

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ **Сергій БЛАЖЕНКО**
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__»_____2025 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Микола ЯКИМЧУК**
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__»_____2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Удосконалення саморозвантажувального сепаратора для розділення ферментованого молока продуктивністю 4000 л/год

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-2

_____ **Савон Сергій Сергійович**
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Слюсенко Андрій Михайлович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Інститут *ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого*
Кафедра *Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування*
Освітній ступінь *бакалавр*
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(код і назва)
Освітньо-професійна програма *Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв*
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТОКТП
Микола ЯКИМЧУК

“ ” 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Савон Сергій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Удосконалення саморозвантажувального сепаратора для розділення ферментованого молока продуктивністю 4000 л/год*

керівник роботи *Слюсенко Андрій Михайлович, доктор філософії*

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від “10” *квітня* 2025 року № *218-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи _____

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту, опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи обладнання, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу і технічного сервісу, опис системи управління, заходи щодо охорони праці, загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.*

5. Перелік графічного матеріалу

Технологічна схема, загальний вигляд сепаратора, деталі та вузли сепаратора, технологія виготовлення деталі

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	20.04.25	
2	<i>Вступ</i>	22.04.25	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	28.04.25	
4	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування</i>	30.04.25	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	02.05.25	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання</i>	04.05.25	
7	<i>Розрахункова частина</i>	08.05.25	
8	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	10.05.25	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	14.05.25	
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	16.05.25	
11	<i>Опис системи управління</i>	18.05.25	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	20.05.25	
13	<i>Загальні висновки</i>	22.05.25	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	24.05.25	
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	28.05.25	
16	<i>Подання ДП на кафедру</i>	01.06.25	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сергій САВОН
(ім'я та прізвище)

Андрій СЛЮСЕНКО
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Удосконалення саморозвантажувального сепаратора для розділення ферментованого молока продуктивністю 4000 л/год». Суть удосконалення сепаратора полягає у впровадженні системи рециркуляції сироватки, яка дозволить зменшити втрати сирного згустку, що виноситься разом з сироваткою при сепаруванні ферментованого молока.

У пояснювальній записці кваліфікаційної роботи, обсягом ____ сторінок формату А4, міститься аналіз існуючих технічних рішень та обґрунтування запропонованої модернізації, висвітлюються характеристики сировини та готової продукції, описується будова та принцип роботи модернізованого сепаратора, наводяться розрахунки, обґрунтування вибору матеріалів, наведено технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги до монтажу та технічного сервісу сепаратора, опис системи управління, заходи щодо охорони праці при роботі з сепаратором.

Графічна частина кваліфікаційної роботи, загальним обсягом 5 аркушів формату А1, містить технологічну схему виробництва м'яких сирів, загальний вигляд модернізованого саморозвантажувального сепаратора, кресленик барабана сепаратора та його основних деталей, кресленик горизонтального валу в зборі, технологічний процес виготовлення деталі.

Ключові слова: молочна промисловість, сепарування, саморозвантажувальний сепаратор, ферментоване молоко, рециркуляція, сироватка, сирний згусток.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Слюсенко А.М.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Саван С.С.	Назва, додаткова назва Кваліфікаційна робота	210644.KP.16.000.ПЗ				
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/65	

ABSTRACT

Qualification work on the topic "Improvement of a self-unloading separator for separating fermented milk with a capacity of 4000 l/h". The essence of improving the separator is to implement a whey recirculation system, which will reduce the loss of cheese curds, which are removed along with whey during the separation of fermented milk.

The explanatory note of the qualification work, in the amount of ____ pages of A4 format, contains an analysis of existing technical solutions and justification of the proposed modernization, highlights the characteristics of raw materials and finished products, describes the structure and principle of operation of the modernized separator, provides calculations, justification for the choice of materials, provides a technological route for manufacturing the part, requirements for installation and technical service of the separator, a description of the control system, and labor protection measures when working with the separator.

The graphic part of the qualification work, with a total volume of 5 sheets of A1 format, contains a technological scheme for the production of soft cheeses, a general view of the modernized self-unloading separator, a drawing of the separator drum and its main parts, a drawing of the assembled horizontal shaft, and the technological process of manufacturing the part.

Keywords: dairy industry, separation, self-unloading separator, fermented milk, recycling, whey, cheese curd.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	
2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	
5. Розрахункова частина.....	
6. Вибір конструкційних матеріалів.....	
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	
9. Опис системи управління.....	
10.Заходи щодо охорони праці.....	
Висновки.....	
Список використаних літературних джерел.....	
Додатки.....	

ВСТУП

Молочна промисловість відіграє ключову роль у забезпеченні населення життєво важливими продуктами харчування. Вона є однією з провідних галузей харчової промисловості, яка не лише задовольняє щоденні потреби споживачів у молоці та молочних продуктах, а й стимулює розвиток тваринництва, створює робочі місця та сприяє економічному зростанню. В умовах сучасного ринку, де попит на якісні, безпечні та різноманітні молочні продукти постійно зростає, ефективність виробництва стає першочерговим завданням.

Одним із ключових процесів у переробці молока є сепарування. Ця технологічна операція полягає у розділенні продукту на фракції під дією відцентрової сили. Ефективність сепарування безпосередньо впливає на вихід кінцевого продукту, його органолептичні властивості та загальну економічну рентабельність виробництва.

Для реалізації процесу сепарування використовуються спеціалізовані машини – сепаратори. Сучасні молочні підприємства оснащені різними їх типами, проте особливе місце займають саморозвантажувальні сепаратори. Їх головна перевага полягає в автоматичному або напівавтоматичному видаленні осаду (шламу, ущільненого продукту), що накопичується в барабані під час роботи, без необхідності зупинки апарату. Це забезпечує безперервність виробничого процесу, значно підвищує продуктивність та зменшує витрати часу на обслуговування, що є надзвичайно важливим для великих виробництв.

Незважаючи на високий рівень розвитку сучасного обладнання, динамічний розвиток молочної промисловості, а також постійно зростаючі вимоги до якості, енергоефективності та екологічності виробництва, зумовлюють потребу в постійному удосконаленні сепараторів. Це особливо актуально в технології виробництва м'яких сирів, де саморозвантажувальні сепаратори використовуються для сепарування ферментованого молока – його

розділення на сироватку та м'який сир (сирний згусток). При сепаруванні ферментованого молока часто спостерігаються підвищені втрати сирного згустку разом зі знежиреною сироваткою, що призводить до економічних втрат та зниження виходу готової продукції.

Саме тому дана кваліфікаційна робота сфокусована на модернізації саморозвантажувального сепаратора для сепарування ферментованого молока. Пропонується впровадження системи рециркуляції сироватки. Ця система дозволить повертати частину сироватки назад у сепаратор, що призведе до зменшення втрат сирного згустку, який залишається у ній.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Сепаратори в молочній промисловості призначені для розділення молока або інших продуктів молочного виробництва на складові фракції за густиною під дією відцентрової сили.

Залежно від конкретного продукту та технологічного процесу, сепаратори можуть розділяти його на наступні фракції:

- знежирене молоко (жир) – молоко з видаленою більшою частиною молочного жиру;
- шлам (осад забруднень у молоці) – механічні домішки, бактерії та інші небажані частинки, що видаляються з молока для покращення його якості та терміну зберігання;
- молочний жир (вершки) – концентрована жирова фракція молока, що використовується для виробництва вершкового масла, сметани та інших молочних продуктів. Залежно від типу сепаратора, можна отримувати вершки різної жирності;
- білкова фракція у вигляді сирного згустку (м'якого сиру) – у процесі виробництва м'яких сирів сепаратори використовуються для розділення ферментованого молока на білковий згусток і сироватку;
- коагулянт (концентрований білковий згусток) – у деяких технологічних процесах може відбуватися концентрування білкових фракцій перед подальшою обробкою;
- кристали молочного цукру (лактози) – у виробництві лактози сепаратори можуть використовуватися для відділення кристалів лактози від початкового розчину;
- пахта (знежирена молочна сироватка після збивання вершків) – у процесі виробництва вершкового масла сепаратори можуть використовуватися для відокремлення пахти;

- сироватка (рідка фракція, що залишається після згортання молока) – сепаратори можуть використовуватися для очищення сироватки від дрібних частинок сирного зерна або для її подальшої переробки;
- бактеріальні концентрати (закваски) – в виробництві бактеріальних заквасок сепаратори можуть використовуватися для концентрування бактеріальної маси.

В молочній промисловості використовуються тарілкові сепаратори, які забезпечують високу ефективність розділення завдяки великій площі поверхні розділення, утвореній набором конічних тарілок всередині барабана. Залежно від конкретного застосування, існують різні модифікації сепараторів: сепаратори-вершковідділювачі, сепаратори для концентрування вершків, сепаратори-очищувачі молока, сепаратори-нормалізатори, бактофуги, сепаратори для відділення творогу та ін.

Розглянемо конструкцію та принцип дії типового сепаратора. Сепаратор А1-ОЦМ-5 (рис. 1.1.) складається зі станини з приводним механізмом, приймально-вивідного пристрою, кришки з приймачем осаду (ущільненого матеріалу), тахометра, пульта керування, гідросистеми. Обертання від електродвигуна передається барабану через приводний механізм, що включає розгінну фрикційну муфту, горизонтальний та вертикальний вали. Горизонтальний вал обертається в шарикопідшипникових опорах, встановлених в отворах станини. Від цього вала обертання передається вертикальному валу (веретену) за допомогою гвинтової пари.

Вертикальний вал обертається в радіально-сферичному та здвоєному радіально-упорному підшипниках. Горлова (верхня) опора пружна, що дозволяє барабану під час розгону та зупинки плавно переходити критичну частоту обертання і зберігати стійкий спокійний хід під час роботи сепаратора. Пружність досягається тим, що обойма з підшипником і валом укладена між шістьма радіально розташованими пружинами.

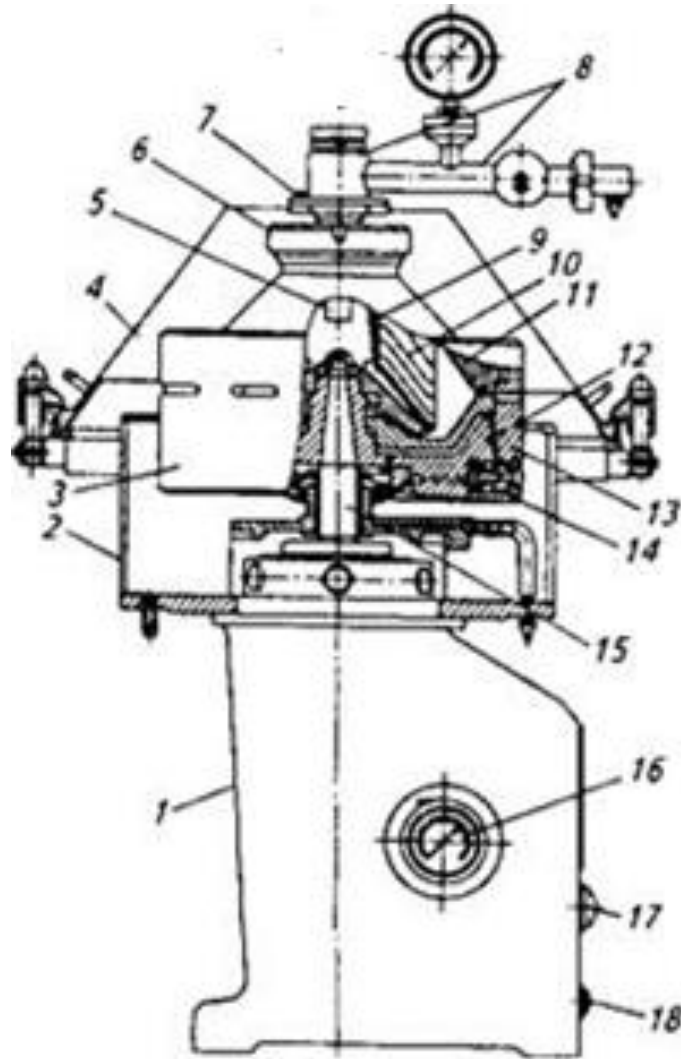


Рис. 1.1. Сепаратор А1-ОЦМ-5:

1 – станина; 2 – приймач осаду; 3 – барабан; 4 – кришка; 5 – живильна трубка; 6 – зтяжне кільце; 7 – болт; 8 – приймально-відвідний пристрій;
9 – тарілотримач; 10 – пакет тарілок; 11 – кришка барабана; 12 – запірний поршень; 13 – основа; 14 – клапанний пристрій; 15 – вертикальний вал; 16 – тахометр; 17 – маслопоказник; 18 – пробка

Вертикальне навантаження від барабана та вала сприймається пружиною стакана під'ятника. У цьому ж стакані встановлено здвоєний радіально-упорний підшипник. Для регулювання положення барабана по висоті передбачена регульовальна шайба. У стакані є отвір, що збігається з отвором у нижньому гнізді станини. Ці отвори дозволяють маслу циркулювати

під час роботи сепаратора. Нижня частина станини закрита кришкою з прокладкою. У кришці є пробка, що служить для зливу масла з нижньої опори. Для зливу масла з картера станини передбачено отвір, що закривається пробкою. Рівень масла визначають за масловказівником.

Основний робочий орган сепаратора – барабан, який закріплений на вертикальному валу. Він складається з основи, тарілотримача з пакетом тарілок, кришки, зтяжних кілець і запірного поршня. Для прискорення зупинки барабана сепаратора після вимкнення електродвигуна передбачено гальмо.

Принцип дії сепаратора полягає в наступному. Після досягнення барабаном необхідної частоти обертання відкривають кран на лінії підведення води до гідросистеми, і вода через фільтр надходить у гідросистему. Потім відкривають вентиль, і вода через гідровузол сепаратора потрапляє в барабан. Після заповнення водою простору під поршнем він піднімається вгору та перекриває розвантажувальні щілини в основі барабана. Вентиль ставлять у положення «Підживлення», після цього вихідний продукт з молокопроводу через тарілотримач потрапляє в барабан і заповнює міжтарілковий простір. Під дією відцентрової сили важка фракція переміщується до периферії барабана та осідає у шламовому просторі. Очищене молоко по зовнішніх каналах тарілотримача піднімається вгору і через отвір у кришці барабана надходить у напірну камеру, з якої виводиться напірним диском у виробничі трубопроводи.

