоки рідини на моделі й на зразку повинні перебувати в одній і тій же автотомодельній області.

Параметром, що характеризує поділяючу здатність осадових центрифуг, є індекс продуктивності [6].

Цей параметр відіграє важливу роль у моделюванні центрифуг. Вираження для індексу продуктивності неоднозначні. Вони залежать від форми ротора, характеру плинності рідини й режиму осадження часток твердої фази. Однак, якщо індекс продуктивності розглядати як параметр, що характеризує відносну поділяючу здатність центрифуг, немає потреби в побудові для нього складних виражень. Тому для інженерних розрахунків і порівняння відносної поділяючої здатності центрифуг вважаємо за можливе використовувати вираження (3.1) для теоретичного індексу продуктивності. Рівняння для моделювання геометрично подібних центрифуг за допомогою параметра $2T$ запишемо у вигляді (3.2)

$$\Sigma_T = 2\pi r_n L_n Fr' \quad (3.1)$$

$$Q_H = Q_M \Sigma_{T_H} / \Sigma_{T_M} \quad (3.2)$$

у вираженні (3.1) L_n - довжина ротора центрифуги періодичної дії або циліндричної часта ротора шнекової центрифуга; Fr' — фактор поділу на радіусі r_{pT} .

Можливість моделювання геометрично подібних центрифуг по індексі продуктивності підтверджена експериментально [24].

Складніше стоїть справа, коли геометрична подібність центрифуг не дотримується. У цьому випадку для таких центрифуг повинні бути визначені коефіцієнти переходу η від моделі до конкретного типорозміру машини. З урахуванням коефіцієнта переходу рівняння (3.2) прийме вид

$$Q_H = Q_M \Sigma_{T_H} / \Sigma_{T_M} \quad (3.3)$$

Для геометрично подібних центрифуг коефіцієнт переходу дорівнює одиниці.

На підставі аналізу експериментальних даних про моделювання геометрично неподібних осадкових шнекових центрифуг А. А. Нестерович і Л. А. Носкова запропонували підрозділити ці машини по симплексу Γ_2 на дві групи. До першої групи вони віднесли центрифуги, у яких симплекс $\Gamma_2 \geq 1,3$, а до другого — центрифуги із симплексом $\Gamma_2 < 1,3$. При такому розподілі виявилось, що при масштабному переході всередині групи відносна помилка не перевищує 20%, тобто залишається в межах, прийнятних при технологічному розрахунку, а при масштабному переході між машинами, що входять у різні групи, відносна помилка досягає 70%.

Якщо побудувати графічну залежність відносного осадження від числа освітлення $Q/\Sigma T$, то експериментальні точки, отримані для модельної й промислової центрифуг при дотриманні згаданих вище умов моделювання, у логарифмічних координатах розташовуються поблизу однієї й тієї ж прямої (Рис.3.2.), що підтверджує правильність запропонованого методу, коли не повністю дотримується геометрична подібність центрифуг.

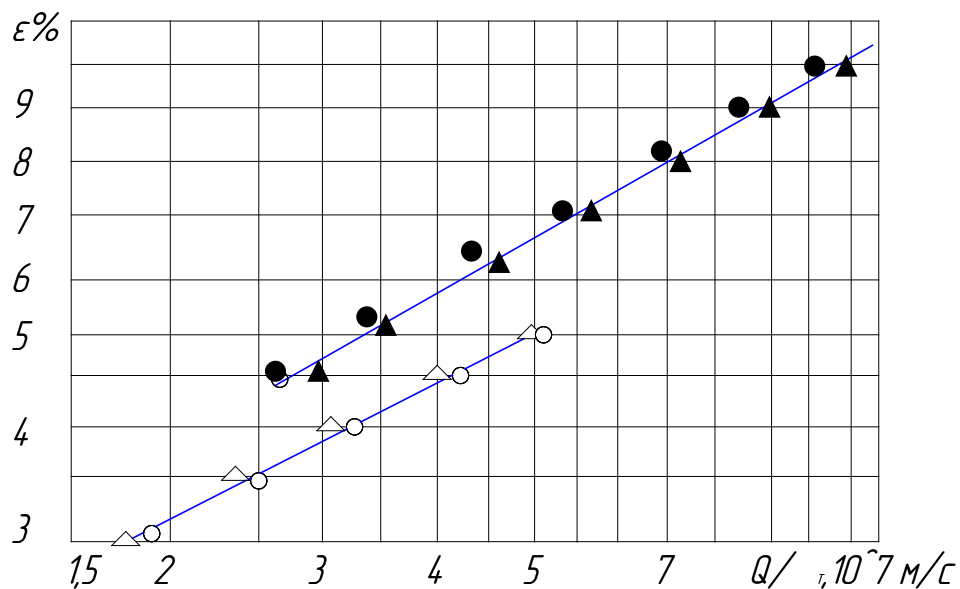


Рис.5.2. Залежність відносного осадження ϵ від числа освітлення $Q/\Sigma T$ при поділі суспензії вална на різних центрифугах:

1-ОГШ-162К-2 (○- $Fr=2500$; $\Gamma_2=1,79$) і ОГШ-207К-4 (△- $Fr=2560$; $\Gamma_2=1,97$);
2-ОГШ-151К-1 (▲- $Fr=2180$; $\Gamma_2=0,81$) і ОГШ-321К-5 (●- $Fr=2200$; $\Gamma_2=0,62$)

Досвід промислової експлуатації осадових шнекових центрифуг, параметри яких вибирали на підставі випробувань модельного зразка показав, що моделювання за допомогою індексу продуктивності не завжди приводить до адекватних результатів. У зв'язку із цим була запропонована нова методика моделювання. Вона базується на уявленнях про те, що порівняльні дані при моделюванні можна одержувати тільки при однаковій інтенсивності турбулентності потоків у промислового й модельного зразках машин.

При моделюванні центрифуг з використанням \sum_T існує критичне значення продуктивності, вище якого ідентичність осадження твердої фази з фугатом порушується. Автор роботи [24] пояснює це явище тим, що при $Q > Q_{кр}$ осілі частки змиваються з поверхні осадження й несуться у фугат. У цих умовах рекомендується проводити моделювання при рівних значеннях фактора поділу з використанням залежності

$$(Q_H/Q_M)=(D_H/D_M)^3, \quad (3.4)$$

Для визначення наближеного значення критичної продуктивності у випадку турбулентного режиму потоку В. И. Соколов запропонував [6] наступну формулу:

$$Q_{кр}=0,174(r_{PT}^2 - r_0^2) \left(\frac{\Gamma_{PT} - \Gamma_0}{d} \right)^{\frac{1}{7}} (v_{осж}^9 \omega^2 \Gamma_{PT}); \quad (3.5)$$

При ламінарному режимі потоку змивання осілих часток практично не спостерігається.

У роботі [24] на підставі π -теореми методом аналізу розмірностей отримано 14 критеріїв і симплексів подібності.

Як визначальний критерій, інваріантність якого, на думку авторів [135], забезпечує однакову ефективність поділу суспензії на геометрично подібних центрифугах, обраний критерій (5.6). При $\pi = idem$ відношення продуктивностей геометрично подібних центрифуг по (5.7) складе

$$\pi_1 = (Q_{сп}/r_{pt}^3 \omega) \quad (3.6)$$

$$(Q_H/Q_M)=(D_H^3 \omega_H / D_M^3 \omega_M) \quad (3.7)$$

У випадку рівності факторів поділу обох центрифуг з (5.7) одержуємо

$$(Q_H/Q_M)=(D_H/D_M)^{2,5} \quad (3.8)$$

Згідно досвідченим даним Гезеля [24] така залежність можлива при центрифугуванні суспензій, тверда фаза яких має проміжні властивості між твердими фазами, що піддаються й не піддаються агломерації під час перебування в зоні поділу ротора.

4. Розрахункова частина

4.1 Технологічний розрахунок

Властивості суспензії, що розділюється:

$x_T = 6\%$ – концентрація суспензії;

$\sigma = 6$ мкм – мінімальний розмір часток твердої фази;

$\rho = 500$ кг/м³ – різниця густин твердої та рідкої фаз;

Враховуючи фізико-хімічні властивості суспензії та за потрібною продуктивністю $G_c = 5$ м/год вибираємо центрифугу ОГШ-323К-1 з внутрішнім діаметром ротора $D = 320$ мм; виконання – герметизоване, вибухозахищене; матеріал основних деталей, що контактують з продуктом – нержавіюча сталь.

Матеріальний баланс процесу центрифугування відповідає співвідношенню:

$$G_c = G_o + G_\phi \quad (4.2.1)$$

де G_c - продуктивність центрифуги по суспензії;

G_o - продуктивність центрифуги по твердій фазі (осад);

G_ϕ - продуктивність центрифуги по рідкій фазі (фугат).

Продуктивність центрифуги G_c знаходимо за формулою:

$$\begin{aligned} Q_c &= \pi \cdot D_{cp} \cdot l \cdot \omega_0 \cdot Fr_{cp} \cdot \eta_e = 3,14 \cdot 0,285 \cdot 0,68 \cdot 8,175 \cdot 10^{-6} \cdot 1432 \cdot 0,2 = \\ &= 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} = 4,8 \text{ м}^3 / \text{год}, \end{aligned} \quad (4.2.2)$$

де D_{cp} – середній діаметр потоку рідини в роторі центрифуги, м;

l – довжина шляху осадження зливної ділянки, м;

ω_0 – середня швидкість вільного гравітаційного осідання часток твердої фази з розміром, рівним заданій крупності розділення δ_k ;

Fr_{cp} – фактор розділення, розрахований за середнім діаметром;

$\eta_e = 0,2 - 0,25$ – коефіцієнт ефективності розділення для центрифуг безперервної дії типу ОГШ;

Середній діаметр потоку рідини в роторі центрифуги визначається з виразу:

$$D_{cp} = \frac{(D_b + D_6)}{2} = \frac{(320 + 250)}{2} = 285 \text{ мм} = 0,285 \text{ м}, \quad (4.2.3)$$

де D_b – внутрішній діаметр ротора центрифуги;

D_6 – діаметр зливу рідини.

Довжину шляху осадження циліндричної частини ротора приймаємо $l = L_{ц} = 680$ мм.

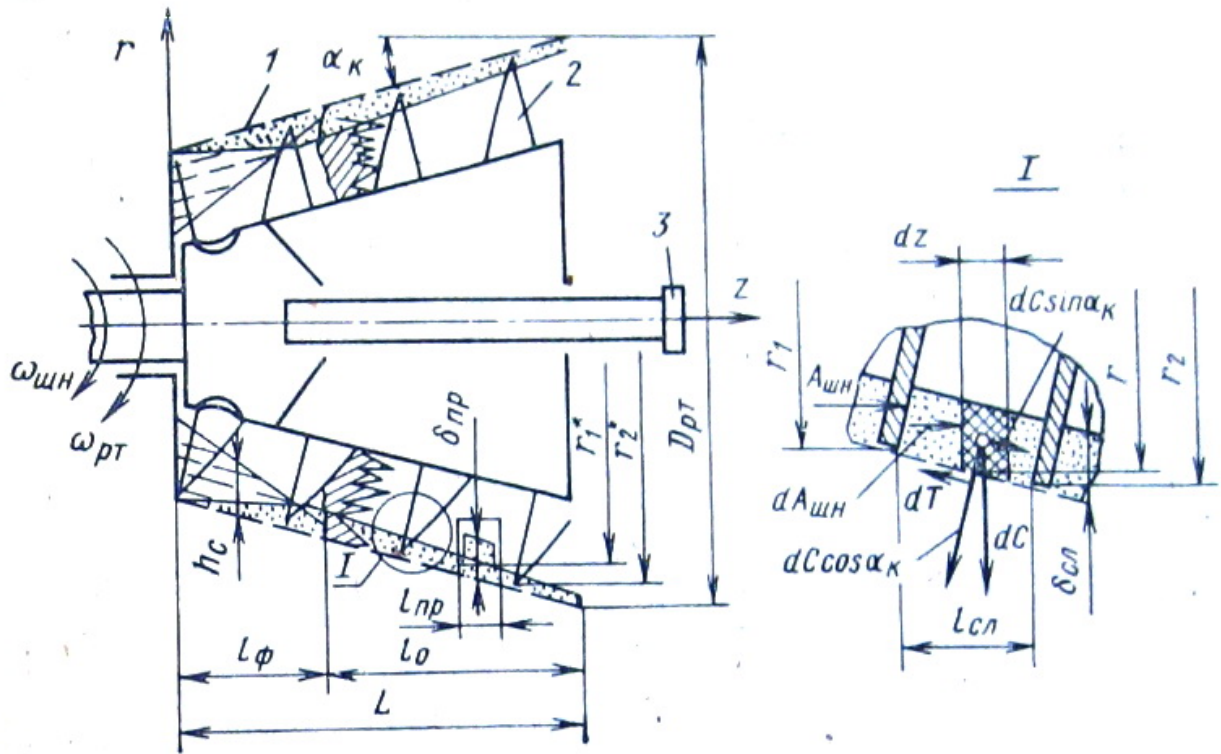


Рис.4.1.Схема процесу розділення суспензій

Фактор розділення, що відповідає середньому діаметру, визначається формулою:

$$Fr_{cp} = \frac{\omega^2 \cdot D_{cp}}{2 \cdot g} = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot D_{cp}}{g} = \frac{2 \cdot 3,14^2 \cdot 50^2 \cdot 0,285}{9,81} = 1432, \quad (4.2.4)$$

де $n = 50 \text{ с}^{-1}$ – частота обертання ротора центрифуги.