Шламовий простір періодично частково або повністю очищається (розвантажується) під час роботи. Часткове вивантаження застосовують при автоматичному режимі роботи, в цьому випадку видаляється лише осад, а молоко залишається в барабані. Автоматичне розвантаження осаду керується електромагнітними вентилями за допомогою реле часу, розміщених у щиті керування. Електромагнітне реле регламентує тривалість відкриття електромагнітного вентиля, що подає воду через гідровузол у барабан

сепаратора. Програмне реле часу забезпечує відкриття електромагнітного вентиля та подачу води для автоматичної мийки приймача осаду.

Якщо система автоматичного вивантаження осаду виходить з ладу, можна використовувати ручне керування. Для цього відкривають кран, і вода потрапляє до гідровузла, після чого його знову ставлять на підживлення. В цей час барабан частково розвантажується.

На рис. 1.2. зображено сепаратор Ж5-ОХ2-С. Він являє собою напівзакритий сепаратор з відцентровим автоматичним періодичним вивантаженням осаду та безперервним виведенням очищеної сироватки та жиру. Сепаратор складається зі станини з приводним механізмом, барабана, приймально-вивідного пристрою з манометром, тахометра, гідросистеми та електропульту. У барабані сепаратора на тарілотримачі встановлений комбінований пакет тарілок. У верхній частині відбувається розділення продукту на молочний жир та сироватку, в нижній — сироватка очищається від казеїнових часток. Між верхньою та нижньою частинами пакета встановлена тарілка з широкою відбортковою.

Сироватка, що надходить в барабан по центральній трубці, спрямовується в нижню частину пакета тарілок. Піднімаючись по міжтарілкових каналах, вона очищається від казеїнових часток та надходить у канал, утворений отворами в тарілках верхньої частини пакета. У цій зоні відбувається відділення молочного жиру. Освітлена сироватка та молочний жир виводяться через напірні пристрої в трубопроводи, а казеїнові частинки осідають на периферії барабана та періодично видаляються через розвантажувальні отвори в приймач.

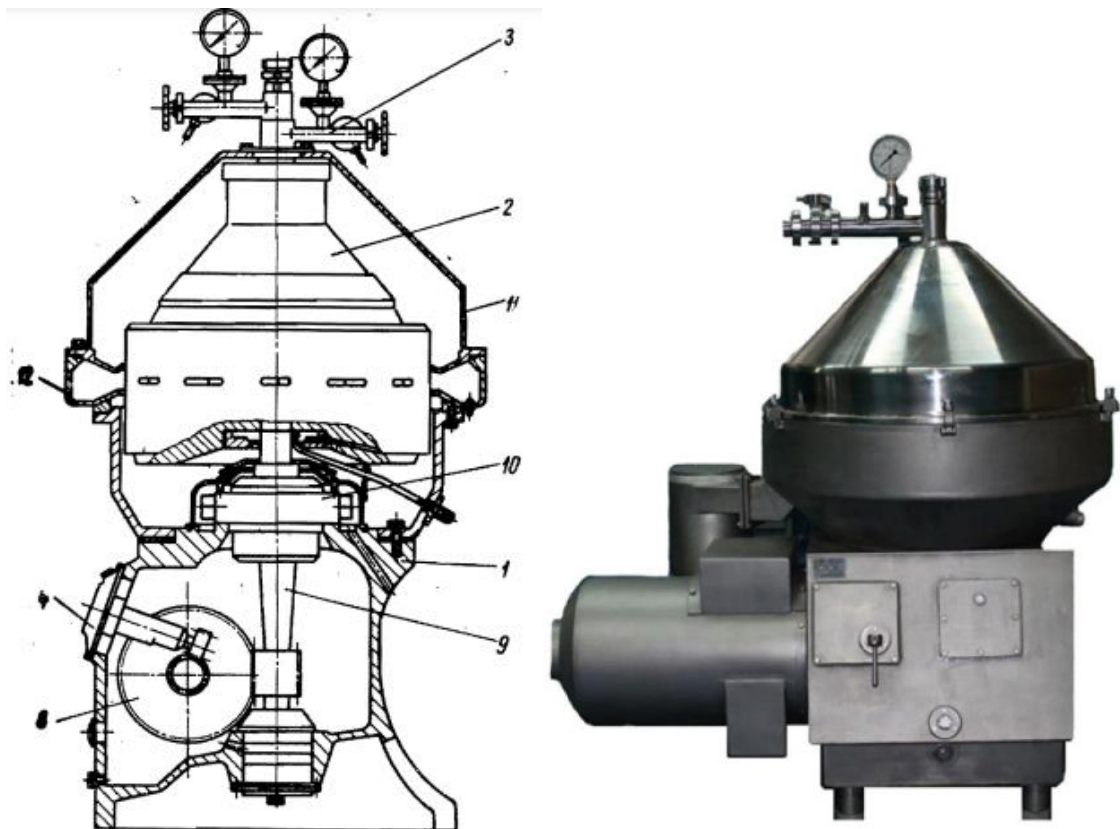


Рис. 1.2. Сепаратор Ж5-ОХ2-С:

1 – станина; 2 – барабан; 3 – приймально-відвідний пристрій; 4 – тахометр;
8 – привід; 9 – вертикальний вал; 10 – підшипникова опора; 11 – кришка

Таблиця 1.1. Технічні характеристики сепаратора Ж5-ОХ2-С

Продуктивність по вхідному продукту, л/год	10000
Частота обертання барабана, об/хв	5000
Номінальна потужність, кВт	15
Габаритні розміри, мм	
довжина	1350
ширина	950
висота	1890
Маса, кг	1390

Сепаратор Ж5-ОТР (рис. 1.3) призначений для безперервного розділення ферментованого (сквашеного) молока на м'який сир та сироватку. За конструкцією цей сепаратор відкритого типу з відцентровим вивантаженням ущільненого продукту.

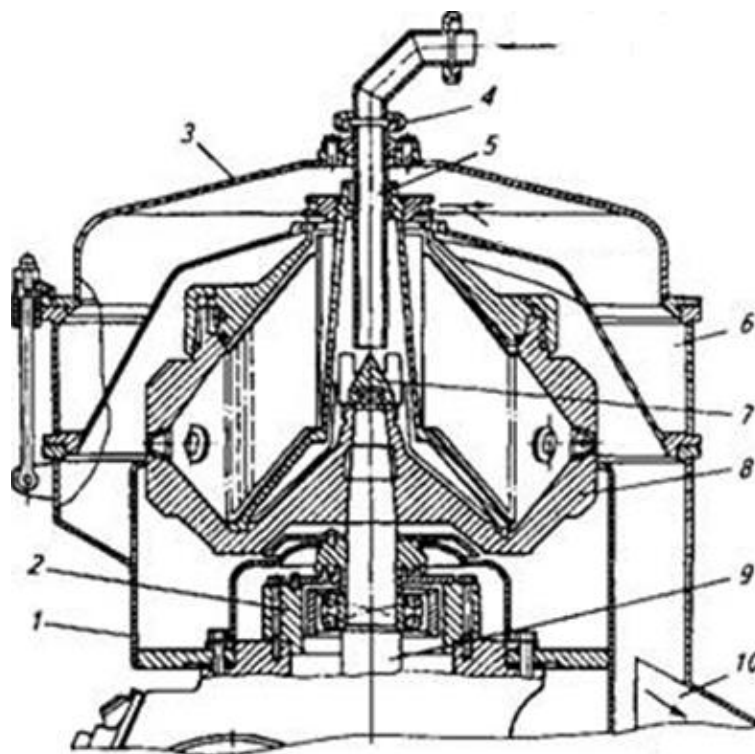


Рис. 1.3. Сепаратор Ж5-ОТР:

1 – чаша станини; 2 – горлова опора; 3 – кришка; 4 – гайка; 5 – центральна трубка; 6 – приймач сироватки; 7 – гайка; 8 – барабан; 9 – вертикальний вал; 10 – лоток для відведення сиру

Принцип роботи сепаратора полягає в наступному. Ферментоване молоко подається в сепаратор насосом через фільтр. Далі по центральній трубці молоко потрапляє в тарілотримач, звідки по внутрішніх каналах між ребрами тарілотримача надходить через отвори в ньому у вертикальні канали. Розподіляючись тонким шаром між тарілками, продукт піддається дії відцентрової сили та розділяється на дві фракції: сир (сирний згусток) та сироватку. Сир як більш важка фракція рухається до периферії барабана, звідки безперервно виводиться через сопла барабана в приймач сиру.

Більш легка фракція - молочна сироватка - відтісняється від осі обертання барабана та піднімається вгору по зовнішніх каналах у тарілотримачі і через отвір у кришці барабана виводиться в приймач сироватки.

У стінці барабана сепаратора є 12 отворів, в яких знаходяться тримачі з соплами. Змінюючи діаметр та кількість сопел, можна регулювати вологість сиру.

Сепаратор Я9-ОДТ (рис. 1.4) призначений для розділення ферментованого молока на сироватку та сир. За конструкцією цей сепаратор подібний до сепаратора ОТР.



Рис. 1.4 Сепаратор Я9-ОДТ

Таблиця 1.2. Технічні характеристики сепаратора Я9-ОДТ

Продуктивність по вхідному продукту, л/год	3000-6000
Частота обертання барабана, об/хв	6000
Номінальна потужність, кВт	15
Габаритні розміри, мм	
довжина	1275
ширина	1040
висота	1470
Маса, кг	1140

Сепаратор ОКНП-5 (рис. 1.5) призначений для безперервного розділення ферментованого молока на сир та сироватку. Сепаратор складається зі станини з приводним механізмом, барабана, приймача сиру,

кришки сепаратора, приймально-відвідного пристрою та пульта керування. У комплект додається система фільтрів для вловлювання великих частинок ферментованого молока. Основним робочим органом сепаратора є барабан, в якому під дією відцентрової сили відбувається розділення ферментованого молока на сир та сироватку. Молоко подається до барабана через центральну трубу. Сироватка напірним диском під тиском виводиться в комунікації. Сир з барабана через сопла безперервно виводиться в приймач сиру.



Рис. 1.5. Сепаратор ОКНП-5

Таблиця 1.3. Технічні характеристики сепаратора Я9-ОТД

Продуктивність по вхідному продукту, л/год при 8 соплах	5000-5500
при 6 соплах	3500-4000
Частота обертання барабана, об/хв	6000
Номінальна потужність, кВт	11
Габаритні розміри, мм	
довжина	1050
ширина	1015
висота	1140
Маса, кг	810

Сепаратор Ж5-ОДТ-1 (рис. 1.6) призначений для зневоднення сирного згустку та очищення молока від механічних домішок. Тип сепаратора - роздільник тарілчастий, комбінований, має можливість працювати як сепаратор з безперервним вивантаженням осаду або з періодичним відцентровим вивантаженням осаду.



Рис. 1.6. Сепаратор Ж5-ОДТ-1

Таблиця 1.4. Технічні характеристики сепаратора Ж5-ОДТ-1

Продуктивність, л/год по сиру	200-300
по очищенню молока	750-1000
Частота обертання барабана, об/хв	8000
Номінальна потужність, кВт	15
Габаритні розміри, мм	
довжина	680
ширина	670
висоту	940
Маса, кг	1320

Сепаратор GEA Westfalia KNA 3-06-076 (рис. 1.7) призначений для безперервного виробництва свіжого сиру (творогу). Основне застосування - розділення ферментованого знежиреного молока на свіжий сир (кисломолочний згусток) та сироватку.

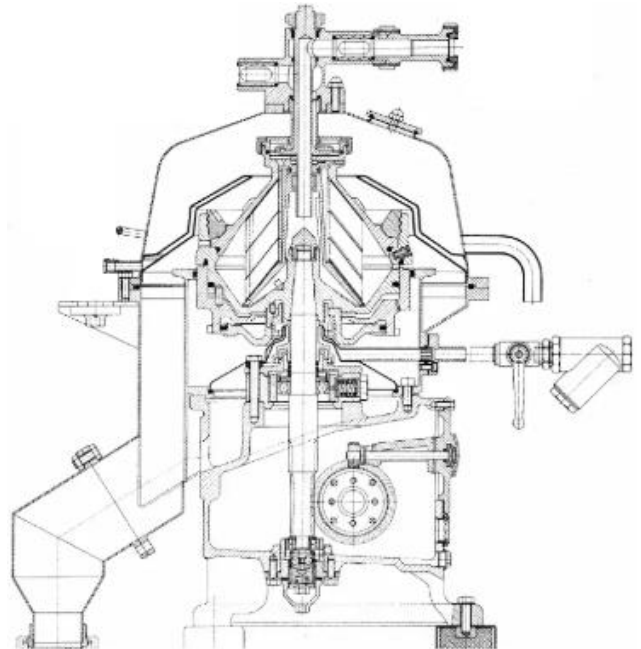


Рис. 1.7. Сепаратор GEA Westfalia KNA 3-06-076

Таблиця 1.5. Технічні характеристики сепаратора KNA 3-06-076

Продуктивність по вхідному продукту, л/год при діаметрі сопла 0,4 мм	900
Частота обертання барабана, об/хв	8520
Номінальна потужність, кВт	4
Габаритні розміри, мм	
довжина	1110
ширина	700
висоту	1000
Маса, кг	1700

Сепаратор GEA Westfalia KDB 30-02-076 (рис. 1.8) використовується для безперервного виробництва свіжих сирів. Сепаратор забезпечує безперервне виведення концентрованого сирного згустку через сопла.



Рис. 1.8. Сепаратор GEA Westfalia KDB 30-02-076

Таблиця 1.6. Технічні характеристики сепаратора KNA 3-06-076

Продуктивність по вихідному продукту, кг/год	1200-2000
Частота обертання барабана, об/хв	5500
Номінальна потужність, кВт	30
Габаритні розміри, мм	
довжина	1680
ширина	1200
висота	1580
Маса, кг	1770

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Саморозвантажувальні сепаратори при сепаруванні ферментованого молока, особливо з високим вмістом твердих частинок (сирного згустку), стикаються з проблемою втрат цінного сирного згустку, який виноситься разом зі знежиреною сироваткою. Це призводить до зниження виходу готової продукції (наприклад, кисломолочного сиру), збільшення відходів та, як наслідок, до економічних втрат.

Модернізація передбачає інтеграцію в існуючий саморозвантажувальний сепаратор системи рециркуляції сироватки. Ця система включатиме систему трубопроводів для направлення сироватки назад до вхідного патрубку сепаратора, систему контролю та регулювання для налаштування об'єму рециркулюючої сироватки (клапан, кран).

Частина знежиреної сироватки, що вже пройшла первинне сепарування і містить менший відсоток твердих частинок сирного згустку, буде подаватися назад у потік ферментованого молока перед його надходженням у сепаратор. Це приведе до зменшення втрат сирного згустку - повернення цінного білка, що міститься в сироватці, назад у виробничий процес.

Порівняно з базовим варіантом без системи рециркуляції, модернізований сепаратор забезпечить:

- більш високий вихід основної продукції за рахунок зменшення втрат;
- кращу якість знежиреної сироватки.

З економічної точки зору зменшення втрат сирного згустку безпосередньо призведе до збільшення обсягу виробництва кінцевих продуктів. Навіть незначне збільшення виходу (наприклад, на 0,5...2%) у масштабах великого підприємства призведе до значного зростання прибутку. Зменшення втрат означає ефективніше використання вхідної сировини, що знижує загальні витрати на закупівлю молока. Якщо сироватка з втраченим

згустком є відходом, зменшення вмісту в ній твердих частинок може спростити її подальшу обробку або утилізацію, знижуючи відповідні витрати.

З соціальної точки зору зменшення втрат сирного згустку може вплинути на якість основної продукції, роблячи її більш однорідною, а також на якість сироватки як побічного продукту (якщо вона використовується далі). Зростання ефективності дозволяє підприємству виробляти більше продукції з тієї ж кількості сировини, що сприяє задоволенню зростаючого попиту населення на молочні продукти.

Також варто відмітити екологічні аспекти. Зменшення втрат сирного згустку у сироватці може привести до:

- зменшення органічного навантаження на стічні води - менше органічних речовин у скидній сироватці спрощує її очищення та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище;
- ефективнішого використання ресурсів - більш повна переробка сировини відповідає принципам сталого розвитку виробництва.

Отже, модернізація саморозвантажувального сепаратора шляхом впровадження системи рециркуляції сироватки є технічно обґрунтованим, економічно вигідним та соціально значущим проектом.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

На рис. 3.1 представлено технологічну схему лінії виробництва м'яких сирів.

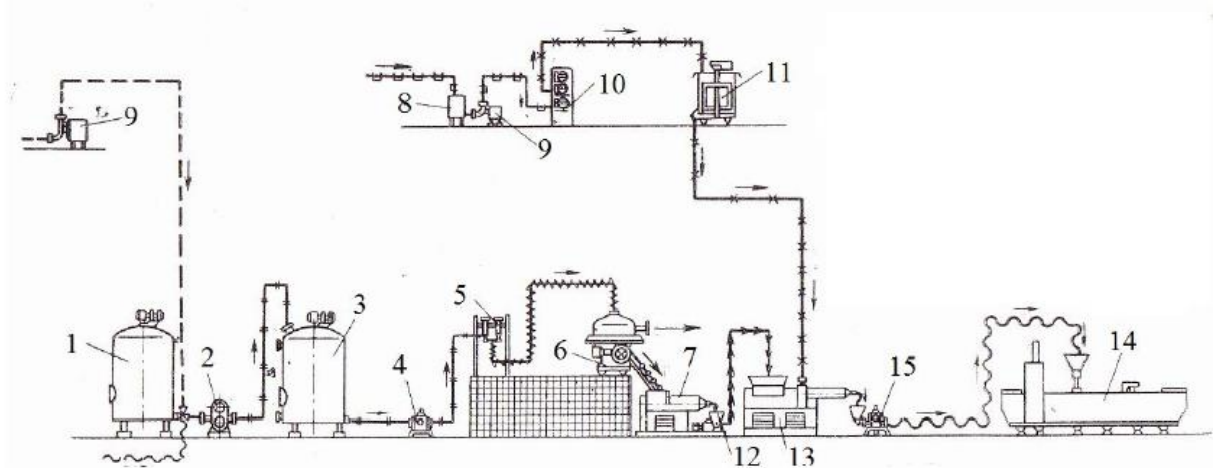


Рис. 3.1. Технологічна схема лінії виробництва м'яких сирів:

1 – танк для ферментації молока; 2 – насос для ферментованого молока;
3 – проміжний танк; 4 – ротаційний насос для подачі ферментованого молока в сепаратор; 5 – фільтр; 6 – сепаратор; 7 – охолоджувач сиру; 8 – бак для вершків; 9 – насос для вершків і закваски; 10 – охолоджувач вершків;
11 – ванна для вершків; 12 – насос для сиру; 13 – змішувач з дозаторами для сиру і вершків; 14 – автомат для розфасовки сиру; 15 – насос для сиру

У технологічній схемі виробництва сиру, представлений на рис. 3.1, знежирене молоко надходить у танк 1, обладнаний мішалкою для перемішування утвореного згустку. До цього ж резервуара за допомогою насоса 9 дозується бактеріальна закваска (в об'ємі 1...5%), приготована на основі чистих культур молочнокислих стрептококів. Також додається 30...40% розчин хлористого кальцію та 1% розчин сичужного ферменту або пепсину. Після внесення всіх інгредієнтів суміш ретельно перемішується протягом 10-15 хвилин для їх рівномірного розподілу. Процес ферментації молока завершується при досягненні рН сироватки не вище ніж 4,5...4,6, що

відповідає титрованій кислотності сироватки не менше 60°Т та титрованій кислотності згустку не менше 92°Т.

Після досягнення необхідної кислотності, утворений сирний згусток у резервуарі акуратно переміщується протягом 10 хвилин, а потім перекачується в проміжну ємність 3, яка виконує функцію буферного танка. У цю ємність послідовно надходить згусток з усіх резервуарів для ферментації знежиреного молока, що входять до складу лінії. У проміжній ємності 3 згусток також підтримується в русі за допомогою мішалки. Звідти насосом 4 згусток спочатку направляється на сітчастий фільтр 5 для попереднього відокремлення грубих частинок, а потім надходить у сепаратор 6, де відбувається сепарування ферментованого молока – відділення сироватки від знежиреного сирного згустку. Сироватка після сепаратора відводиться по трубопроводу в окремий резервуар, а знежирений м'який сир потрапляє в охолоджувач 7. Далі насосом 12 охолоджений знежирений сир переміщується в змішувач 13, обладнаний дозаторами для внесення інших компонентів. Вершки, призначені для додавання до знежиреного сиру, попередньо пастеризуються та зберігаються в баку 8, звідки насосом 9 подаються в охолоджувач 10. Охолоджені вершки з ванни 11 також надходять у змішувач 13 за допомогою дозуючих пристроїв. Зі змішувача 13 готова сирна маса насосом 15 подається в автоматичну лінію для фасування 14.

Основою технологічного процесу виробництва м'яких сирів є ферментоване молоко. Цей продукт отримують шляхом контрольованого сквашування попередньо пастеризованого та нормалізованого (за вмістом жиру) коров'ячого молока. Процес ферментації здійснюється за допомогою спеціально підібраних заквашувальних культур, що містять молочнокислі бактерії (наприклад, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei* та інші).

В процесі сквашування молочнокислі бактерії активно метаболізують лактозу (молочний цукор) з утворенням молочної кислоти. Накопичення

молочної кислоти призводить до зниження рН молока, що спричиняє дестабілізацію колоїдної системи казеїнових міцел та їх коагуляцію з утворенням щільного білкового згустку.

Ферментоване молоко характеризується такими основними параметрами:

- підвищена кислотність (рН) - начення рН значно нижче, ніж у свіжого молока, зазвичай в межах 4,5-4,8, що зумовлює кислий смак та впливає на структуру білкового згустку;
- наявність молочної кислоти - молочна кислота є основним продуктом метаболізму заквашувальних культур і відіграє важливу роль у формуванні смаку та консистенції майбутнього сиру;
- змінена структура білкового згустку - казеїнові міцели агрегують, утворюючи тривимірну сітку, яка утримує рідку фазу (сироватку). Консистенція ферментованого молока стає густою та однорідною;
- вміст сухих речовин та жиру: Залежить від складу вихідного молока та процесу його нормалізації. Ці параметри безпосередньо впливають на вихід та якість готового сиру.

М'який сир, отриманий після сепарування ферментованого молока, характеризується:

- високим вмістом білка - основною складовою є молочні білки, що визначають структуру та харчову цінність майбутнього сиру;
- вмістом вологи - частина вологи залишається зв'язаною в структурі білкового згустку. Кількість вологи впливає на консистенцію м'якого сиру;
- наявністю молочної кислоти - залишковий вміст молочної кислоти продовжує впливати на смакові характеристики;
- низьким вмістом лактози - більша частина лактози залишається в сироватці.

Таблиця 3.1. Склад та енергетична цінність м'яких сирів (на 100 г продукту)

Компонент / показник	Орієнтовне значення (середнє)	Примітки
Енергетична цінність	150 - 350 ккал (630 - 1460 кДж)	Залежить від жирності сиру. Наприклад, нежирний сир може мати ~150 ккал, а жирний маскарпоне - понад 400 ккал.
Білки	15 - 27 г	Легкозасвоювані, повноцінні, містять усі незамінні амінокислоти (метіонін, лізин, триптофан та ін.).
Жири	10 - 30 г	Включають насичені та ненасичені жирні кислоти.
Вуглеводи	0.5 - 4 г	Переважно лактоза (молочний цукор), яка в процесі бродіння значною мірою перетворюється.
Вода	50 - 70 г	Високий вміст води є характерною рисою м'яких сирів, забезпечуючи їх ніжну консистенцію.
Кальцій (Ca)	100 - 300 мг	Важливий для здоров'я кісток, зубів, м'язів та нервової системи.
Фосфор (P)	100 - 250 мг	Необхідний для формування кісток, енергетичного обміну та інших біохімічних процесів.
Вітамін А (ретинол)	50 - 200 мкг (РЕ)	Важливий для зору, імунітету та здоров'я шкіри.
Вітамін В2 (рибофлавін)	0.2 - 0.4 мг	Бере участь в енергетичному обміні, метаболізмі білків, жирів та вуглеводів.
Вітамін В12 (кобаламін)	0.5 - 1.5 мкг	Важливий для кровотворення, функціонування нервової системи та метаболізму.
Натрій (Na)	300 - 700 мг	Впливає на водно-сольовий баланс.
Холестерин	30 - 100 мг	Присутній у тваринних жирах.

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

При сепаруванні ферментованого молока деяка частина сирного згустку відводиться разом із сироваткою. З метою зменшення втрат сирного згустку пропонується виконати систему рециркуляції сироватки.

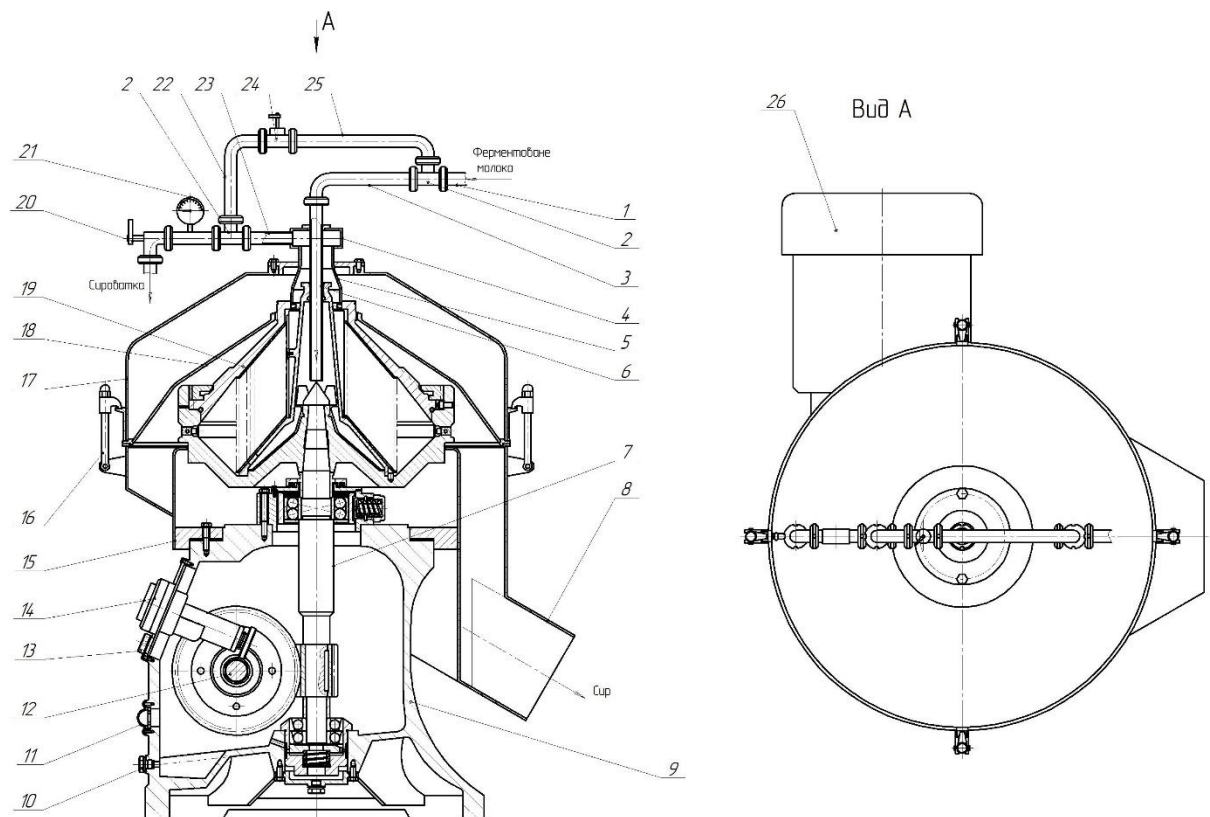


Рис. 4.1. Модернізований саморозвантажувальний сепаратор:

- 1 – труба; 2 – трійник; 3 – труба; 4 – корпус; 5 – патрубок; 6 – живильна труба; 7 – вертикальний вал; 8 – лоток; 9 – станина; 10 – пробка; 11 – оглядове вікно; 12 – горизонтальний вал; 13 – пробка; 14 – тахометр; 15 – чаша; 16 – зажим; 17 – кришка; 18 – кришка; 19 – барабан; 20 – редукційний клапан; 21 – манометр; 22 – труба; 23 – труба; 24 – кран; 25 – труба; 26 – електродвигун

Сепаратор має станину 9, до якої приєднаний електродвигун 26. Всередині неї розміщений приводний механізм з гальмом. Приводний механізм складається з горизонтального 12 та вертикального 7 валів і тахометра 14. Горизонтальний вал передає крутний момент від електродвигуна через муфту і гвинтову передачу на вертикальний вал.