Критерій Архімеда для заданої крупності розділення знаходимо за формулою:

$$Ar = \frac{[\delta_k^3 \cdot (\rho_T - \rho_P) \cdot \rho_P \cdot g]}{\mu^2} = \frac{[(6 \cdot 10^{-6})^3 \cdot (1500 - 1000) \cdot 1000 \cdot 9,81]}{(0,9 \cdot 10^{-3})^2} = 1,31 \cdot 10^{-3} \quad (4.2.5)$$

де δ_k – розмір частинки, рівний заданій крупності розділення, м;

ρ_T і ρ_p – густина твердої та рідкої фази, відповідно, кг/м³;

μ – в'язкість рідини, Па·с.

Оскільки критерій Архімеда $Ar = 1,31 \cdot 10^{-3} < 3,6$, то швидкість осідання
можемо вирахувати за формулою Стокса:

$$\omega_o = \frac{\delta_k^2 \cdot (\rho_T - \rho_p) \cdot g}{18 \cdot \mu} = \frac{(6 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (1500 - 1000) \cdot 9,81}{18 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с} \quad (4.2.6)$$

Продуктивність центрифуги за осадом рівна:

$$G_o = G_c \cdot \rho_c \cdot x_T = 4,8 \cdot 1020 \cdot 0,06 = 293,8 \text{ кг/год}, \quad (4.2.7)$$

де ρ_c – густина суспензії, кг/м³.

Робоча продуктивність за твердою фазою $G_{T.p.}$ повинна лежати в
проміжку:

$$G_{T.p.} = (0,5 \div 0,8) G_{T.max} = (0,5 \div 0,8) \cdot 500 = 250 \div 400 \text{ кг/год}, \quad (4.2.8)$$

де $G_{T.max} = 500$ кг/год – максимальна продуктивність за твердою фазою для
центрифуги ОГШ – 323 К1[2].

Розрахована продуктивність по осадку лежить в проміжку для $G_{T.p.} = 250 \div 400$
кг/год, отже перерахунку продуктивності робити не потрібно.

Продуктивність центрифуги за фугатом становить:

$$G_\phi = \frac{G_c \cdot (\omega_n - \omega_k)}{(\omega_n + \omega_k)} = \frac{4,8 \cdot (94 - 4)}{(94 + 4)} = 4,4 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.2.9)$$

де $\omega_n = 94\%$ - початкова вологість суспензії;

$\omega_k = 4\%$ - кінцева вологість осаду.

4.2 Енергетичний розрахунок

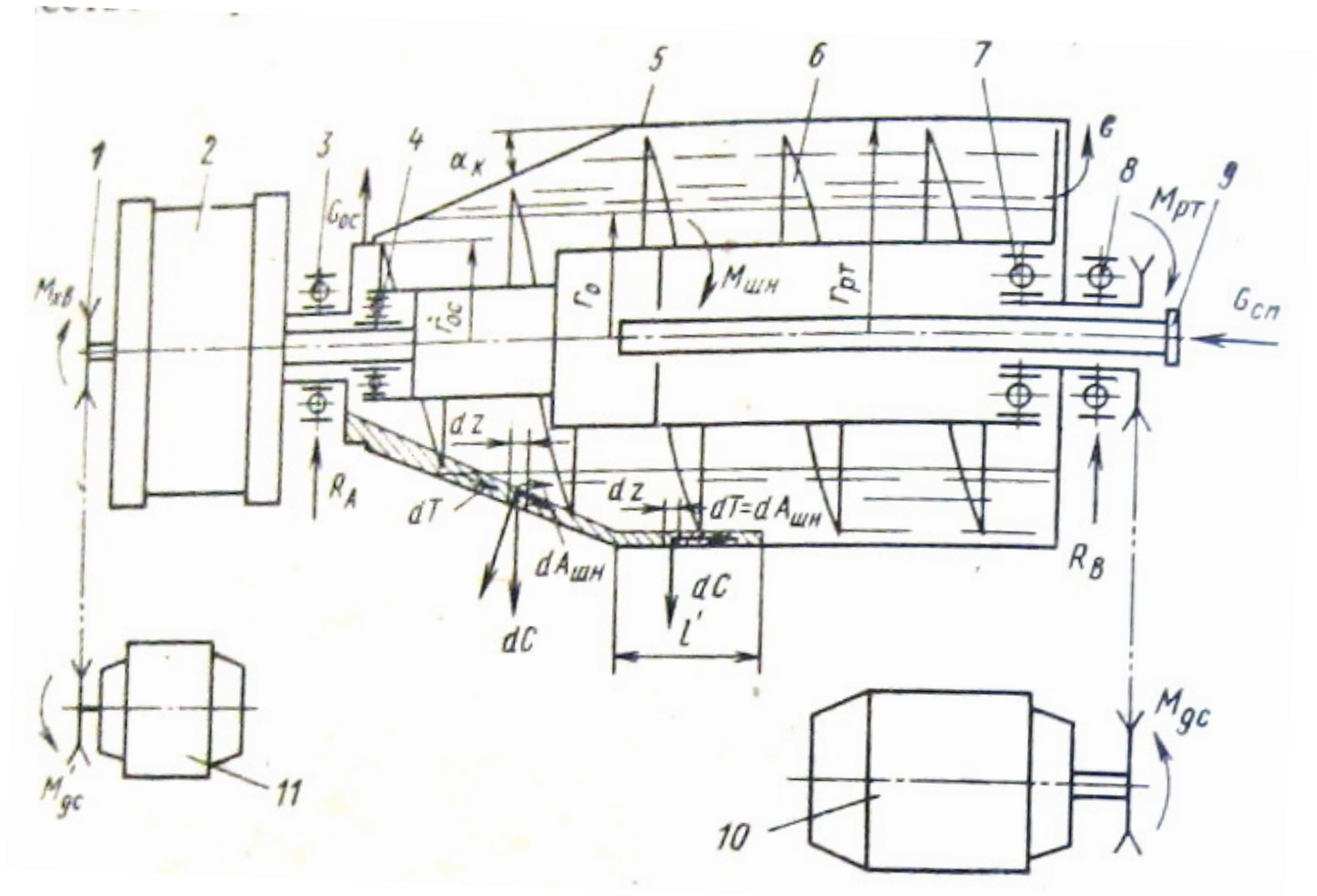


Рис.4.2. Схема розрахунку потужності привода

Основною складовою витрати енергії в шнекових центрифуги можна з'ясувати з розгляду схеми на Рис.4.2. Ротор 5 центрифуги, який обертається в підшипникових опорах 3 і 8, обертає суспензію, яка поступає у нього по живильній трубці 9. Компоненти розділеної суспензії - тверда й рідка фаза - отримують, залишаючи ротор, певну кінетичну енергію, обумовлену швидкістю виходу з ротора й секундною продуктивністю (масовою витратою).

Енергія, яка підводиться до осадової шнекової центрифуги витрачається таким чином:

- а) потужність на надання суспензії кінетичної енергії обертання ротора N_1 , кВт;

- б) потужність на подолання сил опору тертя ротора об повітря N_2 , кВт;
- в) потужність, яка витрачається на тертя в підшипникових опорах N_3 , кВт;
- г) потужність, що витрачається на переміщення осаду N_4 , кВт;

Вихідні дані для розрахунку:

| | |
|--|------------------------------------|
| Продуктивність центрифуги по суспензії | $Q_c = 4,8 \text{ м}^3/\text{Год}$ |
| Питома вага рідини фази суспензії | $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ |
| Питома вага твердої фази суспензії | $\rho_2 = 1500 \text{ кг/м}^3$ |
| Вологість осаду (масова) | $\omega = 6 \%$ |
| Середнє значення коефіцієнта внутрішнього тертя осаду | $f_p = 0,8$ |
| Середнє значення коефіцієнта тертя осаду об лопасті шнека | $f_{ш} = 0,7$ |
| Діаметр циліндричної частини ротора | $D_{ц} = 320 \text{ мм}$ |
| Довжина циліндричної частини ротора | $l_{ц} = 680 \text{ мм}$ |
| Діаметр ротора в місці розміщення вікон для вивантаження осаду | $D_c = 190 \text{ мм}$ |
| Діаметр зливного циліндра ротора | $D_{сл} = 250 \text{ мм}$ |
| Довжина конічної частини ротора | $l_k = 460 \text{ мм}$ |
| Довжина зони відстоювання | $l_{відс} = 680 \text{ мм}$ |
| Кут нахилу твірної ротора | $\alpha = 8^\circ$ |
| Діаметр барабана шнека в перерізі розміщення вікон для проходу суспензії | $d_{ш} = 156 \text{ мм}$ |
| Крок шнека | $t_{ш} = 120 \text{ мм}$ |
| Число обертів ротора за хвилину | $n = 3000$ |
| Відносне число обертів шнека за хвилину | $n_s = 19$ |

4.2.2.1 Визначення потужності, необхідної для надання масі суспензії кінетичної енергії обертання ротора

Потужність, необхідна для надання масі суспензії кінетичної енергії

обертання ротора:

$$N_1 = \frac{G_c \cdot \rho_c \cdot Fr_c \cdot \left(1 - \frac{r_{ш}^2}{r_c^2}\right)}{150} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1020 \cdot 1432 \cdot \left(1 - \frac{0,078^2}{0,1425^2}\right) \cdot 0,1425}{150} = 1,26 \text{ кВт}, \quad (4.2.10)$$

де $r_c = 142,5$ мм – середній радіус потоку рідини в роторі центрифуги;

$r_c = 78$ мм – радіус барабана шнека в перерізі розміщення вікон для проходу суспензії;

$Fr_c = 1432$ – фактор розділення;

$G_c = 1,3 \cdot 10^{-3}$ м³/с – продуктивність центрифуги за суспензією;

$\rho_c = 1020$ кг/м³ – густина суспензії.

4.2.2.2 Потужність на подолання сил опору тертя ротора об повітря

Потужність на подолання сил опору тертя ротора об повітря визначимо за формулою:

$$N_2 = c \cdot \rho_{п} \cdot L \cdot \omega^2 \cdot R_{н} = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1,3 \cdot 1,14 \cdot 314^2 \cdot 0,15 = 0,26 \text{ кВт}, \quad (4.2.11)$$

де $c = 12 \cdot 10^{-6}$ – стала, що характеризує суму всіх невідомих сталих;

$\rho = 1,3$ кг/м³ – густина повітря;

$L = 1,14$ м – довжина ротора;

$R_{н} = 0,15$ м – середній радіус зовнішньої поверхні ротора.