Вертикальний вал має дві підшипникові опори - верхню та нижню. Верхня опора має підшипник, який встановлений в обоймі. Ця обойма ув'язнена між шістьма радіально встановленими пружинами, які знаходяться в направляючих втулках. Пружини з іншої сторони закриті різьбовими втулками. Такий пристрій забезпечує пружність верхньої опори, що дозволяє барабану разом з вертикальним валом плавно переходити критичну частоту обертання і зберегти стійкий хід при робочій частоті обертання. Нижня опора має здвоєний підшипник, який надітий на кінець вертикального валу та встановлений у стакані.

У чаші 15 станини 9 на вертикальному валу 7 гайкою закріплений барабан 19. В ньому відбувається розділення ферментованого молока на сироватку та сирний згусток. В середині барабана встановлений тарілкотримач, на який надіті тарілки. Тарілкотримач та тарілки в нижній частині мають отвори. Зверху тарілки накриті кришкою, яка встановлена в основі барабану та прикріплена до неї затяжним кільцем. У верхній частині кришки розміщено випускне кільце, через яке з барабана видаляється сироватка. Барабан накритий кришкою 18.

Сепаратор має систему рециркуляції сироватки, яка складається з труб 22 та 25, під'єднаних до труби 23 через трійник 2. Труба 25 через трійник 2 під'єднана до труби 1, через яку в сепаратор подається ферментоване молоко. На трубі відведення сироватки змонтований манометр 21 та редукційний клапан 20.

На периферії основи барабана є чотири радіально розташовані отвори, у які встановлені корпуси з соплами, різьбові обойми та ущільнення. Вісі сопел

мають кут нахилу 20° до дотичної кола і направлені назад проти напрямку обертання барабана. М'який сир видаляється з барабана через сопла в лоток 8, до якого зажимами 16 приєднана кришка 17.

Сепаратор працює наступним чином. Після розгону барабана в нього по трубах 1 і 3 та живильній трубі 6 подають ферментоване молоко. Молоко проходить через отвори в тарілотримачі та тарілках і під дією відцентрової сили розділяється на сироватку та сир. Сир безперервно видаляється з барабана через сопла у лоток 8, із якого відводиться з сепаратора.

Сироватка видаляється з барабана через випускне кільце. Через патрубок 5 в корпусі 4 вона потрапляє в трубу 23. Частина сироватки через систему рециркуляції подається повторно в барабан через трубу 3 та живильну трубу 6. Редукційний клапан 20 забезпечує створення постійної витрати сироватки на виході, краном 24 встановлюється необхідна витрата сироватки в системі рециркуляції. Тиск в системі контролюється манометром 21.

Завдяки рециркуляції сироватки забезпечується зменшення втрат сирного згустку. При зміні тиску в системі, що досягається регулюванням витрати сироватки, можна регулювати вологість м'якого сиру без зупинки сепаратора.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Кінематичний та силовий розрахунок привода сепаратора.

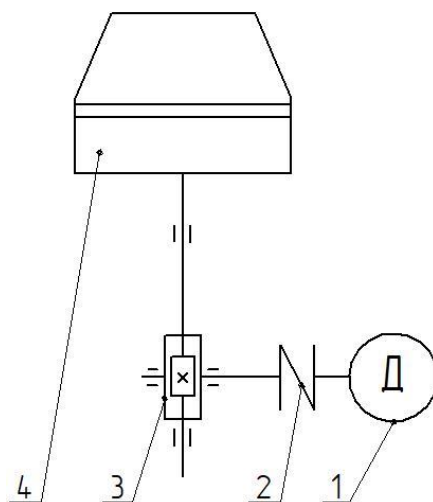


Рис. 5.1. Кінематична схема привода сепаратора:

1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – гвинтова передача (мультиплікатор);

4 – барабан сепаратора

Загальний ККД привода:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{гп}} \cdot \eta_{\text{пк}}^2 = 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,99^2 = 0,9$$

де: $\eta_{\text{м}} = 0,97$ ККД муфти; $\eta_{\text{гп}} = 0,95$ ККД гвинтової передачі; $\eta_{\text{пк}} = 0,99$ ККД однієї пари підшипників кочення.

Передаточне відношення гвинтової передачі:

$$i_{\text{гп}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{б}}} = \frac{1450}{5000} = 0,29$$

де: $n_{\text{дв}}$ - частота обертання валу електродвигуна, об/хв; $n_{\text{б}}$ - частота обертання барабана, об/хв.

Частота обертання кожного вала, об/хв.:

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 1450 \text{ об/хв}$$
$$n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{гп}}} = \frac{1450}{0,29} = 5000 \text{ об/хв}$$

Кутова швидкість кожного вала, рад/с:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_{дв}}{30} = \frac{3.14 \cdot 1450}{30} = 151,7 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{гп}} = \frac{151,7}{0,29} = 523,1 \text{ рад/с}$$

Потужність на кожному валу, кВт:

$$P_1 = P \cdot \eta_m \cdot \eta_{пк} = 15 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 14,4 \text{ кВт}$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{гп} \cdot \eta_{пк} = 14,4 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 13,54 \text{ кВт}$$

Обертовий момент на кожному валу, Н·м:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{14,4 \cdot 10^3}{151,7} = 94,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} = \frac{13,54 \cdot 10^3}{523,1} = 25,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Технологічний розрахунок.

Мінімальний розмір частинки, м:

$$d = \frac{2,93}{\varpi} \sqrt{\frac{M}{z(R_1^3 - R_2^3) \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot 2900 \cdot t_c}} = \frac{2,93}{523,1} \sqrt{\frac{1,11 \cdot 10^{-3}}{55(0,18^3 - 0,067^3) \cdot \operatorname{tg} 55^\circ \cdot 2900 \cdot 30}} = 9,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

де: M – продуктивність сепаратора по вхідному продукту, м³/с; α – кут нахилу тарілки, град; z – кількість тарілок; R_1 – максимальний радіус тарілки, м; R_2 – мінімальний радіус тарілки, м; t_c – температура сепарування, °С.

Оптимальна відстань між тарілками, м:

$$\delta_{opt} = \frac{1,71}{R_2} \sqrt[4]{\frac{M \cdot (R_1^3 - R_2^3) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{z \cdot \omega^2 \cdot 7100 \cdot t_c \cdot \cos^2 \alpha}} = \frac{1,71}{0,067} \sqrt[4]{\frac{1,11 \cdot 10^{-3} \cdot (0,18^3 - 0,067^3) \cdot \operatorname{tg} 55^\circ}{55 \cdot 523,1^2 \cdot 7100 \cdot 30 \cdot \cos^2 55^\circ}} = 0,0014 \text{ м}$$

Фактор розділення, с⁻¹:

$$F = \frac{2 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{\omega^3}{M} \cdot z \cdot (R_1^3 - R_2^3) \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{523,1^3}{1,11 \cdot 10^{-3}} \cdot 55 \cdot (0,18^3 - 0,067^3) \cdot \operatorname{tg} 55^\circ = 1,17 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$$

Кількість ферментованого молока, що проходить через міжтарілковий простір:

$$m = \frac{M}{3,6 \cdot z} = \frac{1,11 \cdot 10^{-3}}{3,6 \cdot 55} = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Час перебування ферментованого молока в міжтарілковому просторі, с:

$$\tau = \frac{\pi \cdot z \cdot \delta_{\text{omm}} \cdot (R_1^3 - R_2^3)}{M \cdot \cos \alpha} = \frac{\pi \cdot 55 \cdot 0,0014 \cdot (0,18^3 - 0,067^3)}{1,11 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 55^\circ} = 2,1 \text{ с.}$$

Об'єм ущільненого продукту, який витікає через сопла з барабана, м³/с :

$$Q = \mu z f \omega R \sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$$

де: μ - коефіцієнт витрат; z - кількість сопел; f - площа отвору одного сопла, м²; ω - кутова швидкість барабана, с⁻¹; R - відстань від вісі барабана до внутрішньої поверхні вихідного отвору сопла, м; r - відстань від вісі барабана до внутрішньої поверхні рідини, яка знаходиться в барабані, м.

Площа одного отвору сопла, м²:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0006^3}{4} = 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

де: d - діаметр отвору сопла, м.

Тоді,

$$Q = 0,75 \cdot 4 \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot 523,1 \cdot 0,286 \sqrt{1 - \left(\frac{0,066}{0,286}\right)^2} = 0,000124 \text{ м}^3/\text{с}$$

Тиск ущільненого продукту на виході з сопла, Па:

$$p = \rho \frac{\omega^2}{2} (R^2 - r^2) \cdot 10^5 = 1060 \frac{523,1^2}{2} (0,286^2 - 0,066^2) \cdot 10^5 \\ = 1,12 \cdot 10^{12} \text{ Па}$$

де: ρ - густина ферментованого молока.

Швидкість викиду ущільненого продукту відносно сопла, м/с:

$$w = \varphi \omega \sqrt{R^2 - r^2} = 1 \cdot 523,1 \sqrt{0,286^2 - 0,066^2} = 145,6 \text{ м/с}$$

де: φ - коефіцієнт швидкості.

Енергетичний розрахунок.

Середня потужність, що витрачається на надання барабану кінетичної енергії у період розгону, кВт :

$$N_1 = \frac{A}{\tau \cdot 100}$$

де: τ - час розгону барабана, с; A - кінетична енергія барабана, Дж:

$$A = \frac{G \cdot R_i^2 \cdot \omega^2}{2g} = \frac{588,6 \cdot 0,22^2 \cdot 523,1^2}{2 \cdot 9,81} = 397316 \text{ Дж}$$

де: G - вага барабана, Н; R_i - радіус інерції барабана, м.

$$N_1 = \frac{A}{\tau \cdot 100} = \frac{397316}{300 \cdot 100} = 9,91 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на надання кінетичної енергії продукту, який відводиться з сепаратора, кВт:

$$N_2 = \frac{Q \cdot \omega^2 \cdot R^2 \cdot \gamma_0}{2 \cdot 1000 \cdot g} = \frac{0,000124 \cdot 523,1^2 \cdot 0,286^2 \cdot 10251}{2 \cdot 1000 \cdot 9,81} = 1,45 \text{ кВт}$$

де: γ_0 - питома вага продукту, Н.

Потужність, необхідна для подолання опору тертя барабана об повітря, кВт:

$$\begin{aligned} N_3 &= 1,55 \cdot \beta \cdot \rho \cdot \omega^3 \cdot R^5 \left(\frac{1}{\cos \alpha} + 5 \frac{H}{R} + 1 \right) = \\ &= 1,55 \cdot 18 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2 \cdot 523,1^3 \cdot 0,31^5 \cdot \left(\frac{1}{\cos 50^\circ} + 5 \frac{0,215}{0,31} + 1 \right) = \\ &= 0,82 \text{ кВт} \end{aligned}$$

де: β - емпіричний коефіцієнт; R – зовнішній радіус барабана, м; ρ – густина повітря, кг/м³; H – висота циліндричної частини барабана, м; α – кут підйому твірної кришки барабана, град.

Потужність, яка витрачається на подолання тертя в приводному механізмі, кВт:

$$N_4 = \frac{\mu_0 \cdot m \cdot \pi \cdot d_b \cdot n \cdot g}{60 \cdot 1000} = \frac{0,3 \cdot 150 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 1450 \cdot 9,81}{60 \cdot 1000} = 2 \text{ кВт}$$

де: μ_0 – коефіцієнт тертя; m – маса частин сепаратора, які обертаються; d_B – діаметр шийки вала, м.

Загальні витрати потужності, кВт :

$$N_c = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 9,91 + 1,45 + 0,82 + 2 = 14,2 \text{ кВт}$$

За стандартом приймаємо двигун з потужністю 15 кВт.

Потужність споживана сепаратором з електричної мережі, кВт:

$$N_{\text{мер}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{15}{0,85} = 17,65 \text{ кВт}$$

Розрахунок основи барабана сепаратора.

Найбільше сумарне напруження, що виникає в основі барабана, МПа:

$$\sigma_t = \frac{\rho \cdot V^2}{4 \cdot a^2} \cdot (3,3 + 0,7 \cdot a^2) + \frac{\rho_p \cdot V^2}{2} \cdot \frac{1 + a^2}{1 - a^2},$$

де: V – колова швидкість на внутрішньому радіусі стінки корпусу, м/с:

$$V = \omega r_0 = 523,1 \cdot 0,267 = 139,6 \text{ м/с}$$

ρ – густина матеріалу, з якого виготовлена основа барабана; ρ_c – густина продукту, який сепарується; a – відношення внутрішнього радіуса стінки основи до зовнішнього:

$$a = \frac{r_0}{R} = \frac{0,267}{0,31} = 0,861$$

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 139,6^2}{4 \cdot 0,861^2} \cdot (3,3 + 0,7 \cdot 0,861^2) + \frac{1060 \cdot 139,6^2}{2} \cdot \frac{1 + 0,861^2}{1 - 0,861^2} \\ &= 269,3 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Товщина стінки основи барабана, м:

$$h = \frac{r_0 \cdot \lambda \cdot \psi \cdot \sigma_0}{2 (\sigma - \sigma_0)},$$

де: λ – відношення густини ферментованого молока до густини матеріалу основи барабана:

$$\lambda = \frac{\rho_c}{\rho} = \frac{1060}{8000} = 0,132$$

ψ – коефіцієнт заповнення барабана продуктом; σ – допустиме напруження, МПа; σ_0 – напруження в стінці, що виникає в наслідок дії відцентрової сили:

$$\sigma_0 = \frac{\rho \cdot V^2}{2} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 139,6^2}{2} = 78 \text{ МПа.}$$

Тоді,

$$h = \frac{0,267}{2} \cdot \frac{0,132 \cdot 1 \cdot 78 \cdot 10^6}{(170 \cdot 10^6 - 78 \cdot 10^6)} = 0,029 \text{ м}$$

Приймаємо $h = 30 \text{ мм}$.

Розрахунок кришки барабана

Товщина стінки кришки на різній відстані від осі обертання, м:

$$h = \frac{\lambda \cdot R_x}{2 \cdot \cos \alpha \cdot \left[\frac{\sigma}{\sigma_0} - 1 \right]},$$

де: R_x – відстань від осі обертання, на якій визначається товщина, м; α – кут нахилу стінки кришки до вертикалі, град.

$$h = \frac{0,132 \cdot 0,143}{2 \cdot \cos 50^\circ \cdot \left(\frac{170 \cdot 10^6}{78 \cdot 10^6} - 1 \right)} = 0,0125 \text{ м}$$

Приймаємо $h = 0,013 \text{ м} = 13 \text{ мм}$

Розрахунок з'єднувального кільця.

Повний осьовий тиск продукту на кришку, Н:

$$P = \frac{\pi \cdot \rho_p \cdot \omega^2}{4} \cdot (R^2 - r^2),$$

де: R, r - радіуси кришки відповідно максимальний і мінімальний, м;

$$P = \frac{3,14 \cdot 1060 \cdot 523,1^2}{4} (0,286^2 - 0,057^2) = 17,8 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Конструктивно прийнявши ширину захвату і замінивши розподілене навантаження зосередженим, визначаємо товщину захвату a :

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W} = \frac{P \cdot e}{2} = \frac{6}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot a^2} \leq [\sigma_{зг}]$$

звідки

$$a \geq \sqrt{\frac{3 \cdot P \cdot e}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot [\sigma_{зг}]}}$$

де: e – ширина захвату; $[\sigma_{зг}]$ – допустиме напруження на згин ($[\sigma_{зг}] = 200 \cdot \text{МПа}$); R – зовнішній радіус захвату.

$$a = \sqrt{\frac{3 \cdot 17,8 \cdot 10^6 \cdot 0,04}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,286 \cdot 200 \cdot 10^6}} = 0,077 \text{ м}$$

Зовнішній радіус кільця з умови міцності на розтяг, м:

$$1. R_k = \sqrt{\frac{P}{\pi \cdot [\sigma]_p}} + R_\rho = \sqrt{\frac{17,8 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 175 \cdot 10^6}} + 0,286 = 0,318 \text{ м}$$

де: $[\sigma]_p$ - допустиме напруження матеріалу на розтяг, ($[\sigma]_p = 175 \cdot 10^6 \text{ Па}$).

Вертикальний вал сепаратора.

Критична частота обертання вертикального вала:

$$\omega_{кр} = \frac{l}{L} \cdot \sqrt{\frac{K}{m}},$$

де: l – відстань між підшипниками вала; L – відстань від центра ваги барабана до нижнього підшипника; m – маса барабана; K – масштаб системи верхнього підшипника:

$$K = 1,5 \cdot K_1$$

K_1 – жорсткість пружини:

$$K_1 = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3},$$

де: G – модуль зсуву матеріалу; d – діаметр дроту, з якого виготовлена пружина; n – число робочих витків пружини; D – середній діаметр пружини.

$$K_1 = \frac{80 \cdot 10^9 \cdot 0,008^4}{8 \cdot 5 \cdot 0,07^3} = 23884 \text{ Н/м}$$

$$K = 1,5 \cdot 2388 = 35826 \text{ Н/м}$$

Тоді:

$$\omega_{кр} = \frac{0,48}{0,71} \cdot \sqrt{\frac{35826}{60}} = 16,61 \cdot 60 = 997 \text{ рад/с}$$

Критичне число обертів за хвилину:

$$n_{кр} = \frac{30 \cdot \omega_{кр}}{\pi} = \frac{30 \cdot 997}{3,14} = 9526 \text{ об/хв}$$

Розрахунок шпонкового з'єднання.

Розрахуємо шпонкове з'єднання вертикального валу з зубчастим колесом.

Для діаметра шийки валу 45 мм приймаємо шпонку 14x10x100, $b = 14$ мм, $h = 10$ мм, $l = 100$ мм, глибина паза $t = 6$ мм.

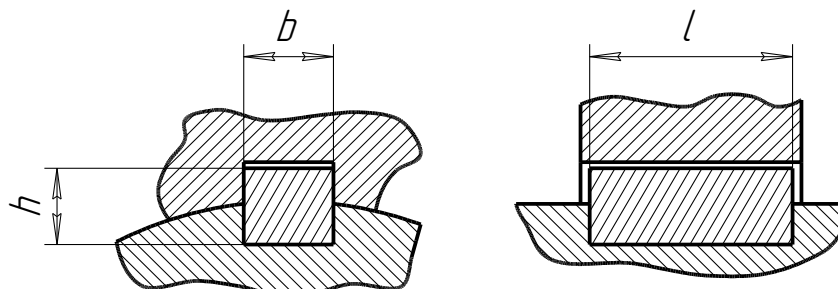


Рис. 5.2. ескіз шпонкового з'єднання

Перевірка шпонки на зминання, $[\sigma_{зм}] = 100 \dots 120 \text{ МПа}$:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t)} = \frac{2 \cdot 25,9 \cdot 10^3}{45 \cdot 100 \cdot (10 - 6)} = 2,8 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}]$$

Перевірка шпонки на зріз, $[\tau_{зр}] = 60 \dots 90 \text{ МПа}$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot b} = \frac{2 \cdot 25,9 \cdot 10^3}{45 \cdot 100 \cdot 14} = 0,82 \text{ МПа} < [\tau_{зр}]$$

6. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Правильний вибір конструкційних матеріалів для виготовлення сепаратора є надзвичайно важливим для забезпечення його гігієнічності, довговічності, корозійної стійкості та ефективної роботи. Ферментоване молоко має специфічний хімічний склад, включаючи молочну кислоту, яка може бути агресивною до певних матеріалів. Тому, основні критерії при виборі матеріалів включають:

- харчова безпека та гігієнічність - матеріали повинні бути інертними до компонентів ферментованого молока, не виділяти шкідливих речовин та мати гладку, легко очищувану поверхню, що запобігає адгезії бактерій та залишків продукту;
- корозійна стійкість - матеріали повинні бути стійкими до корозійної дії молочної кислоти, а також до миючих та дезінфікуючих засобів, що використовуються при санітарній обробці обладнання;
- механічна міцність та зносостійкість - сепаратор працює в умовах високих швидкостей обертання та механічних навантажень, тому матеріали повинні мати достатню міцність, твердість та стійкість до зношування;
- технологічність - матеріали повинні добре піддаватися обробці (різанню, зварюванню, формуванню) для виготовлення складних деталей сепаратора.

На основі цих критеріїв, основними конструкційними матеріалами, що використовуються для виготовлення сепараторів для розділення ферментованого молока, є різні марки нержавіючої сталі.

Нержавіюча сталь є основним матеріалом вибору для обладнання молочної промисловості завдяки своїм властивостям:

- висока корозійна стійкість. Легована сталь, що містить хром (мінімум 10,5%), утворює на своїй поверхні пасивну оксидну плівку, яка захищає метал

від корозії, в тому числі від дії молочної кислоти та агресивних миючих засобів;

- гігієнічність. Гладка непориста поверхня нержавіючої сталі запобігає адгезії бактерій та легко піддається очищенню та дезінфекції, що є критично важливим для харчової промисловості;
- міцність та довговічність. Нержавіюча сталь має високу механічну міцність, твердість та стійкість до зношування, що забезпечує тривалий термін служби сепаратора;
- легкість очищення (CIP-сумісність). Нержавіюча сталь витримує багаторазові цикли CIP-мийки з використанням гарячої води, лужних та кислотних розчинів.

Найбільш поширеними марками нержавіючої сталі, що використовуються для виготовлення деталей сепараторів, є:

- AISI 304 (18/8) - аустенітна нержавіюча сталь, що містить 18% хрому та 8% нікелю. Має відмінну корозійну стійкість до більшості харчових продуктів та миючих засобів, добре піддається зварюванню та обробці. Є найбільш економічним варіантом серед харчових нержавіючих сталей;
- AISI 316 (18/10/Mo) - аустенітна нержавіюча сталь, що містить 18% хрому, 10% нікелю та 2-3% молібдену. Молібден значно підвищує її стійкість до корозії, особливо до хлоридів та корозії, що може бути важливим при використанні певних дезінфікуючих засобів. Зазвичай використовується для більш відповідальних деталей, що контактують з агресивними середовищами;

У деяких другорядних елементах сепаратора можуть використовуватися інші матеріали, які також повинні відповідати вимогам харчової безпеки та мати необхідні експлуатаційні характеристики:

- полімери (харчові марки) - можуть використовуватися для виготовлення ущільнень, прокладок, шлангів та деяких інших неметалевих деталей. Важливо використовувати полімери, які є стійкими до контакту з ферментованим молоком, миючими та дезінфікуючими засобами, а також до

температурних впливів. Прикладами можуть бути PTFE (тефлон), EPDM, силікон;

- еластомери (харчові марки) - застосовуються для виготовлення ущільнювальних елементів, що забезпечують герметичність з'єднань. Вибір еластомерів залежить від конкретних умов експлуатації (температура, хімічний склад продукту та миючих засобів).

Вибір конкретної марки нержавіючої сталі або іншого матеріалу залежить від функціонального призначення вузла сепаратора та умов його експлуатації:

- ротор (барабан) - як найбільш навантажений елемент, що обертається з високою швидкістю та контактує з продуктом, для його виготовлення часто використовують високоміцні корозійностійкі марки нержавіючої сталі, такі як AISI 316L;

- тарілки - зазвичай виготовляються з тонкої нержавіючої сталі AISI 304 або AISI 316L, що забезпечує необхідну корозійну стійкість та легкість очищення;

- трубопроводи та фітинги - використовується нержавіюча сталь AISI 304 або AISI 316 відповідного діаметру та типу з'єднання;

- ущільнення та прокладки - виготовляються з харчових марок еластомерів (EPDM, силікон, PTFE), стійких до використовуваних температур та хімічних речовин.

При виборі конструкційних матеріалів необхідно враховувати рекомендації виробника сепаратора, вимоги відповідних стандартів та санітарних норм, що діють у харчовій промисловості. Ретельний підхід до вибору матеріалів є запорукою надійної, безпечної та гігієнічної роботи сепаратора.

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Для розроблення технологічного процесу обрано деталь «Колесо зубчасте». Матеріал виробу - Сталь 45. Заготовкою для даної деталі може бути поковка типу «труба» оскільки виготовлення «Колеса зубчастого» з прокату круглого перерізу є економічно не вигідним через те, що в ньому є отвір $\varnothing 45$ мм та довжиною 120 мм.

Заготовка для даної деталі виготовляється методом поковки на кривошипних гарячо-штампувальних пресах. Технологічний процес виготовлення поковок складається із таких етапів: нагрівання металу, виконання ковальських операцій, первинна термічна обробка поковки (відпал, нормалізація).