4.2.2.3 Визначення потужності, необхідної для переборювання втрат на тертя в підшипниках

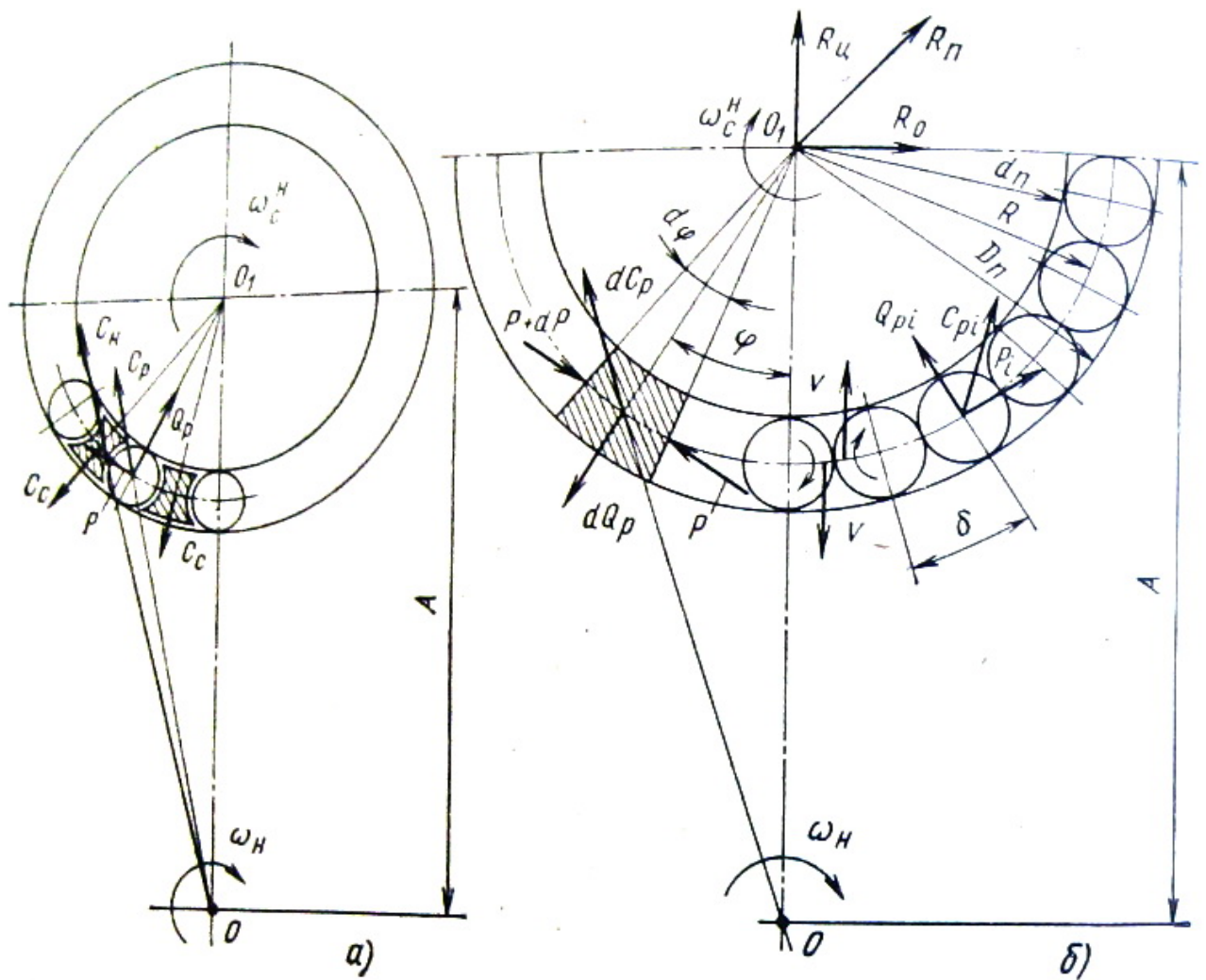


Рис.4.3.Розрахункова схема

На відміну від планетарних передач подібного типу, застосовуваних у загальному машинобудуванні й авіації, редуктори в шнекових центрифугах працюють із передаточними числами, близькими до одиниці, що викликає збільшення швидкостей водил обох щаблів, які практично мало відрізняються від кутової швидкості ротора. Звідси виникають специфічні проблеми розрахунку й конструювання опор сателітів у приводі шнека.

Потужність, що витрачається на тертя в підшипниках:

а) Опорні підшипники ротора

$$N_3^p = \frac{c_1 \cdot \omega}{150} \cdot (Q_1 \cdot d_1 + Q_2 \cdot d_2) = \frac{0,002 \cdot 314}{150} \cdot (363 \cdot 0,09 + 473 \cdot 0,1) = 0,335 \text{ кВт} \quad (4.2.12)$$

де Q_1 , і Q_2 – навантаження на підшипники в кг;

d_1 і d_2 – діаметри цапф в м;

$c_1 = 0,002$ – умовний коефіцієнт тертя;

$\omega = 314$ рад/с – кутова швидкість обертання ротора.

Навантаження на підшипники складається з ваги завантаженого ротора, ваги шнека, а також з динамічного навантаження, викликаним наявністю дисбалансу обертових мас.

За методом розрахунку, «НИИХИММАШ», максимальне динамічне навантаження визначається величиною відцентрової сили маси завантаженого ротора на ексцентриситеті, що рівний 0,001 діаметра ротора.

Повне навантаження на підшипник:

$$Q = G + \frac{G}{g} \cdot \omega^2 \cdot e = G \left(1 + \frac{\omega^2 \cdot e}{g} \right) \text{ кг}, \quad (4.2.13)$$

де $G = G_{\text{рот}} + G_{\text{шн}} + G_{\text{сусп}}$ – сумарна маса ротора, шнека та суспензії, кг;

$e = 0,001 \cdot D$ – умовний умовний ексцентриситет.

Об'єм зони відстоювання $V_{\text{відс}} = 0,018 \text{ м}^3$.

Вага суспензії, нехтуючи шаром накопиченого осаду ввиду його незначного об'єму (для данного випадку ~ 1 л), буде рівний

$$G_{\text{сусп}} = V_{\text{отст}} \cdot \rho_c = 0,018 \cdot 1020 = 18,4 \text{ кг},$$

де ρ_c – густина суспензії.

$$\text{Тоді: } G = G_{\text{рот}} + G_{\text{шн}} + G_{\text{сусп}} = 120 + 60 + 18,4 = 198,4 \text{ кг}$$

і повне навантаження на підшипники складе

$$Q = G \left(1 + \frac{\omega^2 \cdot e}{g} \right) = 198,4 \cdot \left(1 + \frac{314^2 \cdot 0,32 \cdot 10^{-3}}{9,81} \right) = 836 \text{ кг} \quad (4.2.14)$$

У відповідності з розміщенням центра тяжіння обертових мас навантаження на підшипники розподіляються приблизно наступним чином: $Q_1=363$ кг і $Q_2=473$ кг.

Відповідно діаметри цапф рівні $d_1=90$ мм і $d_2=100$ мм.

б) Опорні та упорні підшипники шнека

$$N_3^{\text{ш}} = \frac{\omega_s}{150} \cdot (f \cdot P \cdot d + C_1 \cdot A \cdot d) = \frac{2}{150} \cdot (0,1 \cdot 880 \cdot 0,05 + 0,002 \cdot 760 \cdot 0,05) = 0,065 \text{ кВт} \quad (4.2.15)$$

де ω_s – відносна кутова швидкість шнека, рівна 2 рад/с;

f – коефіцієнт тертя ковзання, рівний 0,1;

d – діаметр цапфи шнека, рівний 0,05 м;

P – радіальне навантаження на підшипники в кг;

$A = 130$ осьове навантаження на підшипники в кг;

C_1 – умовний коефіцієнт тертя, рівний 0,002.

$$P = G_{\text{шн}} \cdot \left(1 + \frac{\omega_{\text{шн}}^2 \cdot e}{g} \right) = 60 \cdot \left(1 + \frac{3,23^2 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3}}{9,81} \right) = 60,1 \text{ кг} \quad (4.2.16)$$

де $G_{\text{шн}}$ – вага шнека, рівна 60 кг;

$\omega_{\text{шн}}$ – кутова швидкість обертання шнека, рівна 3,23 с⁻¹.

Загальна потужність буде рівна

$$N_6 = N_6^p + N_6^{\text{ш}} = 0,335 + 0,065 = 0,4 \text{ кВт} \quad (4.2.17)$$

4.2.2.4 Потужність, що витрачається на переміщення осаду

Потужність, що витрачається на переміщення осаду має дві складові:

а) потужність на переміщення осаду вздовж циліндричної частини ротора:

$$N_{\text{ц}} = 2\pi \cdot \left(\frac{G_o \cdot g}{t_{\text{ш}}} \right) \cdot r_{\text{ц}} \cdot l_{\text{ц}} \cdot \left[\frac{\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{р}}}{\rho_{\text{т}}} \right] \cdot Fr_{\text{ср}} \cdot \text{tg}(\beta_{\text{ц}} + \varphi_{\text{тр}}) = 2 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{0,082 \cdot 9,81}{0,12} \right) \times \\ \times 0,16 \cdot 0,68 \cdot \left(\frac{1500 - 1000}{1500} \right) \cdot 1432 \cdot \text{tg}(6,8^\circ + 35^\circ) = 1955 \text{ Вт} \approx 2 \text{ кВт} \quad (4.2.18)$$

де $G_o = 0,082$ кг/с – продуктивність центрифуги за осадом;

$t_{\text{ш}}$ – крок шнека, м;

$r_{\text{ц}}$ – внутрішній радіус циліндричної частини ротора, м;

$l_{\text{ц}}$ – довжина циліндричної частини ротора, м;

$Fr_{\text{ср}}$ – фактор розділення на середньому радіусі;

$$\beta_{\text{ш}} = \arctg\left(\frac{t_{\text{ш}}}{2\pi \cdot r_{\text{ш}}}\right) = \arctg\left(\frac{0,12}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,16}\right) = 6,8^\circ \text{ – кут підйому гвинтової лінії}$$

шнека;

$$\varphi_{\text{тр}} = \arctg(f_{\text{ш}}) = \arctg(0,7) = 35^\circ$$

$f_{\text{ш}}$ – коефіцієнт тертя осаду об лопасті шнека

б) потужність на переміщення осаду вздовж конічної частини ротора:

$$N_{\text{к}} = D_{\text{ос}} \cdot \left[(r_{\text{с}}^3 - r_{\text{ос}}^3) + \frac{(\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{п}}) \cdot (r_{\text{рт}}^3 - r_{\text{ос}}^3)}{\rho_{\text{т}}} \right] = -121640 \times \\ \times \left[(0,095^3 - 0,15^3) + \frac{(1500 - 1000) \cdot (0,16^3 - 0,15^3)}{1500} \right] = 1277 \text{ Вт} \approx 1,3 \text{ кВт} \quad (4.2.19)$$

де

$$D_{\text{ос}} = \left(\frac{2\pi \cdot G_{\text{ос}} \cdot \omega^2}{3 \cdot t_{\text{ш}}} \right) \cdot (\sin \alpha - f_{\text{п}} \cdot \cos \alpha) \cdot \cos \alpha \cdot \text{tg}(\beta_{\text{сп}} + \varphi_{\text{тр}}) \cdot \text{tg} \alpha = \left(\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,082 \cdot 314^2}{3 \cdot 0,12} \right) \times \\ \times (\sin 8^\circ - 0,8 \cdot \cos 8^\circ) \cdot \cos 8^\circ \cdot \text{tg}(8,5^\circ + 35^\circ) \cdot \text{tg} 8^\circ = -121640$$

$r_{\text{с}} = 0,095 \text{ м}$ – радіус ротора в місці вивантаження осаду;

$r_{\text{ос}} = 0,15 \text{ м}$ – внутрішній радіус шару осаду в роторі;

$\alpha = 8^\circ$ – кут нахилу твірної ротора;

$\beta_{\text{сп}} = 8,5^\circ$ середній кут підйому гвинтової лінії шнека в конічній частині ротора;

$f_{\text{п}} = 0,8$ – коефіцієнт тертя осаду об внутрішню поверхню ротора.

4.2.2.5 Визначення потужностей двигунів ротора та шнека

Необхідна потужність двигуна приводу ротора визначається як:

$$N_{\text{рот}} = N_1 + N_2 + N_3 = 1,26 + 0,26 + 0,4 \approx 1,9 \text{ кВт} \quad (4.2.20)$$

Необхідна потужність двигуна приводу шнека:

$$N_{\text{шн}} = N_{\text{ц}} + N_{\text{к}} = 2 + 1,3 = 3,3 \text{ кВт} \quad (4.2.21)$$

4.2.3 Розрахунок ротора центрифуги на міцність

Розрахункова схема ротора шнекової осадної центрифуги наведена на Рис.3

Ротор складається з тонкостінної оболонки 5 циліндричної форми із фланцями 2 і 4 по кінцях, які болтами кріпляться до цапф 1 і 5, встановлених в корінних опорах. Ліва цапфа з боку великого діаметра ротора має отвір а для зливу фугату; права цапфа і малий фланець оболонки має отвори б для виходу твердої фази. Обидві цапфи оснащені також шийками в для встановлення підшипників шнека.