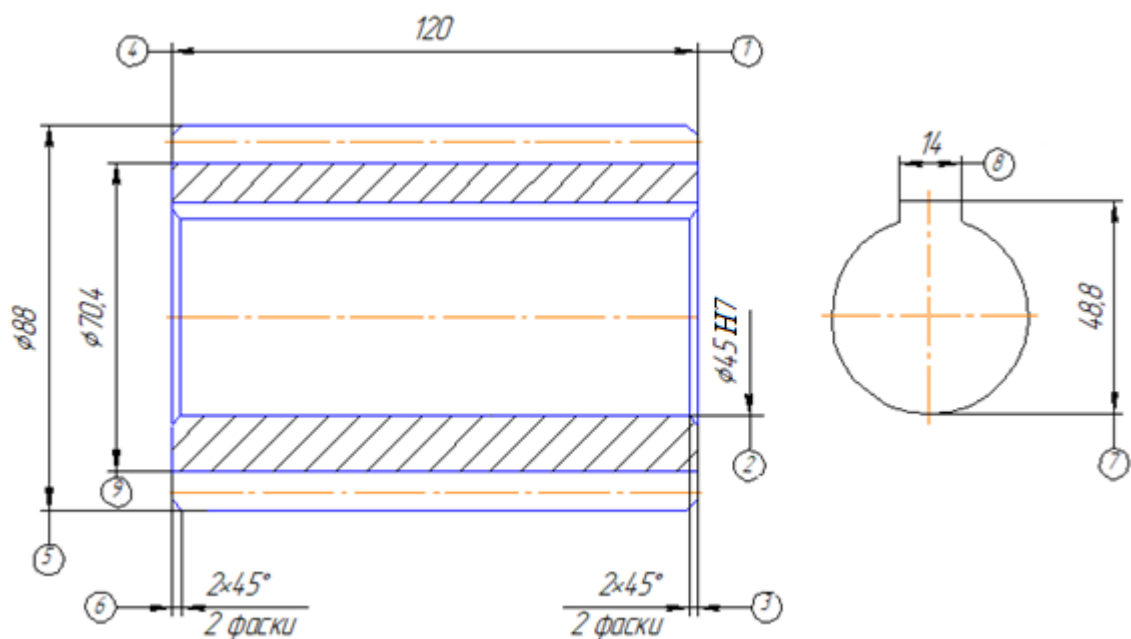


Рис. 7.1. Деталь «Колесо зубчасте»

Таблиця 7.1

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
1	2	3
10	Заготівельна Установити, закріпити і зняти заготовку (УЗЗ)	-
10.1	Отримати заготовку (поковку) методом гарячого штампування	-
20	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-кулачковий патрон
20.1	Торцювати пов. 1 $z = 3$ мм	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
20.2	Свердлити отвір пов. 2 Ø43 довжиною $l = 123$ мм	Свердло Ø43 Р6М5, ШЦ-1
20.3	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.3	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-кулачковий патрон
30.1	Торцювати пов.4 витримавши розмір $l=120$ мм.	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
30.2	Точити пов.5 $\varnothing 88$, $l=120$ мм. начорно	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
30.3	Точити пов.5 $\varnothing 88$, $l=120$ мм. начисто	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
30.4	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.3	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
30.5	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.6	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^0$, $\gamma=10^0$, $\alpha=8^0$; ВхНхL=16x25x140, ШЦ-1
30.6	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.10	Різець прохідний відігнутий лівий, Т15К6, $\varphi=45^0$, ШЦ-1

1	2	3
40	Свердлильна УЗЗ	Вертикально-свердлильний верстат 2Н150
40.1	Зенкерувати отвір під Ø45Н7 пов.2	Зенкер Ø44,75 Р6М5, ШЦ-1
40.2	Розвернути отвір під Ø45Н7 начорно пов.2	Розвертка Ø44,93 Р6М5, ШЦ-1
40.3	Розвернути отвір Ø45Н7 начисто пов.2	Розвертка Ø45Н7 Р6М5, калібр пробка Ø45Н7
50	Довбальна УЗЗ	Довбальний верстат 7А420
50.1	Довбати шпоночний паз шириною 14 мм на $l = 120$ мм. пов.7	Довбач 14, Р6М5, ШЦ-1
60	Фрезерна УЗЗ	Зубофрезерний верстат 53А50
60.1	Фрезерування зубів колеса $m = 4$; $h = 8,8$; $z = 10$	Модульна фреза $m = 4$
70	Мийна	Мийна машина
70.1	Промити деталь	
80	Слюсарна	Верстак
80.1	Притупити гострі кромки	
80	Технічний контроль	Стіл контролера

Визначення поопераційних режимів різання і норм часу.

20. Токарна

Перехід 20.1 Торцювати пов. 1 заготовки Ø92 на токарно-гвинторізному верстаті 16К20. Припуск на оброблення $z = 3$ мм.

Глибина різання $t = z = 3$ мм.

По нормативним даним вибираємо подачу в залежності від діаметру заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, оброблюваного матеріалу. При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром до 100 мм з глибиною різання 3 мм та перетином тіла різця 16×25 мм подача повинна бути в інтервалі $S = 0,5 \dots 1,1$ мм/об. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 приймаємо подачу $S_s = 0,7$ мм/об, що знаходиться у відповідному інтервалі.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

де: T – середнє значення періоду стійкості інструменту, хв; C_v , m , y – нормовані степені; C_v – постійна для даних режимів різання.

$$V = \frac{175}{90^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} = 65,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 65,3}{\pi \cdot 92} = 226 \text{ об/хв}$$

де: d_3 – діаметр заготовки, мм.

Із ряду обертів шпинделя верстата 16K20 вибираємо ближче менше значення $n_g = 200$ об/хв.

За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 92 \cdot 200}{1000} = 57,8 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 46 + 2 + 3 + 3 = 54 \text{ мм}$$

де: $l = D_3/2 = 92/2 = 46$ мм - довжина оброблення деталі;

$l_1 = 2$ мм - добавка довжини на підвід інструменту;

$l_2 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 3 \cdot \text{ctg} 45^\circ = 3$ мм - врізання інструменту;

$l_3 = 3$ мм - величина перебігу різця.

Основний час на виконання переходу:

$$t_1 = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{54}{200 \cdot 0,7} = 0,39 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон1}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{к}} = 0,2 + 0,1 + 0,35 = 0,65 \text{ хв}$$

де: $t_{\text{вст}} = 0,2$ хв – час на встановлення та затискання деталі;

$t_{\text{пер}} = 0,1$ хв – час на заміну частоти обертів шпинделя та подачі;

$t_{\text{к}} = 0,35$ хв – час на контрольні вимірювання.

Перехід 20.2 Свердли́ти отвір пов. 2 Ø43 мм; $l=123$ мм.

Глибина свердління, виходячи з діаметра свердла:

$$t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{43}{2} = 21,5 \text{ мм}$$

По нормативним даним вибираємо подачу в залежності від діаметру свердлильного отвору та міцнісних характеристик оброблювального матеріалу. При свердлінні сталевих деталей з $\sigma_B \leq 800$ МПа подача повинна бути в інтервалі $S = 0,45 \dots 0,55$ мм/об. За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата приймаємо подачу $S_s = 0,5$ мм/об, що знаходиться у відповідному інтервалі.

Розрахункова швидкість різання:

$$V_c = \frac{4 \cdot d_{св}^{0,4}}{T^{0,2} \cdot S^{0,5}} = \frac{4 \cdot 43^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,5^{0,5}} = 11,9 \text{ м/хв}$$

де: $T = 45$ хв – середнє значення періоду стійкості свердла.

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_s = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{св}} = \frac{1000 \cdot 11,9}{\pi \cdot 43} = 88,13 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстату вибираємо ближче менше значення $n_s = 80$ об/хв.

За прийнятим значенням n_s визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_{св} \cdot n_s}{1000} = \frac{\pi \cdot 43 \cdot 80}{1000} = 10,8 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l_d + l_1 + l_2 + l_3 = 123 + 3 + 18 = 144 \text{ мм,}$$

де: $l_d = 123$ мм – глибина свердління;

$l_1 = 2 \dots 3$ мм – підвід інструменту;

$l_2 + l_3 = 18$ мм – врізання і перебіг свердла.

Основний час на свердління отвору:

$$t_2 = \frac{L}{n_s \cdot S} = \frac{144}{80 \cdot 0,5} = 3,6 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон2}} = t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,12 + 0,18 + 0,35 = 0,65 \text{ хв}$$

$t_{\text{пер}} = 0,12$ хв - допоміжний час, пов'язаний з роботою інструментом, встановленим в задній бабці;

$t_{\text{зм}} = 0,05 + 0,13 = 0,18$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя та подачі, а також на встановлення свердла в задню бабку;

$t_{\text{к}} = 0,35$ хв – допоміжний час на контрольні вимірювання.

Перехід 20.3 Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.3

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час свердління отвору ($n_{\text{с}} = 80$ об/хв.) з тим щоб не витратити час на перемикання швидкості.

Час на зняття фаски $2 \times 45^\circ$ становить $0,2$ хв ($t_3 = 0,2$ хв).

30 Токарна

Перехід 30.1 Торцювати пов.4 витримавши розмір $l = 120$ мм.

Глибина різання при цьому $t = z = 3$ мм.

За паспортним даним верстата токарно-гвинторізного верстата 16K20 приймаємо подачу $S_{\text{с}} = 0,7$ мм/об.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{175}{90^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} = 65,25 \text{ м/хв}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_{\text{с}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 65,25}{\pi \cdot 92} = 226 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16K20 вибираємо ближче менше значення — $n_{\text{с}} = 200$ об/хв.

За прийнятим значенням $n_{\text{с}}$ визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_{\text{с}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 92 \cdot 200}{1000} = 57,8 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 46 + 2 + 3 + 3 = 54 \text{ мм}$$

де: $l = D_3/2 = 92/2 = 46\text{мм}$ - довжина оброблення;

$l_1 = 2\text{ мм}$ - добавка довжини на підвід інструменту;

$l_2 = t \cdot \text{ctg}\varphi = 3 \cdot \text{ctg}45^\circ = 3\text{мм}$ - врізання інструменту;

$l_3 = 3\text{мм}$ - величина перебігу різця.

Основний час на виконання переходу:

$$t_1 = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{54}{200 \cdot 0,7} = 0,39 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон1}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{к}} = 0,2 + 0,15 + 0,35 = 0,7 \text{ хв}$$

де: $t_{\text{вст}} = 0,2\text{ хв}$ – час на встановлення, затискання деталі;

$t_{\text{пер}} = 0,15\text{ хв.}$ – час на заміну частоти обертів шпинделя і подачі;

$t_{\text{к}} = 0,35\text{ хв}$ – час на контрольні вимірювання.

Перехід 30.2 Точити пов.5 $\varnothing 88\text{мм.}$, $l = 120\text{ мм}$ начорно.

Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні:

$$t = \frac{d_3 - d_\partial}{2} = \frac{92 - 88}{2} = 2\text{ мм}$$

Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t = 1,5\text{ мм}$, оскільки на чистову обробку залишається $t = 0,5\text{ мм}$.

Подача залишається такою самою як і в попередньому переході - $S_g = 0,7\text{ мм/об.}$

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{120}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} = 53,9 \text{ м/хв,}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 53,9}{\pi \cdot 92} = 186,6 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16K20 вибираємо ближче менше значення - $n_g = 160\text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_\partial = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 92 \cdot 160}{1000} = 46,2 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = L + l_1 + l_2 + l_3 = 120 + 2 + 1,5 + 3 = 126,5 \text{ мм}$$

де: $l = 120$ мм – довжина оброблення;

$l_1 = 2$ мм – добавка довжини на підвід інструменту;

$l_2 = t \cdot \text{ctg}\varphi = 1,5 \cdot \text{ctg}45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання інструменту;

$l_3 = 3$ мм – величина перебігу різця.

Основний час на виконання переходу:

$$t_2 = \frac{L}{n_s \cdot S} = \frac{126,5}{160 \cdot 0,7} = 1,13 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон2}} = t_{\text{пер}} + t_k = 0,1 + 0,35 = 0,45 \text{ хв}$$

де: $t_{\text{пер}} = 0,1$ хв – час на заміну частоти обертів шпинделя та подачі;

$t_k = 0,35$ хв – час на контрольні вимірювання.

Перехід 30.3 Точити пов. 5 начисто $\varnothing 88$ мм., $l = 120$ мм.

Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,5$ мм.

Вибираємо подачу при чистовому точінні, яка повинна бути в інтервалі $S = 0,2 \dots 0,27$ мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо $S_s = 0,2$ мм/об.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_1} \cdot t^{x_1} \cdot S^{y_1}} = \frac{220}{90^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} = 136,9 \text{ м/хв},$$

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_s = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 136,9}{\pi \cdot 89} = 489,9 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 16K20 вибираємо ближче менше значення – $n_s = 400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_s}{1000} = \frac{\pi \cdot 89 \cdot 400}{1000} = 111,8 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 120 + 2 + 0,5 + 2 = 124,5 \text{ мм}$$

де: $l = 120\text{мм}$ – довжина оброблення;

$l_1 = 2\text{ мм}$ – добавка довжини на підвід інструменту;

$l_2 = t \cdot \text{ctg}\varphi = 0,5 \cdot \text{ctg}45^\circ = 0,5\text{ мм}$ – величина врізання інструменту;

$l_3 = 2\text{мм}$ – величина перебігу різця.

Основний час на виконання переходу:

$$t_3 = \frac{L}{n_s \cdot S} = \frac{124,5}{400 \cdot 0,2} = 1,56 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон3}} = t_{\text{пер}} + t_k = 0,1 + 0,35 = 0,45 \text{ хв}$$

де: $t_{\text{пер}} = 0,1\text{ хв}$ – час на заміну частоти обертів шпинделя та подачі;

$t_k = 0,35\text{ хв}$ – час на контрольні вимірювання.

Перехід 30.4 Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час точіння на попередньому переході ($n_s = 400\text{ об/хв}$) з тим щоб не витратити час на перемикання швидкості.

Час на зняття фаски $2 \times 45^\circ$ становить $0,2\text{ хв}$.

Перехід 30.5 Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов. 6.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зняття фаски на попередньому переході ($n_s = 400\text{ об/хв.}$) з тим щоб не витратити час на перемикання швидкості.

Час на зняття фаски $2 \times 45^\circ$ становить $0,2\text{ хв}$.

Перехід 30.6 Зняти фаску $2 \times 45^\circ$ пов.10

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зняття фаски на попередньому переході ($n_s = 400\text{ об/хв.}$) з тим щоб не витратити час на перемикання швидкості.

Час на зняття фаски $2 \times 45^\circ$ становить $0,2\text{ хв}$.

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон6}} = t_{\text{зм}} = 0,1 \text{ хв}$$

де: $t_{\text{зм}} = 0,1$ – допоміжний час на зміну різального інструменту.

40. Свердлильна

Перехід 40.1 Зенкерувати отвір під $\phi 45\text{H7}$.

Для виконання даного переходу берем зенкер діаметром $\phi 44,75\text{мм}$.