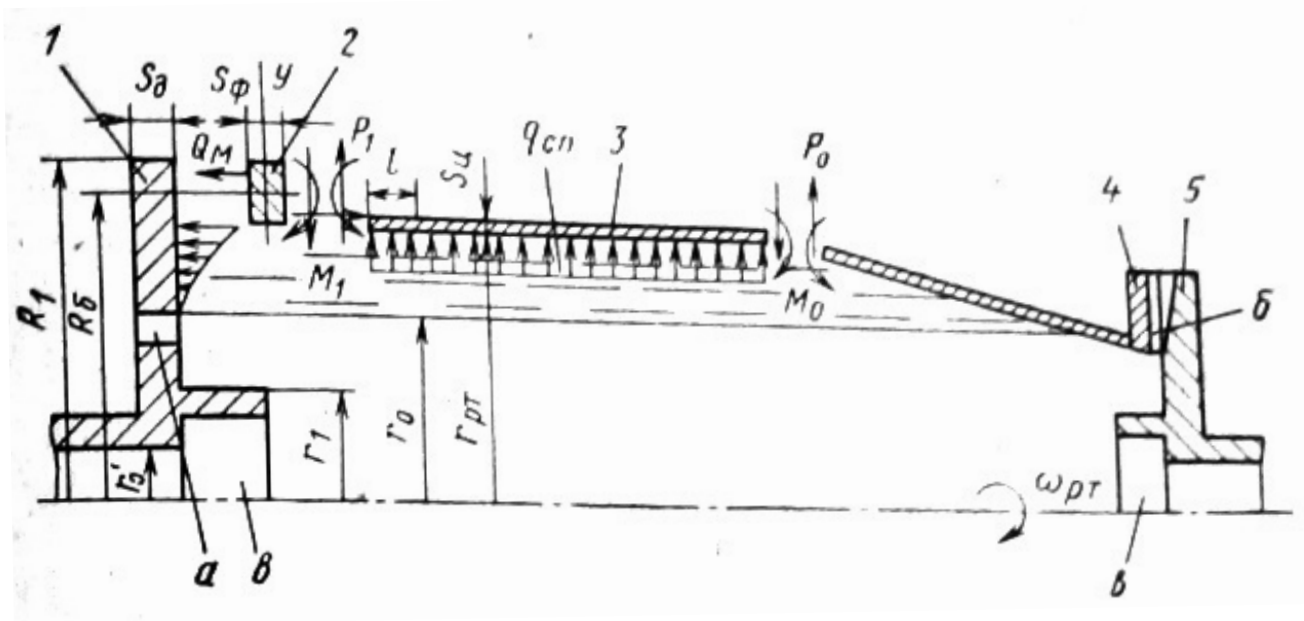


Рис.3. Розрахункова схема ротора

Оскільки весь вузол ротора може бути розчленований на елементарні тіла обертання (оболонки, диски, товстостінні труби, пластини, фланці), те для його розрахунку можна застосувати теоретичні основи, широко освітлені в літературі [5, 13]. Особливістю розглянутої конструкції є те, що оболонке ротора не приварена по кінцях до днища і кришки, як це прийнято в центрифугобудуванні, а з'єднана з ними фланцями. Фланці в осадному роторі, крім того що приймають тиск суспензії, забезпечуючи нерозкриття стиків і твердість системи, працюють у відцентровому полі, випробовуючи на собі вплив розподільних масових сил, подібно обертовому кільцю або диску. Зазначена особливість фланцевого з'єднання може бути проаналізована відомим методом сил.

На ротор центрифуги в безмоментній зоні діють тільки активні навантаження: тиск та інерційне зусилля [8].

Сумарний тиск:

$$P_s = P + P_i = 0,86 + 0,39 = 1,25 \text{ МПа}, \quad (4.2.22)$$

де

$$P = \frac{\rho_c \cdot \omega^2}{2} \cdot (R^2 - R_1^2) = \frac{1020 \cdot 314^2}{2} \cdot (0,16^2 - 0,125^2) = 5 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,5 \text{ МПа}; \quad (4.2.23)$$

$$P_i = \rho \cdot \omega^2 \cdot R \cdot S = 7850 \cdot 125,6^2 \cdot 0,4 \cdot 0,008 = 0,39 \text{ МПа}, \quad (4.2.24)$$

R, R_1 – радіуси відповідно внутрішньої поверхні ротора і внутрішньої поверхні рідини;

s – попередньо прийнята товщина стінки обичайки ротора;

$\rho_m = 7850 \text{ кг/м}^3$ - густина матеріалу обичайки;

Умова міцності:

$$\sigma_{\text{екв}} \leq [\sigma],$$

де $\sigma_{\text{екв}} = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_1$, оскільки $\sigma_3 \ll \sigma_1$

Тоді,

$$\sigma_{\text{екв}} = \left(\frac{\rho_c \omega^2}{2} (R^2 - R_1^2) + \rho \omega^2 R S \right) \frac{R}{S} \leq [\sigma] \quad (4.2.25)$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \left(\frac{1020 \cdot 314^2}{2} \cdot (0,16^2 - 0,125^2) + 7850 \cdot 314^2 \cdot 0,16 \cdot 0,008 \right) \cdot \frac{0,16}{0,008} = 73,8 \text{ МПа} <$$

$$< [\sigma] = 126 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

Розрахункова товщина стінки обичайки ротора:

$$S_R = \frac{\rho_c \omega^2 (R^2 - R_1^2) R}{2([\sigma] \phi - \rho \omega^2 R^2)} = \frac{1020 \cdot 314^2 \cdot (0,16^2 - 0,125^2) \cdot 0,16}{2 \cdot (126 \cdot 10^6 - 7850 \cdot 314^2 \cdot 0,16^2)} = 5,25 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (4.2.26)$$

Прибавка на міцність: $c = 1,3 \cdot 10^{-3}$

Приймаємо товщину стінки рівною $S = 0,008$ м.

Допустима кутова швидкість обертання ротора:

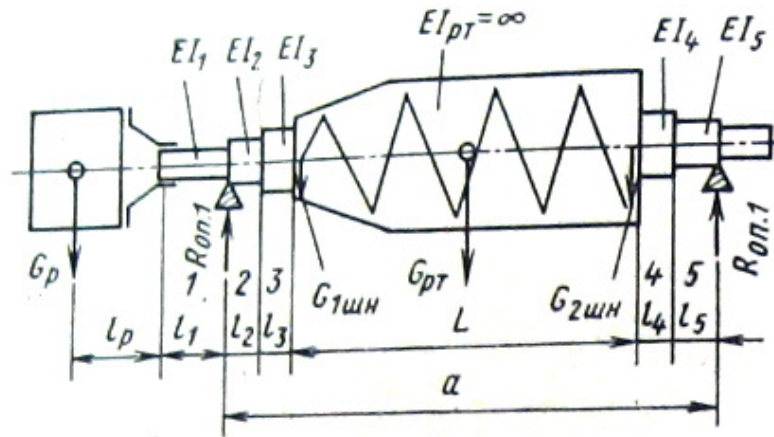
$$[\omega] = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{[\sigma]\phi}{\rho_c R \psi}} = \frac{1}{0,16} \sqrt{\frac{126 \cdot 10^6 \cdot 1}{1020 \cdot 0,16 \cdot 0,58}} = 70,9 \text{ рад/с}, \quad (4.2.27)$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot (0,008 - 1,3 \cdot 10^{-3})}{+ 7850}}$$

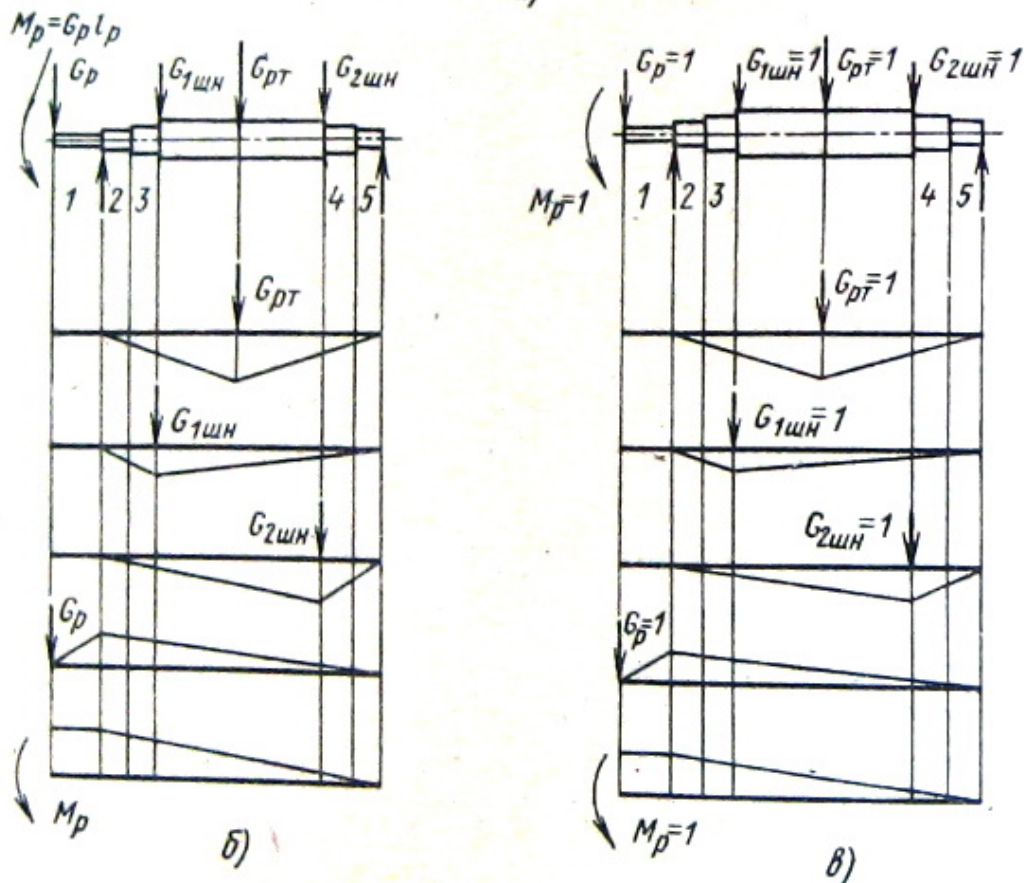
де ψ – коефіцієнт заповнення:

$$\psi = \frac{R^2 - R_1^2}{R^2} = \frac{0,16^2 - 0,125^2}{0,16^2} = 0,58 \quad (4.2.28)$$

4.2.4 Розрахунок вала на міцність



a)



б)

в)

Рис.4.Схема розрахунку вала

Основними завданнями динамічного розрахунку шнекових центрифуг, так само як і центрифуг будь-якого іншого класу, є забезпечення необхідної твердості обертових вузлів і відбудування їх робочої кутової швидкості від критичної. Особливість конструкції шнекових машин полягає в тому, що вони не мають вала певної твердості, постійної або змінної, із зосередженими на валу масами, як, наприклад, турбомашини. Конфігурація і розподіл мас обертових вузлів шнекових центрифуг досить складні. У той же час ці маси є як би валом змінної твердості, у зв'язку із чим критичну швидкість в інженерних розрахунках найбільше зручніше визначати наближеними методами.

Розрахунок вала на міцність виконуємо для найнебезпечнішого перерізу, яким є місце встановлення ротора.

Крутний момент в небезпечному перерізі:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} = \frac{30000}{314} = 95,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.2.29)$$

Момент опору в небезпечному перерізі:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,05^3}{32} = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \quad (4.2.30)$$

Еквівалентне напруження в небезпечному перерізі:

$$\sigma = \frac{M_{кр}}{W} = \frac{95,5}{1,22 \cdot 10^{-5}} = 77,9 \text{ Па} = 77,9 \text{ МПа} \quad (4.2.31)$$

Граничне напруження:

$$[\sigma] = \frac{\epsilon_M \cdot \sigma_{-1}}{K_\sigma \cdot n_{\min}}, \quad (4.2.32)$$

де $\epsilon_M = 0,92$ - масштабний коефіцієнт ;

$\sigma_{-1} = 400 \text{ МПа}$ - границя витривалості ;

$K_\sigma = 1,46$ - ефективний коефіцієнт концентрації напружень ;

$n_{\min} = 2$ - мінімальний запас міцності на витривалість.

$$[\sigma] = \frac{0,92 \cdot 400}{1,46 \cdot 2} = 133 \text{ МПа}$$

$\sigma = 77,9 \text{ МПа} < [\sigma] = 133 \text{ МПа}$ - умова міцності виконується.

4.2.5 Розрахунок днища на міцність

Днище розраховуємо, як диск що обертається. Внаслідок обертання виникають радіальні σ_r та кільцеві σ_t напруження. Так як диск симетричний відносно вісі, напруження та переміщення залежать лише від радіуса r .

В тілі диска виділимо елемент, обмежений двома діаметральними площинами та двома концентричними циліндрами з радіусами r та $r+dr$.

Діаметральні перерізи – це площини симетрії. Дотичні напруження в таких площинах відсутні. Інші поверхні елемента також будуть вільні від дотичних напружень внаслідок теореми о парності. Таким чином σ_r та σ_t - головні нормальні напруження:

$$\sigma_r = \frac{3+\mu}{8} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot (R_1^2 + R^2 - \frac{R_1^2 \cdot R^2}{r^2} - r^2) \quad (4.2.33)$$

$$\sigma_t = \frac{3+\mu}{8} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot (R_1^2 + R^2 + \frac{R_1^2 \cdot R^2}{r^2} - \frac{1+3\cdot\mu}{3+\mu} \cdot r^2) \quad (4.2.34)$$

Матеріал диска знаходиться в плоскому напруженому стані. Напруження σ_r та σ_t розтягуючі в будь-якій точці диска, при чому σ_t завжди більша за σ_r .

Максимальне значення σ_t буде на внутрішній поверхні диска ($r = R_1$). σ_r тут буде дорівнювати нулеві.

Умова міцності буде мати вигляд:

$$\sigma_{t\max} \leq [\sigma] \quad (4.2.35)$$

Радіальне переміщення ΔR буде максимальним на зовнішній поверхні диска та буде дорівнювати:

$$\Delta R = \frac{R}{E} \cdot (\sigma_t - \mu \cdot \sigma_r) \quad (4.2.36)$$

Підставивши в цей вираз σ_r та σ_t отримаємо формулу:

$$\Delta R = \frac{\mu^2 - 1}{8E} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \left[r^3 - \frac{3 + \mu}{1 + \mu} (R^2 + R_1^2) \cdot r - \frac{3 + \mu}{1 - \mu} \cdot R^2 \cdot \frac{R_1^2}{r} \right] \quad (4.2.37)$$

Як вже було сказано вище σ_t буде максимальним на внутрішній поверхні диска ($r = R_1$):

$$\sigma_{t_{\max}} = \frac{3 + \mu}{8} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot (R_1^2 + 2 \cdot R^2 - \frac{1 + 3 \cdot \mu}{3 + \mu} \cdot R_1^2), \quad (4.2.38)$$

де $\mu = 0,3$ - коефіцієнт Пуасона ;

$\omega = 314 \text{ с}^{-1}$ - кутова швидкість диска;

$\rho = 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - густина матеріалу диска;

$R_d = 0,08 \text{ м}$ - внутрішній радіус диска.

Підставляючи ці величини отримаємо:

$$\sigma_{t_{\max}} = \frac{3 + 0,3}{8} \cdot 7850 \cdot (125,6)^2 \cdot \left[(0,225)^2 + 2 \cdot (0,4)^2 - \frac{1 + 3 \cdot 0,3}{3 + 0,3} \cdot (0,225)^2 \right] = 2,7 \text{ МПа}, \quad (4.2.39)$$

Радіальне переміщення ΔR буде максимальним на зовнішній поверхні диска $r = R$

$$\Delta R = \frac{\mu^2 - 1}{8E} \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot \left[R^3 - \frac{3 + \mu}{1 + \mu} (R^2 + R_1^2) \cdot R^2 - \frac{3 + \mu}{1 - \mu} \cdot R_1^2 \right], \quad (4.2.40)$$

де $E = 1,9 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ - модуль пружності матеріалу диска.

$$\Delta R = \frac{(0,3)^2 - 1}{8 \cdot 1,9 \cdot 10^{11}} \cdot 7850 \cdot (314)^2 \cdot \left[(0,16)^3 - \frac{3 + 0,3}{1 + 0,3} (0,16^2 + 0,08^2) \cdot 0,16^2 - \frac{3 + 0,3}{1 - 0,3} \cdot (0,08)^2 \right] = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Матеріал диска – 12Х18Н10Т. При температурі $t = 20^0 \text{ С}$ допустиме напруження $[\sigma] = 126 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{t_{\max}} = 72,7 \text{ МПа} < [\sigma] = 126 \text{ МПа} \text{ - умова міцності виконується.}$$

4.2.6 Розрахунок вала на вібростійкість

Оскільки вал ротора не ступінчатий, тобто $d_1 = d_2 = d$ осьовий момент інерції вала:

$$I = I_1 = I_2 = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \quad (4.2.41)$$

де I_1 та I_2 – осьові моменти інерції прольоту та консолі відповідно ;
 $d = 50$ мм – діаметр вала.

$$I = I_1 = I_2 = \frac{3,14 \cdot (0,05)^4}{64} = 3,06 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4,$$

Коефіцієнт впливу δ_{11} для валу з однією зосередженою масою при $I = I_1 = I_2$ дорівнює:

$$\delta_{11} = \frac{l_1^2 \cdot (L - l_1)^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot L}, \quad (4.2.42)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа - модуль пружності матеріалу вала ;

$L = 1,65$ м - довжина прольоту ;

$l_1 = 0,85$ м - довжина від опори до центра мас ;

$$\delta_{11} = \frac{0,85^2 \cdot (1,3 - 0,85)^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,06 \cdot 10^{-7} \cdot 1,3} = 5,8 \cdot 10^{-7} \text{ м/Н}$$

Критична кутова швидкість ω_k вала дорівнює кутовій швидкості його вільних коливань ω_c . Отже можемо записати:

$$\omega_k = \omega_c = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta_{11}}}, \quad (4.2.43)$$

де $m = 836$ кг - сума мас, що обертаються (приведена маса).

$$\omega_k = \omega_c = \sqrt{\frac{1}{836 \cdot 5,8 \cdot 10^{-7}}} = 45,4 \text{ с}^{-1}$$

Так як $\omega = 314 < \omega_k = \omega_c$ вал називають гнучким, а умова вібростійкості вала буде мати вигляд:

$$\omega > 1,3 \cdot \omega_k = 1,3 \cdot \omega_c \quad (4.2.44)$$

В нашому випадку:

$$\omega = 314 \frac{1}{\text{с}} > 1,3 \cdot \omega_k = 1,3 \cdot \omega_c = 1,3 \cdot 45,4 = 59,02 \text{ с}^{-1} - \text{умова вібростійкості}$$

ВИКОНУЄТЬСЯ.

5. Монтаж, ремонт та експлуатація

5.1. Монтаж

Центрифуга надходить від постачальника або від підприємства на якому вона виготовлена споживачеві у зібраному стані або складальними блоками, що не вимагає розбирання її при монтажі. Умови зберігання центрифуги передбачають зберігання її у споживача в сухому закритому приміщенні при температурі не нижче + 5°C и не вище +30 °C з відносною вологістю від 45 до 80%. Не допускається присутність їдких парів або газів, які викликають корозію. Центрифуга повинна бути захищена від попадання на неї сонячних променів і розташовуватись на відстані не менш 1 м від опалювальних приладів.

У центрифугах цього типу внаслідок деякої різниці в швидкостях обертання шнека і барабана динамічна неврівноваженість останніх періодично складається, у наслідок чого вібрація центрифуги виникає під дією сумарної неврівноваженості ротора і шнека.

Для запобігання можливості появи надмірних вібрацій фундамент під центрифугу повинен бути масивним та міцним. Розмір фундаменту залежить від ваги та габаритів центрифуги.

При монтажі варто керуватися технічним описом і інструкцією з монтажу.

Монтаж центрифуги, оснащеної віброізолюючим пристроєм, проводять у наступному порядку. На підготовлену рівну й гладку бетоновану площадку ставлять пружинні підставки, попередньо стиснуті за допомогою стяжок рівномірним зусиллям. На них установлюють плиту (звичайно в зборі із центрифугою) або постамент, на який потім монтують центрифугу та її складальні блоки. Між плитою (постаментом) і бетонованою підставою ставлять демпфери, які верхнім фланцем кріпляться за допомогою болтів до плити (постаменту), а нижнім - до підстави (забетонованими металевими пластинами).

Пружинні підставки втримуються силою, тертя й не кріпляться ні до підстави, ні до плити (постаменту).

Горизонтальність плити або постаменту забезпечується шляхом переміщення середніх пружинних опор. У кожний демпфер перед його установкою варто залити масло «Індустріальне 45» (ГОСТ 20799-75) або аналогічне по в'язкості в кількості 3,5 л.

Поверхню постаменту перед встановленням центрифуги необхідно промити теплою водою; місця, на яких виявлені масляні плями, ретельно вирубати; нижню поверхню станини центрифуги очистити від бруду й промити теплою водою.

При монтажі центрифуги на постамент її піднімають над рівнем постаменту на висоту не менш 40 мм за допомогою віджимних гвинтів, а також металевих пластин, що входять у монтажний комплект центрифуги, і вивіряють за рівнем (місце монтажу рівня зазначено на монтажному кресленні центрифуги). Відхилення монтажу, що допускається, від горизонтальності дорівнює 0,3 мм на 1 м. Горизонтальність забезпечується переміщенням середніх пружинних опор.

Після зазначеної підготовки основу центрифуги підливають бетонною сумішшю на висоту 100-120 мм. Підлив рідким бетоном рекомендується починати з однієї сторони станини так, щоб переконатися, що бетон проходить під всією поверхнею станини. Підлив повинен вироблятися безупинно.

Після того як бетон стане досить міцним, роблять рівномірне й остаточне затягування фундаментних болтів і монтаж на постаменті привода, його огороження, масло-станції й інших знімних вузлів і деталей, попередньо провівши їх розконсервацію. При монтажі привода центрифуги необхідно забезпечити паралельність по осях і торцевих площинах приводних шківів. Відхилення, що допускається - не більше 1 мм.

Контроль натягу ременів роблять у такий спосіб: розділивши міжосьову відстань між шківками приблизно навпіл, підвішують на верхню гілку ременя вантаж масою 5 кг; при цьому провисання ременя не повинне перевищувати 15-20 мм. Надмірний натяг ременів приводить до швидкого виходу з ладу підшипників привідної муфти або головного вала.

Після монтажу привода центрифуги необхідно залити в його підшипник 6 л масла марки «Індустріальне 45» або 3-4 л масла «Індустріальне 20» і 2-3 кг солідолу.

Потім варто перевірити наявність осьового люфту вала привода (0,2-0,3 мм), що при необхідності має бути відрегульований монтажними прокладками. Монтаж вала без осьового люфту не допускається. Перевіривши співвісність валів підшипника й електродвигуна, при необхідності регулюють її. Для цього необхідно на виступаючі частини валів за допомогою хомутів встановити стійки із дроту діаметром 5-6 мм, довжиною по 600 мм, кінці загострити, прогнути по контуру відцентрової муфти й звести їх з мінімальним зазором. Обертаючи вали на 360° визначають неспіввісність, яку необхідно усунути за допомогою монтажних прокладок, встановлюваних під лапи електродвигуна.

Потім варто відрегулювати температурне реле ТР-200 підшипника привода (при їхній наявності), а також підшипників головного вала. Датчик реле повинен спрацьовувати при температурі + 70°C. Для регулювання в маслобак заливають чисте мінеральне масло - «Індустріальне» або «Турбінне».

При монтажі центрифуги на віброізоляції всі з'єднання трубопроводів і електропроводки повинні бути еластичними. Це досягається встановленням еластичних проміжних елементів (металевих сильфонів, гумових вставок і ін.), що забезпечують повну волю переміщення в межах від 10 до 20 мм. Тому центрифуги комплектують металевими сильфонами або гумовими вставками.

5.2.Ремонт

Центрифугу зупиняють на ремонт відповідно до затвердженого річного графіка оглядів і ремонтів. При зупинці центрифуги необхідно припинити подачу суспензії, виключити двигун, припинити подачу води, виключити електродвигун насоса, очистити ротор, промити. Перед прийманням центрифуги в ремонт на працюючому агрегаті варто виявити нещільності, витоку, нагрівання підшипників, зазори, величину вібрації й т.д.

Устаткування готує до ремонту експлуатаційний персонал під керівництвом начальника зміни. Для відключення устаткування від комунікації може залучатися ремонтний персонал. Дата, номер і місце встановлення кожної заглушки, час її вилучення, а також прізвища робочих, що встановили й зняли її,

реєструються в спеціальному журналі. По способу зберігання весь ремонтний фонд розбивають на чотири групи:

- не вимагає захисту від атмосферних опадів - зберігається на відкритих площадках (труби);
- вимагає захисту від атмосферних опадів - зберігається на відкритих площадках під навісом (ротори в заводській упаковці);
- не чутливий до коливань температури зовнішнього повітря, не вимагає захисту від вогкості - зберігається в неопалюваному складі (захисні пристрої, пристосування);
- вимагає захисту від низьких температур - зберігається в опалювальному складі (прилади електроавтоматики, контрольно-вимірювальні прилади, маслосистема).