Глибина різання при зенкеруванні:

$$t = \frac{d_3 - d_{\text{св}}}{2} = \frac{44,75 - 43}{2} = 0,875 \text{ мм}$$

По нормативним даним вибираємо подачу в залежності від діаметру зенкера та міцнісних характеристик оброблювального матеріалу. При зенкеруванні сталевих деталей з $\sigma_b \leq 800 \text{ МПа}$ подача повинна бути в інтервалі $S = 1..1,3 \text{ мм/об}$. За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2Н150 приймаємо подачу $S_s = 1,12 \text{ мм/об}$.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{12,6 \cdot d_3^{0,3}}{T^{0,3} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,5}} = \frac{12,6 \cdot 44,75^{0,3}}{30^{0,3} \cdot 0,875^{0,2} \cdot 1,12^{0,5}} = 13,9 \text{ м/хв}$$

де $T = 30$ – середнє значення періоду стійкості зенкера, хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_s = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 13,9}{\pi \cdot 44,75} = 98,9 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 2Н150 вибираємо ближче менше значення – $n_s = 90 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_s}{1000} = \frac{\pi \cdot 44,75 \cdot 90}{1000} = 12,6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 120 + 3 + 6 = 129 \text{ мм}$$

де: $l = 120\text{мм}$ – глибина зенкерування;

$l_1 = 3 \text{ мм}$ – відстань для підведення інструменту до деталі;

$l_2 + l_3 = 6 \text{ мм}$ – врізання та перебіг зенкера.

Основний час на виконання переходу :

$$t_1 = \frac{L}{n_s \cdot S} = \frac{129}{90 \cdot 1,12} = 1,8 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон1}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,6 + 0,5 + 0,35 = 1,4 \text{ хв}$$

де $t_{\text{вст}} = 0,6 \text{ хв}$ – час на встановлення деталі;

$t_{\text{зм}} = 0,5 \text{ хв}$ – час, пов'язаний з встановленням інструменту, встановленням режимів роботи, включення та виключення охолодження.

$t_{\text{к}} = 0,3 \text{ хв}$ – час на контрольні вимірювання.

Перехід 40.2 Розвернути отвір під $\varnothing 45\text{H}7$ начорно.

Для виконання даного переходу беремо чорнову розгортку діаметром $\varnothing 44,93 \text{ мм}$.

Глибина різання:

$$t = \frac{d_p - d_3}{2} = \frac{44,93 - 44,75}{2} = 0,09 \text{ мм}$$

По нормативним даним вибираємо подачу в залежності від діаметру розвертки та міцнісних характеристик оброблювального матеріалу. За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2Н150 приймаємо подачу $S_6 = 1,3 \text{ мм/об}$.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{8,1 d_p^{0,3}}{T^{0,4} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,65}} = \frac{8,1 \cdot 44,93^{0,3}}{40^{0,4} \cdot 0,09^{0,2} \cdot 1,3^{0,65}} = 7,8 \text{ м/хв}$$

де: $T = 40$ – середнє значення періоду стійкості розгортки, хв.

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_6 = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 7,8}{\pi \cdot 44,93} = 55,3 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 2Н150 вибираємо ближче менше значення – $n_B = 45 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_0 = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_6}{1000} = \frac{\pi \cdot 44,93 \cdot 45}{1000} = 6,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 120 + 3 + 45 = 168 \text{ мм}$$

де: $l = 120\text{мм}$ – глибина розгортання;

$l_1 = 3\text{ мм}$ – відстань для підведення інструменту до деталі;

$l_2 + l_3 = 45\text{ мм}$ – врізання та перебіг розвертки.

Основний час на виконання переходу :

$$t_2 = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{168}{45 \cdot 1,3} = 2,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{дон2}} = t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,5 + 0,35 = 0,85 \text{ хв}$$

де: $t_{\text{зм}} = 0,5\text{ хв}$ – час, пов'язаний з встановленням інструменту, встановленням режимів роботи, включення та виключення охолодження.

$t_{\text{к}} = 0,35\text{ хв}$ – час на контрольні вимірювання.

Перехід 40.3 Розвертати отвір $\varnothing 45\text{H7}$

Для виконання даного переходу беремо розвертку $\varnothing 45\text{H7}$.

Глибина різання:

$$t = \frac{d_{p1} - d_{p2}}{2} = \frac{45 - 44,93}{2} = 0,035\text{мм}$$

Подача залишається такою самою як і при чорновому розвертанні ($S_g = 1,3\text{ мм/об}$)

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{8,1 d_p^{0,3}}{T^{0,4} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,65}} = \frac{8,1 \cdot 45^{0,3}}{40^{0,4} \cdot 0,035^{0,2} \cdot 1,3^{0,65}} = 8,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_p} = \frac{1000 \cdot 8,3}{\pi \cdot 45} = 58,8 \text{ об/хв}$$

Із ряду обертів шпинделя верстата 2Н150 вибираємо ближче менше значення – $n_g = 45\text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_g}{1000} = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 45}{1000} = 6,36 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина обробки:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 120 + 3 + 45 = 168\text{ мм}$$

де: $l=120$ мм – глибина розвертання;

$l_1 = 3$ мм – відстань для підведення інструменту до деталі;

$l_2 + l_3 = 45$ мм – врізання та перебіг розгортки.

Основний час на виконання переходу:

$$t_3 = \frac{L}{n_g \cdot S} = \frac{168}{45 \cdot 1,3} = 2,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\text{донз}} = t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,5 + 0,35 = 0,85 \text{ хв}$$

де $t_{\text{зм}} = 0,35$ хв – час, пов'язаний з устновкою інструменту, включення та виключення охолодження.

$t_{\text{к}} = 0,3$ хв – час на контрольні вимірювання.

50 Довбальна

Перехід 50.1 Довбати шпоночний паз шириною 14 мм на $l = 120$ мм., пов.7

Глибина різання виходячи з ширини шпоночного паза $t = b = 14$ мм.

За нормативними даними вибираємо подачу на хід довбача залежно від діаметра поверхні, розміру тіла різця та прийнятої глибини різання. При внутрішньому довбанні шпоночного паза, діаметрі отвору 45 мм у заготовці з конструкційної сталі, розмірі тіла довбача 20х30, подача на хід повзуна має становити $S = 0,18 \dots 0,22$ мм/подв.хід. За паспортними даними довбального верстата 7А420 приймаємо подачу $S = 0,2$ мм/подв.хід.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} K_V = \frac{60}{90^{0,2} \cdot 12^{0,15} \cdot 0,2^{0,35}} \cdot 0,6 = 17,8 \text{ м/хв}$$

де: T – середнє значення періоду стійкості різця; K_V – поправочний коефіцієнт, що враховує ударне навантаження на різець.

Розрахункова кількість подвійних ходів повзуна верстата:

$$n_g = \frac{1000 \cdot V}{1,75 L_p} = \frac{1000 \cdot 17,8}{1,75 \cdot 170} = 59,8 \text{ подв.хід/хв.}$$

де: $L_p = L_1 + L_2 = 120 + 50 = 170$ мм – розрахункова довжина обробки;

L_1 – довжина оброблюваної поверхні, мм;

L_2 – перебіг різця мм.

Із ряду кількість подвійних ходів повзуна довбального верстата 7А420 вибираємо ближче менше значення – $n_e = 40$.

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{1,75 L_p \cdot n_e}{1000} = \frac{1,75 \cdot 170 \cdot 40}{1000} = 11,9 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу:

$$t_1 = \frac{l + h}{n_e \cdot S} = \frac{120 + 6,8}{40 \cdot 0,2} = 15,85 \text{ хв}$$

де: $h = t_l + L = 3,8 + 3 = 6,8$ мм

t_l – висота канавки;

L – відстань для підведення різця до заготовки.

Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_{\partial on 1} = t_{вст} + t_{зм} + t_{пер} + t_{к} = 0,3 + 0,4 + 0,1 + 0,35 = 1,15 \text{ хв}$$

де: $t_{вст} = 0,3$ хв – час на встановлення деталі;

$t_{зм} = 0,4$ хв – час, пов'язаний з встановленням інструменту;

$t_{пер} = 0,1$ хв – час на встановлення режимів різання;

$t_{к} = 0,35$ хв. – час на контрольні вимірювання.

60 Фрезерна

60.1 Фрезерування зубів колеса

Для нарізання зубів колеса вибираємо модульну фрезу модулем $m = 4$.

Глибина різання $t = 8,8$ мм.

За паспортним даними зубофрезерного верстата 53А50 приймаємо подачу $S_e = 2$ мм/об.

Розрахункова швидкість різання:

$$V = \frac{285}{T^{0,25} \cdot S^{0,5} \cdot m^{0,25}} = \frac{285}{480^{0,25} \cdot 2^{0,5} \cdot 4^{0,25}} = 30,4 \text{ м/хв}$$

де: $T = 480$ хв – стійкість фрези.

Розрахункова частота обертання шпинделя верстата:

$$n_{\epsilon} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30,4}{3,14 \cdot 80} = 121 \text{ об/хв}$$

де: D – зовнішній діаметр фрези, мм.

Із ряду частот шпинделя верстата приймаємо $n_{\epsilon} = 100$ об/хв.

За вибраним значенням n_{ϵ} визначаємо фактичну швидкість:

$$V_{\partial} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\epsilon}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 25,12 \text{ м/хв}$$

8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

Правильний монтаж та своєчасне технічне обслуговування сепаратора для сепарування ферментованого молока є ключовими факторами для забезпечення його надійної, безпечної та ефективної роботи протягом усього терміну експлуатації. Недотримання вимог щодо монтажу може призвести до передчасного виходу обладнання з ладу, зниження якості сепарування та створення небезпечних ситуацій для персоналу. Регулярний технічний сервіс, у свою чергу, запобігає виникненню серйозних поломок, підтримує оптимальні робочі параметри та продовжує термін служби обладнання.

Вимоги щодо монтажу сепаратора

Монтаж сепаратора повинен здійснюватися згідно з інструкцією виробника та чинними будівельними нормами і правилами, а також вимогами з електробезпеки та охорони праці.

Основні вимоги до монтажу включають:

- вибір місця встановлення:
 - сепаратор повинен встановлюватися на рівній, міцній та горизонтальній поверхні;
 - необхідно забезпечити достатній простір навколо сепаратора для зручного доступу під час експлуатації, обслуговування, очищення та ремонту;
 - приміщення, де встановлюється сепаратор, повинно відповідати санітарно-гігієнічним вимогам молочної промисловості (легкість очищення, можливість дезінфекції);
 - слід враховувати необхідність підведення комунікацій: електроживлення, трубопроводів для подачі продукту, відведення сироватки, а також підведення води для промивання;
 - не допускається встановлення сепаратора в місцях з підвищеною вологістю, агресивним середовищем або значними коливаннями температури, якщо це не передбачено його конструкцією.

- підготовка фундаменту/платформи:
 - фундамент або платформа повинні бути виконані відповідно до проекту та витримувати статичні та динамічні навантаження від працюючого сепаратора;
 - перед встановленням необхідно перевірити горизонтальність поверхні за допомогою рівня;
 - на фундаменті/платформі повинні бути передбачені місця для надійного кріплення сепаратора за допомогою анкерних болтів або інших кріпильних елементів, що запобігають його зміщенню під час роботи.
- встановлення та вирівнювання сепаратора:
 - сепаратор встановлюється на підготовлене місце;
 - за допомогою регульовальних болтів або підкладок необхідно точно вирівняти сепаратор у горизонтальній площині, що є критично важливим для його правильної роботи та запобігання вібрації;
 - після вирівнювання сепаратор надійно фіксується за допомогою передбачених кріпильних елементів.
- підключення комунікацій:
 - електроживлення. Підключення до електромережі повинно здійснюватися відповідно до схеми підключення, вимог електробезпеки та потужності сепаратора. Обов'язковим є надійне заземлення (занулення) корпусу сепаратора. Необхідно передбачити захисні пристрої (автоматичні вимикачі, пристрої захисного відключення);
 - трубопроводи. Підключення трубопроводів для подачі продукту та відведення сироватки повинно бути герметичним, виконаним з матеріалів, сумісних з харчовими продуктами та умовами експлуатації (температура, тиск). Необхідно забезпечити правильні кути нахилу для самопливного відведення рідини та можливість легкого розбирання для очищення;
- перевірка після монтажу:

- після завершення монтажних робіт необхідно перевірити правильність встановлення, надійність кріплення, герметичність з'єднань трубопроводів та якість підключення до електромережі;
- провести пробний пуск сепаратора на холостому ході для перевірки відсутності незвичайних шумів, вібрації та правильного обертання ротора;
- перевірити роботу блокувань та захисних пристроїв.

Вимоги щодо технічного сервісу сепаратора

Регулярне та якісне технічне обслуговування є запорукою довговічної та безперебійної роботи сепаратора. Технічний сервіс повинен проводитися відповідно до графіка, встановленого виробником в інструкції з експлуатації, а також за фактичним станом обладнання.

Основні види та вимоги до технічного сервісу включають:

- щоденне обслуговування:
 - візуальний огляд сепаратора перед початком та після закінчення роботи на предмет витікання продукту, пошкоджень, ослаблення кріплень;
 - перевірка рівня шуму та вібрації під час роботи;
 - контроль за показаннями контрольно-вимірювальних приладів;
 - підтримання чистоти навколо сепаратора.
- періодичне технічне обслуговування (ТО):
 - ТО-1 (перше технічне обслуговування): проводиться через певний проміжок часу або кількість відпрацьованих годин (згідно з інструкцією). Включає перевірку кріплень, змащення рухомих частин, очищення від забруднень, перевірку герметичності з'єднань;
 - ТО-2 (друге технічне обслуговування): більш глибоке обслуговування, яке проводиться через більший проміжок часу. Може включати розбирання окремих вузлів для огляду, очищення та змащення, перевірку стану підшипників, ущільнень, балансування барабана (за необхідності);
 - ТО-3 (третє технічне обслуговування) / капітальний ремонт: проводиться через значний проміжок часу або після виявлення серйозних

зношень чи пошкоджень. Може включати повне розбирання сепаратора, дефектацію деталей, заміну зношених або пошкоджених елементів, відновлення посадкових місць, балансування ротора, складання та налагодження.

На підприємстві повинен бути розроблений та затверджений графік проведення всіх видів технічного обслуговування сепаратора відповідно до рекомендацій виробника та умов експлуатації.

При технічному обслуговуванні та ремонті необхідно використовувати тільки оригінальні або сертифіковані виробником запасні частини та мастильні матеріали, що відповідають технічним вимогам до сепаратора. Забороняється використання неоригінальних або невідповідних деталей, що може призвести до зниження надійності та безпеки роботи обладнання.