Кожний ремонт можна розглядати як сукупність типового ремонту, обсяг і номенклатура робіт якого передбачається технічними умовами, і спеціальних ремонтних робіт. Такий підхід дозволяє виконати підготовку до типового ремонту протягом усього міжремонтного періоду, а в передремонтний період зосередити увагу на підготовці до виконання спеціальних робіт. Для планомірної підготовки до ремонту становлять план-графік із вказівкою строку виконання заходів і конкретних виконавців.

Вихідним документом для визначення обсягу ремонтних робіт і потреби в матеріалах і запасних частинах являється відомість дефектів. Її складають на основі технічних документів попереднього ремонту, переліки запасних частин і замічених відхилень у роботі складальних одиниць і механізмів, а також планів модернізації або реконструкції деталей. На підставі відомості дефектів складають кошторис на ремонт. Відомість дефектів і кошторис на ремонт уточнюють після розкриття й огляду складальних одиниць і механізмів, тобто в процесі ремонту.

На підставі обсягу ремонтних робіт з відомості дефектів складають календарний графік ремонту й план організації робіт. Підготовлене до капітального ремонту устаткування керівник ремонтних робіт приймає від начальника цеху або

від імені, призначеного їм; зі складанням акту не пізніше триденного строку від дня завершення обкатки.

При наявності формуляра на центрифугу замість складання акту роблять відповідний запис у формулярі. Порядок здачі устаткування в ремонт і прийому відремонтованого устаткування повинен відповідати ГОСТ 19504-74.

5.2.1. Організація ремонту

Працездатність центрифуги й відновлення її основних технологічних характеристик досягається застосуванням системи технічного обслуговування й ремонту техніки (ГОСТ 18322-78).

Для правильної організації ремонту устаткування необхідно заздалегідь розробити докладну технологію виконання ремонтних робіт, у якій повинні бути відбиті послідовність ремонтних операцій і способи їхнього проведення, способи відновлення зношених складальних одиниць деталей і значення відхилень, що допускаються, у межах встановлених норм.

Процес ремонту центрифуги, її агрегату або складальних одиниць починають із часткового розбирання й зовнішньої мийки. Потім розбирають центрифуги на агрегати, агрегати - на складальні одиниці, а останні - на деталі, роблять мийку деталей, контроль і сортування деталей на придатні, негідні й потребуючі ремонту.

Зношені деталі ремонтують; замість негідних виготовляють нові або беруть із числа запасних; з відремонтованих, придатних і нових детальний підбирають комплекти. З комплектів деталей збирають складальні одиниці й агрегати, які випробовують і потім фарбують. Центрифугу збирають зі складальних одиниць і агрегатів. Після складання центрифугу випробовують.

Технологічний процес ремонту центрифуги закінчують регульовальними роботами, усуненням дефектів, виявлених під час випробування, і остаточним фарбуванням центрифуги.

Ремонт і відновлення деталей і складальних одиниць рекомендується тільки в тому випадку, якщо ці роботи не подовжують строк простою устаткування в ремонті. Варто передбачати в максимальних обсягах заміну дефектних деталей і складальних одиниць запасними. Відновлення зношених частин повинне

здійснюватися в міжремонтний період. Це вимагає наявності постійного, у необхідних обсягах, запасу швидкозношуваних і змінних деталей і збірних одиниць. Однак витрати на них виправдуються скороченням тривалості простою устаткування в ремонті, і тим більшою мірою, чим вище одинична потужність устаткування.

Номенклатура й обсяг запасних частин визначаються службою головного механіка експлуатуючих підприємств на підставі нормативно-технічної документації підприємства-виготовлювача центрифуг. Правильне визначення номенклатури запасних і змінних частин, а також їхня наявність і постійна готовність до використання скорочують простій устаткування в ремонті й підвищують продуктивність устаткування.

5.3. Експлуатація центрифуги

У період експлуатації центрифуг відбувається зношування деталей, обумовлений механічним стиранням або електрохімічним впливом на них оброблюваного продукту.

При цьому розрізняють природне зношування, викликане нормальною роботою машини, і передчасне зношування, коли в результаті неправильного виготовлення, збирання або експлуатації порушується цілісність деталі або її робочої поверхні.

Природне зношування викликається взаємним тертям двох робочих поверхонь деталей: кульових поверхонь корпуса підвіски ротора і її опори; стиранням гальмової стрічки під час роботи гальма; природним зменшенням товщини стінки ротора дією на неї фугату; зношуванням фільтруючих сит і т.д.

Передчасне зношування елементів машини обумовлене неправильною роботою на ній (пошкодження сит дерев'яними лопатами при ручному розвантаженні барабана або механізованих шкребків; ненормальне завантаження, що викликає сильне биття ротора, при якому він, зачіпаючи нерухливий кожух, пошкоджується).

Причинами передчасного зношування деталей або виходу їх з ладу можуть бути також неправильно проведений ремонт центрифуг і неправильний підбір

матеріалів деталей тертя (припинення змащення опор і підшипників; недостатній ступінь балансування ротора й т.д.).

Для нормальної й тривалої роботи центрифуг необхідно дотримуватися вказівок відповідних інструкцій з монтажу й експлуатації центрифуг.

З механічної точки зору центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду є цілком надійними машинами, але для забезпечення їх нормальної роботи необхідно як при виготовленні, так і при експлуатації дотримувати деякі умови.

Для того щоб максимально продовжити термін експлуатації центрифуги, необхідно піддавати її періодичному огляду і не рідше двох разів на рік розбирати для ретельної перевірки окремих вузлів. Особливу увагу при огляді варто приділяти редуктору підшипникам і виткам шнека.

7. Охорона праці

6.1 Організація охорони праці на підприємствах

Згідно із Законом «Про охорону праці», який був прийнятий 14 жовтня 1992 р, роботодавець зобов'язаний створювати в кожному структурному підрозділі та на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечувати дотримання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці. На сьогодні він діє від 1 січня 2004 року в новій редакції.

Закон України «Про охорону праці» передбачає, що роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці належні умови праці та забезпечити дотримання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці та несе безпосередню відповідальність за порушення вимог з охорони праці на підприємстві.

Для забезпечення цієї мети роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці на підприємстві, а саме:

1. Створює відповідні служби і призначає посадових осіб, що вирішують конкретні питання охорони праці, затверджує посадові інструкції про їхні права та відповідальність за виконання покладених на них функцій;

2. Розробляє за участі профспілок і реалізує комплексні заходи для дотримання встановлених нормативів з охорони праці, впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

3. Забезпечує усунення причин, що викликають нещасні випадки, професійні захворювання, контролює виконання профілактичних заходів, визначених комісіями на основі підсумків розслідування цих причин;

4. Організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам з охорони праці в порядку й у терміни, встановлені законодавством, вживає на основі цих підсумків заходів для усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

5. Розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства і встановлюють правила виконання робіт та поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці, забезпечує безкоштовно працівників нормативними актами з охорони праці;

6. Здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил роботи на машинах, устаткуванні та з іншими засобами виробництва, за використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт з охорони праці;

7. Організовує пропаганду безпечних методів праці.

Роботодавець за власні кошти організовує періодичні медичні огляди працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці. Медичні огляди проводяться при прийомі на роботу (попередній), протягом трудової діяльності (періодичний), при необхідності проведення професійного відбору, а також щорічно- обов'язковий медичний огляд осіб до 21 року.

Служба охорони праці входить до структури підприємства, організації або установи як одна з основних виробничо-технічних служб. Ліквідація цієї служби допускається лише у випадку ліквідації самого підприємства. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю і залежно від кількості працівників може функціонувати як самостійний підрозділ або у вигляді одного співробітника, у тому числі і за сумісництвом. Комплектується служба фахівцями, що мають вищу освіту і стаж роботи за профілем цього виробництва не менше трьох років.

Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю.

6.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на Борщазівському хіміко-фармацевтичному підприємстві

Важливою складовою охорони праці на підприємстві є захист працівників від впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Для досягнення цього завдання державою встановлено низку критеріїв оцінки, які допомагають визначити ступінь небезпечності умов праці на підприємствах, що

використовують працю найманих робітників. Про те, в яких саме нормативних актах затверджено такі критерії та перелік шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища

6.2.1. Класифікація шкідливих виробничих факторів

Всі фактори на будь-якому підприємстві можуть мати різне походження. Часто можна стикатися з несприятливими умовами праці, які виникають з вини керівництва підприємства. Це питання потребує особливої уваги з боку органів, що перевіряють організацію охорони праці на підприємстві. Велика частина небезпечних факторів має природне походження, і людині просто необхідно вжити всі заходи, щоб їх вплив був мінімальним. Всі шкідливі виробничі фактори поділяються на наступні групи:

- Фізичні.
- Хімічні.
- Біологічні.
- Психофізіологічні, до яких можна віднести важкі та напружені умови праці.

Слід відзначити, що практично немає чіткої межі між шкідливими та небезпечними факторами, вона завжди умовна і в будь-який момент може бути зруйнована.

На багатьох фармацевтичних підприємствах неможливо уникнути впливу деяких факторів. Серед них особливе місце займають *фізичні небезпечні* та шкідливі виробничі фактори:

- Температура, висока вологість і випромінювання.
- Електромагнітні поля.
- Лазерне і ультразвукове випромінювання.
- Вібрація.
- Сильний шум.
- Освітлення, яке може бути як занадто інтенсивним, так і недостатнім, що однаково шкідливо для зору.
- Вплив пилу і аерозолів.

- Заряджений повітря.
- Працюючі частини обладнання.

Кожен фактор окремо начебто і не становить особливої небезпеки для здоров'я людини при короткочасному впливі. Але часто працівник перебуває тривалий час у їх оточенні, та ще відразу декількох, тому їх вплив стає цілком відчутним.

До *хімічних небезпечних* і шкідливих виробничих факторів відносять органічні та неорганічні речовини та їхні сполуки. Зокрема, чищення деталей за допомогою хімічних засобів, фарбування устаткування; зварювальні роботи; процеси нанесення захисних антикорозійних покриттів; обробку або переробку металів.

Біологічні фактори – це мікроби, грибки, продукти мікробіологічного синтезу (кормові дріжджі, антибіотики, гормони, засоби захисту рослин) тощо [].

До *психофізіологічних факторів* належать: емоційна напруга (обумовлена, наприклад, надмірним навантаженням на центральну нервову систему, органи чуттів); динамічні й статичні перевантаження; вимушене положення тіла при виконанні різноманітних виробничих операцій; надмірний і тривалий тиск різних предметів на кінцівки та інші частини тіла, перевантаження окремих систем організму; недостатня рухова активність; надмірно швидкий темп роботи.

На підприємствах, де в цехах стоять верстати та інше обладнання, без шуму, як правило, не обходиться. Постійно працює техніка видає гучні звуки, які можуть змінювати свою інтенсивність. Якщо людина змушена регулярно зазнавати такого впливу, то це негативно позначиться на його здоров'ї. Від сильного шуму починає боліти голова, підвищується тиск, знижується гострота слуху. Зрештою, від таких умов знижується працездатність, з'являється втома, знижується увага, а це вже може призвести до нещасного випадку. Керівники на подібних підприємствах повинні подбати про своїх працівників, щоб постаратися хоч трохи зменшити негативний вплив шуму на організм.

При експлуатації центрифуги можливе виникнення таких небезпечних виробничих чинників:

- вібрація;

- шум;
- травмування при попаданні рук в обертаючі частини конвеєра;
- Враження електричним струмом.

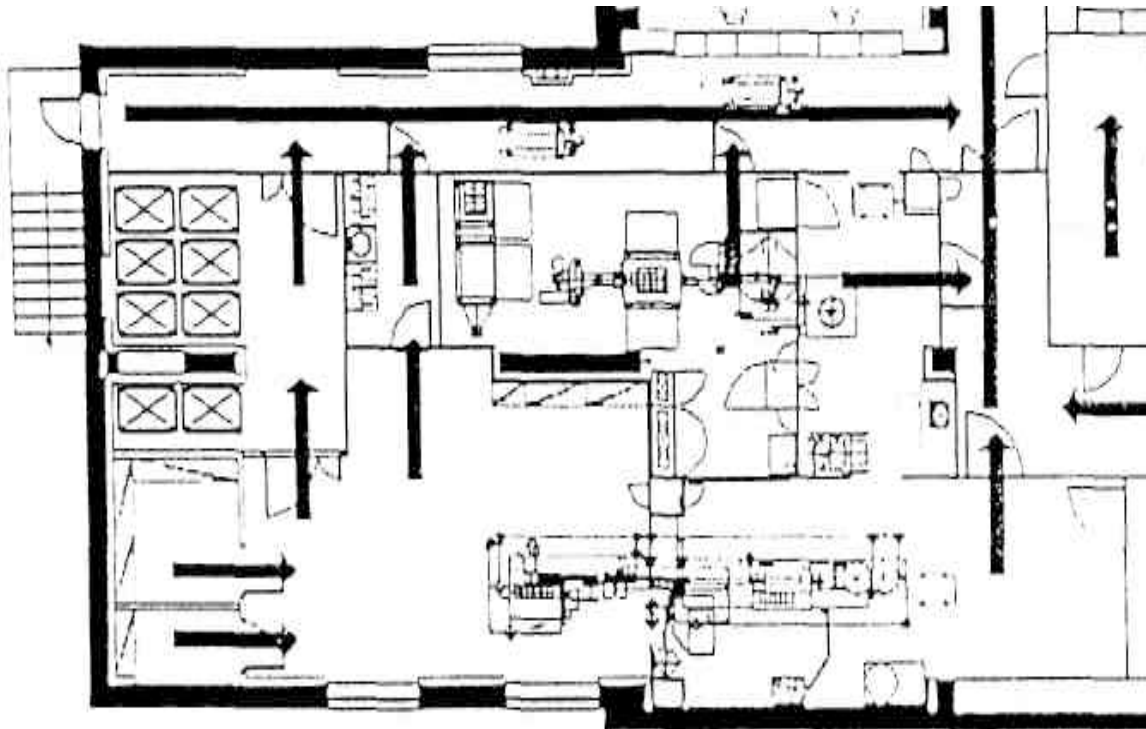


Рис.6.1 Технічна схема розміщення центрифуги.

Розміщення обладнання в виробничих приміщеннях фармацевтичних підприємств здійснюється у відповідності з галузевими нормами проектування, при цьому передбачається дотримання таких умов: послідовність розташування обладнання по технологічній схемі, забезпечення зручності та безпеки обслуговування і ремонту, максимального природного освітлення і надходження свіжого повітря. При розміщенні технологічного обладнання дотримуватися норм ширини проходів: для магістральних – не менш 1,5 м, між обладнанням не менш 1,2 м, між стінами виробничих будівель і обладнанням на менше 1 м, призначених для обслуговування і ремонту обладнання на менш 0,7 м. Для забезпечення зручного монтажу і демонтажу обладнання в міжповерховому перекритті передбачають вікна розмірами, що перевищують габаритні розміри відповідного обладнання на 1 м. Відкриті монтажні вікна в перекриттях огорожують перилами висотою на менше 1 м і суцільною обшивкою по периметру вікна в низу на висоту не менше 0,15 м.

Обслуговування електроустаткування може робити тільки інженер по обслуговуванню встаткування після відключення електроживлення.

Обслуговування пневматичних пристроїв може робити тільки інженер по обслуговуванню встаткування тільки при відключеному стисненому повітрі.

Забороняється:

- експлуатувати несправне встаткування;
- робити чищення встаткування при включеному електроживленні.

Наприкінці кожної технічної операції обов'язково проводити загальні випробування роботи встаткування.

УВАГА: перш ніж включити встаткування, переконаєтесь, що всередині нього немає сторонніх предметів (ключів, викруток та ін.).

Кожну робочу зміну варто робити перевірку електроблокування і органів негайної зупинки устаткування.


Категорично забороняється порушувати регулювання машини або знімати частини устаткування.

Категорично забороняється під час нормальної роботи устаткування знімати або відключати захисні пристрої безпеки, установлені на машині або на допоміжних вузлах.

Необхідно, щоб у розпорядженні користувачів устаткування були такі засоби: захисні рукавички, захисна маска, захисні окуляри, захисне взуття.

Сигнали небезпеки нанесені на поверхню встаткування.

Розташування місць, у яких може виникнути небезпека для оператора:

| Значення | Піктограма | Піктограма | Значення |
|---|---|--|--|
| Небезпечно: прозора поверхня |  |  | Небезпека електростатичних зарядів |
| Небезпека електричних розрядів |  |  | Пристрій у русі: небезпека здавлювання |
| Забороняється вводити руки й предмети |  | | |

Що пропонують і забороняють сигнали нанесені на поверхню встаткування:

У випадку несправності автомата, необхідно зупинити його. Ремонт проводиться тільки після вимкнення автомата, з обов'язковим розміщенням таблички: < НЕ ВМИКАТИ ! РЕМОНТНІ РОБОТИ >.

6.2.2 Вимоги до виробничих приміщень

Технологічні процеси з виготовлення лікарських засобів здійснюються у виробничих приміщеннях.

Виробниче приміщення (ДСТУ 2293-93) — замкнутий простір у спеціально призначених будівлях і спорудах, в якому постійно (по змінах) або періодично (протягом робочого дня) відбувається трудова діяльність людей.

Вимоги до виробничих приміщень фармацевтичних підприємств викладено в МВ 64 У-1-97 "Производство лекарственных средств. Надлежащие правила и контроль качества".

Виробничі приміщення мають відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. Так, об'єм виробничого приміщення на одного працівника має становити не менше 15 м³, а площа — 4,5 м², висота — 3 м.

У приміщеннях класу А передбачено ламінарний повітряний потік зі швидкістю 0,45 м/с, у приміщеннях інших класів — відповідно до розрахунку. Між класифікованими і некласифікованими зонами перепад тиску має становити не менше 15 Па, між зонами нижчих класів — не менше 10 Па.

У тих випадках, коли концентрація забруднюючих речовин у повітрі, що видаляють з виробничих приміщень, перевищує гранично допустимі значення і не відповідає санітарним нормам, його потрібно пропускати через обладнання для очищення. Пристрої для викиду видаленого повітря в атмосферу потрібно розміщувати на висоті не менше 1,5 м над рівнем даху виробничих будівель.

У середині виробничих приміщень має бути створено такий мікроклімат, який би забезпечував відчуття теплового комфорту і сприяв досягненню високого рівня працездатності.

6.2.4 Вимоги до технологічного обладнання

На все технологічне обладнання, яке використовують на фармацевтичних підприємствах, має бути така документація:

- паспорт (оформляє підприємство-виробник);
- сертифікат безпеки (результати експертизи на відповідність певним вимогам безпечності);
- інструкція з експлуатації.

Служба охорони праці підприємства на всі види обладнання та виробничі блоки зобов'язана оформити картки небезпеки відповідно до "Методичних рекомендацій щодо порядку розробки, узгодження, затвердження та впровадження ПЛАС на підприємствах з виробництва лікарських засобів".

У картку заносять таку інформацію:

- найменування обладнання;
- тип обладнання;
- номер позиції обладнання на технологічній схемі регламенту;
- призначення обладнання;
- розпізнавальні ознаки аварії на виробництві;
- сценарій можливої аварії та план її ліквідації.

Обладнання має бути пожежо- і вибухобезпечним. Воно не повинно створювати небезпеки внаслідок впливу вологого повітря, сонячної радіації, механічних коливань, високого та низького тиску, перепадів температури, агресивних речовин і мікроорганізмів.

Під час експлуатації обладнання внаслідок дії небезпечних чинників виникає загроза травматизму. Так, на підприємствах фармацевтичної галузі широко використовують апарати, які працюють за підвищеної температури (сушарки, випарні установки), а також апарати, що мають частини з високою швидкістю обертання (сепаратори, центрифуги) тощо.

Простір, у якому постійно чи періодично діють небезпечні чинники, називають небезпечною зоною. Розміри небезпечних зон можуть бути постійними (навколо стаціонарного обладнання) та змінними (вантажно-розвантажувальні роботи).

Сигналізаційні пристрої призначені для інформування персоналу про режим роботи обладнання та небезпечні й шкідливі виробничі чинники, що можуть з'явитися при цьому. Сигналізація буває оперативною та попереджувальною. За способом сповіщення виділяють такі види сигналізації:

- знакову;
- індикаторну;
- світлову;
- звукову;
- кольорову;
- комбіновану.

Сигналізацію використовують для контролю параметрів технологічного процесу: кількості продукту, показників тиску, температури, вологості середовища, хімічного складу, параметрів шуму, вібрації тощо.

Для попередження про небезпеку застосовують звукові, світлові та кольорові сигнали. Сигнальні пристрої встановлюють так, щоб персонал міг бачити та чути їх.

Нормативами визначено сигнальні та розпізнавальні кольори.

Так, основними сигнальними кольорами є:

- червоний – заборонювальний, попереджає про безпосередню небезпеку;
- жовтий – той, що привертає увагу, попереджає про можливу небезпеку;
- зелений – означає безпеку.

Розпізнавальними кольорами вважають зелений, червоний, синій, жовтий, оранжевий, фіолетовий, коричневий, сірий. Їх наносять на технологічне обладнання, елементи будівельних конструкцій та інші споруди.

Стандартами передбачено систему знаків безпеки з використанням графічних зображень і написів, які вивішують у виробничих приміщеннях і на обладнанні.

Наприклад, "Обережно, отрута!", "Не включати — працюють люди!" та ін.

Для персоналу, що обслуговує апарати, має бути розроблено інструкції з техніки безпеки, які після затвердження головним інженером підприємства вивішуються поблизу апарата на видному місці. Виконання основних вимог інструкцій — обов'язок працівників.

6.2.5 Державний пожежний нагляд за виробництвом

Для введення в експлуатацію нових і реконструйованих об'єктів, впровадження передових технологій, нових машин, механізмів, устаткування та продукції підприємство має отримати дозвіл від органів державного пожежного нагляду в порядку, регламентованому НАПБ Б. 0.7 018-2001 "Порядок видачі органами державного пожежного нагляду дозволу на початок роботи підприємств та оренду приміщень".

Для одержання дозволу до відповідного органу державного пожежного нагляду потрібно подати такі документи:

- заяву;
- матеріали експертизи протипожежного стану підприємства, об'єкта чи приміщення;
- копію договору про оренду (для одержання дозволу на оренду приміщень).

Орган державного пожежного нагляду реєструє ці документи в спеціальному журналі, який ведуть за формою, затвердженою МНС, і протягом п'яти робочих днів приймає рішення про видачу дозволу або про відмову у видачі дозволу за умови виявлення фактів порушення правил пожежної безпеки, що може призвести до виникнення пожежі або перешкод під час її гасіння й евакуації людей. Копію обґрунтованого рішення про відмову у видачі дозволу надсилають заявникові.

Якщо фактів порушення правил пожежної безпеки не виявлено, дозвіл видають без обмеження терміну його дії.

За наявності окремих фактів порушення правил пожежної безпеки в дозволі зазначають термін дії та умови її забезпечення.

Після своєчасного виконання цих умов термін дії дозволу продовжують на підставі заяви власника або орендаря. У разі невиконання зазначених умов орган, який видав дозвіл, або вищий орган державного пожежного нагляду має право його скасувати.

Реалізація основних обов'язків керівників та посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки вимагає наявності належних знань, що базуються на діючому

законодавстві, дотримання якого є обов'язковим і для роботодавців, і для виконавців. Саме на це спрямований закон України “Про пожежну безпеку”, який введений в дію Постановою Верховної Ради від 17.12.1993 року. Відповідно до прийнятого закону розроблений цілий ряд законодавчих актів, що є обов'язковими для всіх громадян, підприємств, установ і організацій.

Особливої уваги серед них, насамперед, заслуговують «Правила пожежної безпеки в Україні», затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України №400 від 22.06.1995 року. Цей нормативний акт з питань пожежної безпеки (НАПБ А.01.001–95) визначає як загальні вимоги з пожежної безпеки, так і зобов'язує всі міністерства погоджувати галузеві правила пожежної безпеки з Головним управлінням Державної пожежної охорони.

Обов'язки власників підприємств та уповноважених ними органів, а також орендарів щодо забезпечення пожежної безпеки встановлюються згідно зі статтею 5 Закону України “Про пожежну безпеку”

Власники підприємств зобов'язані:

- розробляти комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, впроваджувати досягнення науки і техніки та позитивний досвід;
- відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти і затверджувати положення, інструкції та інші нормативні акти, що діють у межах підприємства, здійснювати постійний контроль за їх додержанням;
- забезпечувати дотримання протипожежних вимог, стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- організувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення;
- у разі відсутності в нормативних актах вимог, необхідних для забезпечення пожежної безпеки, вживати відповідних заходів, погоджуючи їх з органами Державного пожежного нагляду;

- утримувати у справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням;
- створювати у разі потреби згідно із встановленим порядком підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу;
- подавати на вимогу Державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, що ними виробляється;
- здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання для цієї мети виробничої автоматики;
- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправності пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території;
- проводити службове розслідування випадків пожеж.