Технічне обслуговування та ремонт сепаратора повинні проводитися навченим та кваліфікованим персоналом, який має необхідні знання з будови, принципів роботи, правил експлуатації та технічного обслуговування сепараторів даного типу. Персонал повинен бути забезпечений необхідним інструментом, пристосуваннями та засобами індивідуального захисту.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Система управління сепаратором для сепарування ферментованого молока є важливим елементом технологічної лінії виробництва м'яких сирів. Її основна функція полягає в забезпеченні ефективного, безпечного та контрольованого процесу розділення сироватки від згустку, досягнення необхідної консистенції та вологості кінцевого продукту.

Система управління повинна забезпечувати виконання наступних основних завдань:

1. Контроль частоти обертання барабана сепаратора. Підтримання заданої частоти обертання є визначальним фактором ефективності сепарації.

2. Регулювання продуктивності (подачі) ферментованого молока. Контроль об'єму ферментованого молока, що подається в сепаратор за одиницю часу, є важливим для оптимізації процесу розділення та запобігання перевантаженню обладнання. Система повинна забезпечувати можливість змінювати продуктивність в залежності від потреб технологічного процесу.

3. Моніторинг та контроль тиску. Контроль тиску є важливим аспектом безпеки та ефективності роботи. Система повинна відображати поточний тиск та мати механізми для його регулювання та запобігання виходу за допустимі межі.

4. Контроль температури (за необхідності). В деяких випадках може виникнути потреба в контролі температури ферментованого молока на вході в сепаратор для забезпечення оптимальних умов сепарації та збереження якості продукту.

5. Автоматизоване очищення (CIP - Cleaning In Place). Система управління повинна інтегруватися з системою автоматизованого миття (CIP), забезпечуючи програмування та контроль циклів очищення сепаратора для підтримання високих санітарно-гігієнічних стандартів.

6. Захисні функції та аварійні зупинки. Система повинна включати в себе ряд захисних механізмів для запобігання пошкодженню обладнання та забезпечення безпеки персоналу. При виникненні нештатних ситуацій (перевантаження, вібрація, вихід параметрів за допустимі межі) повинна забезпечуватися автоматична зупинка сепаратора та сигналізація.

7. Інтерфейс оператора. Система управління повинна мати зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора, що відображає ключові технологічні параметри, дозволяє задавати необхідні значення, контролювати процес в реальному часі та отримувати інформацію про стан обладнання та можливі помилки.

Залежно від складності технологічної лінії та вимог до автоматизації, система управління сепаратором може бути реалізована на базі програмованих логічних контролерів (PLC), мікроконтролерів або промислових комп'ютерів з використанням відповідного програмного забезпечення та засобів людино-машинного інтерфейсу (HMI). Ефективна система управління є запорукою стабільної та якісної роботи сепаратора, мінімізації втрат продукту та забезпечення високої якості кінцевого продукту.

10. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ

Охорона праці на підприємствах молочної промисловості є комплексом організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності працівників у процесі їх трудової діяльності. Експлуатація сепаратора для сепарування ферментованого молока пов'язана з певними виробничими ризиками, тому дотримання вимог охорони праці є обов'язковим для всіх працівників, які займаються його обслуговуванням.

Загальні питання охорони праці на підприємстві

На молокопереробному підприємстві повинні бути впроваджені та постійно підтримуватися наступні загальні заходи з охорони праці:

- проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів для всіх працівників, які виконують роботи з сепаратором, а також періодичне навчання з питань охорони праці керівників та відповідальних осіб;
- видача працівникам спецодягу, спецвзуття, захисних окулярів, рукавиць та інших ЗІЗ відповідно до діючих норм та характеру виконуваних робіт;
- організація попередніх (при прийнятті на роботу) та періодичних медичних оглядів працівників, зайнятих на роботах з підвищеною небезпекою або шкідливими умовами праці;
- наявність на робочих місцях інструкцій з охорони праці для кожного виду робіт та обладнання, з якими працівники повинні бути ознайомлені під підпис;
- регулярне технічне обслуговування, огляди та випробування обладнання, своєчасний ремонт. Підтримання належного освітлення, вентиляції, температурного режиму та чистоти у виробничих приміщеннях;

- проведення атестації робочих місць за умовами праці - з метою виявлення шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу та вжиття заходів щодо поліпшення умов праці;

- організація пожежної безпеки - наявність первинних засобів пожежогасіння, розроблених планів евакуації, проведення навчань з пожежної безпеки.

Заходи з охорони праці при роботі з сепаратором для сепарування ферментованого молока

Експлуатація сепаратора для сепарування ферментованого молока пов'язана з ризиками травмування рухомими частинами, ураження електричним струмом, опіків (при використанні гарячої води для промивання), а також впливу шуму та вібрації. Для забезпечення безпечної роботи з сепаратором необхідно дотримуватися наступних заходів:

- допуск до роботи - до роботи з сепаратором допускаються лише особи, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці, стажування на робочому місці;

- перед початком роботи:

- переконатися у справності сепаратора, надійності кріплення всіх його частин, наявності та справності захисних кожухів та блокувань;

- перевірити наявність та справність заземлення (занулення) корпусу сепаратора;

- оглянути стан електропроводки та підключення до електромережі;

- переконатися у відсутності сторонніх предметів біля сепаратора;

- перевірити наявність необхідних інструментів та пристосувань для роботи та обслуговування.

- під час роботи сепаратора:

- забороняється працювати зі знятими або несправними захисними кожухами та блокуваннями;

- не допускати потрапляння сторонніх предметів у сепаратор;

- слідувати за рівномірним подаванням ферментованого молока в сепаратор;
- при виникненні незвичайних шумів, вібрації або інших ознак несправності негайно зупинити сепаратор та повідомити про це відповідальну особу;
- забороняється самостійно проводити ремонт або регулювання сепаратора під час його роботи;
- підтримувати чистоту на робочому місці, не допускати розливання продукту та утворення слизьких ділянок.
 - після закінчення роботи:
 - зупинити сепаратор відповідно до інструкції з експлуатації;
 - відключити його від електромережі (переконатися у відсутності напруги);
 - провести очищення та промивання сепаратора відповідно до санітарних норм та інструкції з експлуатації. При використанні гарячої води для промивання необхідно використовувати термостійкі рукавиці та уникати опіків;
 - прибрати робоче місце, інструменти та пристосування;
 - повідомити відповідальну особу про всі виявлені під час роботи несправності або зауваження.
 - технічне обслуговування та ремонт:
 - технічне обслуговування та ремонт сепаратора повинні проводитися кваліфікованим персоналом після його повної зупинки та відключення від електромережі;
 - перед проведенням ремонтних робіт необхідно вжити заходів щодо запобігання випадковому пуску сепаратора (вивісити попереджувальні плакати, заблокувати пускові пристрої);
 - після завершення ремонтних робіт необхідно перевірити надійність кріплення всіх вузлів та деталей, справність захисних кожухів та блокувань.

• Вимоги до приміщення:

- приміщення, де встановлено сепаратор, повинно відповідати санітарним нормам та вимогам з електробезпеки;
- підлога повинна бути рівною, неслизькою та мати достатній ухил для стікання рідини;
- приміщення повинно бути обладнане ефективною системою вентиляції та достатнім освітленням;
- повинні бути передбачені зручні та безпечні підходи до сепаратора для його обслуговування та ремонту.

Дотримання вищезазначених заходів з охорони праці при експлуатації сепаратора для сепарування ферментованого молока є запорукою безпечної та ефективної роботи, збереження здоров'я працівників та запобігання нещасним випадкам на виробництві.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз конструкцій та роботи саморозвантажувальних сепараторів, які використовуються для сепарування ферментованого молока, дозволив виявити, що дане обладнання стикається з проблемою втрат сирного згустку, який виноситься разом з сироваткою. Це призводить до зниження виходу готової продукції, збільшення відходів та, як наслідок, до економічних втрат.

Модернізація саморозвантажувального сепаратора передбачає інтеграцію в його конструкцію системи рециркуляції сироватки, яка містить систему трубопроводів для направлення сироватки назад до вхідного патрубку сепаратора, систему контролю та регулювання для налаштування об'єму рециркулюючої сироватки. Частина знежиреної сироватки, що вже пройшла первинне сепарування і містить менший відсоток твердих частинок сирного згустку, буде подаватися назад у потік ферментованого молока перед його надходженням у барабан сепаратора. Це технічне рішення за рахунок зменшення втрати сирного згустку дозволяє підвищити вихід готового продукту і, як результат, отримати додатковий дохід.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Практикум з технології молока та молочних продуктів : навч. посіб. / О. В. Грек та ін. Київ : НУХТ, 2015. 431 с.
2. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворошук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв. Київ : Фірма «ІНКОС», Центр навчальної літератури, 2007. 344 с.
3. Сухенко Ю. Г., Бойко Ю. І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2009. 262 с.
4. Грек О. В., Скорченко Т. А. Технологія сиру кисломолочного та сиркових виробів : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2009. 235 с.
5. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія молока і молочних продуктів : навчальне видання. Київ : Вища освіта, 2006. 351 с.
6. Технологія молочних продуктів : підручник / Г. Є. Поліщук та ін. Київ : НУХТ, 2013. 502 с.
7. Технологія сиру : підручник / Ю. Г. Сухенко та ін. Київ : Компринт, 2015. 412 с.
8. Будова і принцип дії сепаратора для молока : методичні рекомендації та завдання щодо виконання практичної роботи студентам денної та заочної форми навчання / П. В. Гурський та ін. Харків : ХНТУСГ, 2018. 32 с
9. Матеріалознавство та матеріали у харчовій промисловості : підручник / В. А. Косенко та ін. Київ : Університет «Україна», 2017. 298 с.
10. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості : підручник / А. П. Ладанюк та ін. Київ : Аграрна освіта, 2001. 224 с.
11. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В. Г. Мирончук та ін. Вінниця : Нова книга, 2007. 648 с.

12. Експлуатація та обслуговування обладнання переробних і харчових виробництв : навч. посібн. / О. В. Богомолів та ін. Харків : Міськдрук, 2014. 254 с.

13. Монтаж, ремонт, наладка обладнання молочної промисловості / П. В. Гурський та ін. Харків : ХДУХТ, 2001. 230 с.

14. Технологія переробки молока : навчальний посібник / П. В. Гурський та ін. Харків : ХДУХТ, 2006. 320 с.

15. Технологічні розрахунки у молочній промисловості : нав. пос. / Г. Є Поліщук та ін. Київ : НУХТ, 2013. 343 с.

16. Голінько В. І. Основи охорони праці : підручник. Дніпропетровськ : НГУ, 2014. 271 с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				Документація		
A1			210644.KP.16.001.B3	Вигляд загальний	1	
				Складальні одиниці		
		14		Тахометр	1	
		19		Барабан	1	
		20		Редукційний клапан	1	
		24		Кран	1	
				Деталі		
		1		Труба	1	
		2		Трійник	2	
		3		Труба	1	
		4		Корпус	1	
		5		Патрубок	1	
		6		Живильна труба	1	
		7		Вертикальний вал	1	
		8		Лоток	1	
		9		Станина	1	
		10		Пробка	1	
		11		Оглядове вікно	1	
		12		Горизонтальний вал	1	
		13		Пробка	1	
Відповідальна організація			Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	
НУХТ			Слюсенко А.М.	Саван С.С.	Якимчук М.В.	
Власник документа				Вид документа	Статус документа	
				Специфікація		
				Назва, додаткова назва	210644.KP.16.001.СП	
НУХТ				Сепаратор	Інд. змін	Дата видання
					Мова	Аркуш
					ua	1/2

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				Документація		
A2			210644.KP.16.002.B3	Вигляд загальний	1	
				Деталі		
		1		Основа	1	
		2		Прокладка	1	
		3		Затяжне кільце	1	
		4		Кришка	1	
		5		Шпонка	1	
		6		Випускне кільце	1	
		7		Тарілкотримач	1	
		8		Тарілка комплекту	55	
		9		Штифт	1	
		10		Обойма сопла	4	
		11		Сопло	4	
		12		Прокладка сопла	4	
		13		Корпус сопла	4	
		14		Штифт	1	
Відповідальна організація			Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	
НУХТ			Слюсенко А.М.	Саван С.С.	Якимчук М.В.	
Власник документа				Вид документа	Статус документа	
				Специфікація		
				Назва, додаткова назва	210644.KP.16.002.СП	
НУХТ				Барабан	Інд. змін	Дата видання
					Мова	Аркуш
					ua	1/1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				Документація		
A1			210644.KP.16.003.B3	Вигляд загальний	1	
				Складальні одиниці		
		8		Тахометр	1	
		11		Гальмо	1	
				Деталі		
		2		Станина	1	
		3		Напівмуфта	1	
		4		Пружний диск	1	
		5		Напівмуфта	1	
		6		Палець	3	
		7		Кришка	2	
		9		Вал-втулка	1	
		10		Втулка	2	
		12		Шайба	1	
		13		Гайка	1	
		14		Диск	1	
		15		Вал	1	
		16		Накладка	1	
		17		Бандаж	1	
		18		Палець	4	
		19		Гайка	2	
Відповідальна організація			Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено	
НУХТ			Слюсенко А.М.	Савон С.С.	Якимчук М.В.	
Власник документа				Вид документа	Статус документа	
				Специфікація		
				Назва, додаткова назва	210644.KP.16.003.СП	
				Горизонтальний вал	Інд. змін	Дата видання
НУХТ					Мова	Аркуш
					ua	1/2

Формат	Зона	№	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
		20		Фланець	1	
		22		Шестерня	1	
		23		Палець	3	
		24		Ручка	1	
		25		Пружина	1	
		26		Корпус	1	
		27		Колодка гальма	1	
		28		Накладка	1	
		29		Обмежувач	4	
		30		Колодка муфти	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		1		Електродвигун	1	
		21		Підшипник 313	2	
210644.KP.16.003.CП				Інд. змін	Дата видання	Мова ua
						Аркуш 2/2