Проведення органами державного пожежного нагляду експертизи протипожежного стану підприємства, об'єкта чи приміщення прирівнюють до планового пожежно-технічного обстеження (перевірки).

Безпека праці під час виконання технологічних процесів

Виробництво лікарських засобів можливе за наявності затверджених технологічного та технічного регламентів.

Технологічний регламент (ст. 3 Закону України "Про лікарські засоби") — це нормативний документ, у якому викладено технологічні методи, технічні засоби, норми та нормативи виготовлення лікарського засобу (продукції).

Технічний регламент — це нормативний документ, у якому для конкретного комплексу технологічного обладнання викладено умови, що забезпечують випуск напівпродуктів або лікарських засобів певної лікарської форми та відповідної якості, умови ефективної та безпечної експлуатації обладнання і вимоги щодо охорони довкілля.

Технологічні та технічні регламенти розробляють згідно з вимогами ГНД 09-001-98 "Продукція медичної та мікробіологічної промисловості. Регламенти

виробництва лікарських засобів. Зміст, порядок розробки, узгодження та затвердження".

Під час виготовлення хімічних субстанцій дозволено користуватися вимогами КНД 6-001-94 Міністерства промислової політики України "Положення про технологічні регламенти для виробництва продукції на підприємствах (в організаціях) хімічного комплексу". Технологічні регламенти поділяють на дві категорії: — технологічні тимчасові регламенти (ТТР) — містять вимоги до виготовлення дослідних партій лікарських засобів для проведення клінічних досліджень у лабораторних і дослідно-промислових умовах. Вони дають право отримати дозвіл на застосування лікарського засобу та затвердити тимчасову фармакопейну статтю. На їх основі реєструють і виготовляють разові та промислові серії лікарських засобів для оптової реалізації невеликих обсягів продукції в торговельній мережі. Термін дії ТТР — 3 роки;

— технологічні промислові регламенти (ТПР) — основний документ для реєстрації лікарського засобу, згідно з яким дозволяють його серійне виробництво. Термін дії ТПР — 5 років.

У технічному регламенті викладено вимоги до:

- підготовки виробничих приміщень і персоналу до роботи;
- створення санітарно-гігієнічних умов виробництва;
- заходів з охорони праці, техніки безпеки, пожежної безпеки, охорони довкілля;
- ефективної експлуатації обладнання.

Загальні вимоги пожежної безпеки:

- кожен працівник повинен знати місце розташування первинних засобів пожежогасіння, знати і вміти користуватися ними, знати шляхи евакуації;
- легкозаймисті речовини та горючі рідини зберігають в спеціально відведених місцях, відповідно до норм;
- легкозаймисті речовини та горючі рідини повинні зберігатися окремо від інших матеріалів і речовин, у спеціальних ємкостях;

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

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

а) основні небезпечні фактори пожежі:

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

б) вторинні прояви небезпечних факторів пожежі:

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

Основні види розміщення й обслуговування вогнегасників повинно відповідати цим вимогам. Для даного обладнання повинні використовувати вогнегасники порошкові (ОП), для електрообладнання - вуглекислотні (ОУ, ОУ-3, ОУ-5). Як пожежогасна речовина використовується безколірний вуглекислий газ без запаху і смаку з температурою – 71⁰С. Основний вплив на горіння – розбавлення суміші горючої пари та газів з повітрям (киснем), додатковий – охолодження (твердий діоксид вуглецю). Також можливо гасити електрообладнання під напругою, а також горючі рідини і тверді речовини. До початку гасіння знеструмити електроустаткування. Дане приміщення відноситься до категорії В. Виробництва, які мають рідини з температурою спалаху вище ніж 61⁰С, горючий пил або волокна з нижньою межею спалаху більше ніж 65г/м³, тверді горючі матеріали, здатні при взаємодії з водою, повітрям або один з одним лише горіти.

Загальними засобами пожежної безпеки при експлуатації автомату є:

- Режим роботи обладнання (температура, тиск, швидкість робочих органів і т.д.) відповідає паспортним даним та технологічному регламенту;

- Своєчасне і якісне змащування підшипників машин і механізмів, температура яких не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більш ніж на 45° С;

- Надійна герметизація рухомих і нерухомих з'єднань;
- Застосування місцевої та центральної аспірації та встановлення аварійної аспірації;

- Запобігання накопиченню зарядів статичної електрики;
- Дотримання правил безпеки при зупинці обладнання на огляд та ремонт;
- Недоступне проведення вогневих робіт при нанесенні антикорозійного покриття із лаків, нітрофарб та інших матеріалів де застосовуються розчинники, які легко займаються;

- Систематичний контроль міри натягу приводних пасів, стрічок конвеєрів та інших транспортуючих машин з метою включення пробуксовки пасів та стрічок, ударів та тертя по захисних кожухах;

- Застосування систем автоматизації, блокування, засобів контролю, попереджувальної та аварійної сигналізації;

- Застосування маркування та спецфарбування технологічних трубопроводів;

Своєчасне проведення профілактичних оглядів та планово-попереджувального ремонту обладнання, виконання вимог професійного добору персоналу, котрий обслуговує технологічна обладнання.

Розрахунок вогнегасника полягає у визначенні критичного тиску; найменшої площі перерізу отвору.

Сопла, швидкості витікання рідини.

Знаходимо величин критичного тиску:

$$p_0 = \left(\frac{2}{n+1} \right)^{\frac{n}{n-1}} * p^1;$$

$p^1 = 13$ ат – початковий тиск;

$n = 1,35$ – показник політропи;

$$P_0 = \left(\frac{2}{1,35+1} \right)^{\frac{1,35}{0,35}} * 13 = 6,98 \text{ ат} \approx 7*10^5 \text{ Па};$$

$$P_1 V_1 = R T_1$$

$$R - \text{газова стала-} R = 2927;$$

$$t = 32 \text{ C} - \text{температура}$$

$$P_1 V_1 = 2927 (273 + 32) = 8927,35$$

$$\text{Тоді } \sqrt{P_1 V_1} = \sqrt{8927,35} = 94,18$$

$$P_0 V_0 = P_1 V_1 \frac{2}{n+1} = 8927,35 * \frac{2}{1,35+1} = 7597,74$$

Швидкість витікання газу через форсунку

$$\omega_0 = \sqrt{g_n P_0 V_0} = 317,05 \text{ м/с};$$

Втрати газу через форсунки площі перерізу f;

$$a = f \omega_0 = \frac{\pi d^2}{4} \omega_0 = \frac{3,14 * 4,1^2 * 10^{-6}}{4} * 317,05 * 3600 = 15,06 \text{ м}^3 / \text{ год.}$$

де d = 4,1 мм – діаметр форсунки.

В цілому можна виділити такі причини поганого стану охорони праці в галузі: використання недосконалого обладнання та застарілих недосконалих технологій; низький рівень трудової дисципліни, обумовлений відсутністю економічних стимулів при проведенні норм і правил охорони праці та застосування економічних санкцій при їх порушенні.

Для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємстві важливо знати основні причини пожеж: необережне поводження з вогнем, незадовільний стан обладнання та порушення його експлуатації, невиконання вимог нормативно-правових документів з питань пожежної безпеки тощо.

Швидка локалізація та ліквідація пожежі залежить від знання порядку дій у разі виникнення пожежі, наявних вогнегасник засобів, уміння працівників ними користуватися.

Техніко-економічне, соціальне та економічне обґрунтування

В останні роки до технологій і процесів мікробіологічних та фармацевтичних виробництв пред'являється ряд нових вимог. У першу чергу ці виробництва повинні бути ресурсо- і енергозберігаючими. Потреба медицини в медпрепаратах, що випускаються, виросла в кілька разів, а особливо в антибіотиках.

Споживачами центрифуг є досить велика кількість виробництв мікробіологічної та фармацевтичної промисловості по виробництву різноманітних продуктів мікробіологічного синтезу. Усі вони зацікавлені в одержанні устаткування, що дозволить збільшити випуск високоякісної дешевої продукції при найменшому використанні робочої сили й матеріалів, затративши при цьому мінімум капіталовкладень, що повинні окупитися в найкоротший термін.

До складу лінії входить центрифуга для освітлення суспензії. Центрифуга проста за конструктивними параметрами, надійна в експлуатації і довговічна, але має ряд істотних недоліків, що утримують ріст ефективності виробництва.

Основними недоліками є :

- невисока продуктивність;
- великі витрати на ремонт;
- неможливість використання більш продуктивних продуцентів антибіотику, через неспроможність центрифуги забезпечити достатній рівень освітлення.

Для виключення основних недоліків попередньої конструкції центрифуги були внесені наступні технічні зміни:

- зміна кута нахилу витків шнека ($\alpha=6,8^\circ$);
- розробка вставки шнека, яка безпосередньо контактує з осадом.

Ці технічні зміни дозволили:

- збільшити продуктивність центрифуги за суспензією від 3,8 м³/год до 4,8 м³/год (26%);
- покращити якість суспензії на 35%;
- підвищити довговічність конструкції центрифуги.

Висновки

В кваліфікаційній роботі на тему «Дослідження процесу фільтрування та удосконалення конструкції центрифуги ОГШ» запропоновано удосконалити конструкцію центрифуги ОГШ.

Виконано порівняльний аналіз конструкцій центрифуг, проведений патентний пошук конструкції з діючими аналогами.

За результатами моделювання процесу поділу суспензій в осадових шнекових центрифугах запропоновано наступні технічні зміни:

- зміна кута нахилу витків шнека ($\alpha=6,8^\circ$);
- розробка вставки шнека, яка безпосередньо контактує з осадом.

Впровадження удосконалення конструкції центрифуги дозволить:

- збільшити продуктивність центрифуги за суспензією від $3,8 \text{ м}^3/\text{год}$ до $4,8 \text{ м}^3/\text{год}$ (26%);
- покращити якість суспензії на 35%;
- підвищити довговічність конструкції центрифуги.

В пояснювальній записці наведені розрахунки, які підтвердили працездатність запропонованої конструкції центрифуги були проведені тепловий, енергетичний та конструктивний розрахунки, розрахунки на міцність а також розрахунок на вібростійкість для шнека центрифуги.

В кваліфікаційній роботі розглянуті питання монтажу, ремонту та експлуатації центрифуги також приділено увагу охороні праці.

Список використаної літератури

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Изд.8-е, пер. и доп. Л., "Химия", 1976.-552с.
2. Соколов В.Н., Яблокова М.А. Аппаратура микробиологической промышленности. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 278 с.
3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия. Ленинградск. отд-ние, 1991. – 351 с.
4. Лацинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник – Ленинград: Машиностроение, 1970. -752 стр.
5. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по курсовому проектированию. – М: Химия, 1983. -496 стр.
6. Доброногов В.Г., Зубрий О.Г., Воронин Л.Г. Алгоритм расчета на виброустойчивость валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению вычислительной техники в курсе "Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств".- К.: КПИ, 1988.-52с.
7. Доброногов В.Г., Зубрий О.Г., Воронин Л.Г. Алгоритм расчета на прочность валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению вычислительной техники в курсе "Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств".- К.: КПИ, 1990.-39с.
8. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - 2-е изд. - М.: Наука, 1972. - 720с.
9. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Москва. Машиностроение. 1978. том 1.
10. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Москва. Машиностроение. 1978. том 2.
11. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Москва. Машиностроение. 1978. том 3.

12. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок: Учеб. Пособие для учащихся техникумов.-3-е изд., перераб. И доп. –М.: Высш. Школа, 1982.
13. Краткий справочник физико-химических величин. Изд. 8-е, перераб./Под ред. Равделя А.А. и Пономаревой А.М. – Ленинград: Химия, 1983.
14. РТМ 26-01-90-76. Аппараты с механическими перемешивающими устройствами. Методы расчета. – 99 стр.
15. ГОСТ 25867-83. Сосуди та апарати. Сосуди и апарати з рубашками. Норми та методи розрахунку на міцність.
16. Коваленко Л.М., Мануалей П.Е., Широбоков И.Ф. Каталог: “Пластинчатые теплообменники”. Цинтихимнефтемаш, 1974. – 59 стр.
17. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Изд. 2-е, испр. и доп. – 392 стр.
18. Доброногов В.Г., Мікульонок І.О. Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень: Навч. посібник.-К.:ІСДО, 1995. -184с.
19. Г.В. Макаров, А.Я. Васин "Охрана труда в химической промышленности", М.: "Химия", 1989 г.
20. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
21. Калунянц К.А., Голгер Л.И., Бала шов В.Е. Оборудование микробиологических производств.- М.: Агропромиздат, 1987.-397с.
22. Беспалов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник.-Л.: Химия, 1985.-528с
23. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. – М., 1976.
24. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., исправл. – М., 2001.