

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення вузла горизонтальної опори сепаратора
марки AMRPX 614 HGV-14C

Виконав(ла): здобувач(ка)
вищої освіти 6 курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

Новак Ю. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Шинкарик М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворощук В.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ
Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 11 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

здобувачу вищої освіти Новак Юрій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення вузла горизонтальної опори сепаратора
марки AMRPX 614 HGV-14C

Керівник роботи Шинкарик Марія Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 8 » листопада 2024 року № 4/7-1067.

2. Термін подання завершеної роботи 20 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та
технічного обслуговування і ремонту сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C. Існуюча
технологія виробництва сметани.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Аналіз об'єкту дослідження, вибір та обґрунтування напрямків
дослідження. 2. Підбір теоретичних, експериментальних методів виконання досліджень.

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта
дослідження. 4. Дослідження впливу технологічних параметрів роботи на конструктивні
параметри сепаратора. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Заходи з
охорони праці і техніки безпеки при виробництві сметани. 5.2. Заходи з безпеки в
надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Сепаратор AMRPX 614 HGV-14C (1 л. ф. А1)

Вузол горизонтального вала сепаратора AMRPX 614 HGV-14C (1 л. ф. А1)

Вузол барабана сепаратора AMRPX 614 HGV-14C (1 л. ф. А1)

Вузол вертикального вала сепаратора AMRPX 614 HGV-14C (1 л. ф. А1)

Витрати потужності та продуктивність сепаратора від температури молока (1 л. ф. А1)

Максимальне напруження в барабані сепаратра від зовнішнього діаметру барабана сепаратра
та від частоти обертання барабана сепаратра (1 л. ф. А1)

Критична товщина стінки барабана сепаратра від зовнішнього діаметру та граничне значення
зовнішнього діаметру барабана сепаратра від внутрішнього діаметру (1 л. ф. А1)

Дослідження пружини горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C (1 л.
ф. А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стадник І.Я. – д.т.н., проф..</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання « 11 » листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз об'єкту дослідження, вибір та обґрунтування напрямків дослідження		
4	2. Підбір теоретичних, експериментальних методів виконання досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження		
6	4. Дослідження впливу технологічних параметрів роботи на конструктивні параметри сепаратора.		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.		
8	5.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві сметани		
9	5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях		
10	Загальні висновки		
11	Графічна частина		
12	Сепаратор AMRPX 614 HGV-14C		
13	Вузол горизонтального вала сепаратора AMRPX 614 HGV-14C		
14	Вузол барабана сепаратора AMRPX 614 HGV-14C		
15	Вузол вертикального вала сепаратора AMRPX 614 HGV-14C		
16	Витрати потужності та продуктивність сепаратора від температури молока		
17	Максимальне напруження в барабані сепаратра від зовнішнього діаметру барабана сепаратра та від частоти обертання барабана сепаратра		
18	Критична товщина стінки барабана сепаратра від зовнішнього діаметру та граничне значення зовнішнього діаметру барабана сепаратра від внутрішнього діаметру		
19	Дослідження пружини горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Новак Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Шинкарик М.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи - Новак Юрій Володимирович.

Тема кваліфікаційної роботи магістра: Удосконалення вузла горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C.

Кваліфікаційну роботу магістра виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2024 році

Кваліфікаційна робота магістра складається із розрахунково пояснювальної записки розміру 84 сторінки (35 рисунків) та графічної частини розміру 8 аркушів формату A1.

У кваліфікаційній роботі запропоновано рішення щодо удосконалення вузла горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C.

Вирішені в роботі задачі:

аналіз конструкцій обладнання для сепарування молочних продуктів;

розробка заходів із удосконалення сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C;

математичне моделювання впливу конструкції барабана сепаратора на його роботу;

дослідження сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C для різних режимів;

математичне оброблення отриманих результатів досліджень;

розробити заходи охорони праці та безпеки і вирішити питання безпеки в надзвичайних ситуаціях..

Ключові слова: сепаратор, опора, барабан, молоко.

Abstract

Yuriy Novak. Удосконалення вузла горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2024.

The master's qualification work consists of a 84-page explanatory note (35 figures) and a graphic part of 8 sheets of A1 format.

The qualification work proposes a solution to improve the horizontal support unit of the AMRPX 614 HGV-14C separator.

Tasks to be solved in the work:

- analysis of equipment designs for separating dairy products;
- development of measures to improve the AMRPX 614 HGV-14C separator;
- mathematical modeling of the effect of the separator drum design on its operation;
- studying the operation of the AMRPX 614 HGV-14C separator under different modes;
- mathematical processing of research results;
- testing of occupational health and safety measures and addressing safety issues in emergency situations.

Keywords: separator, support, drum, milk.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Аналіз об'єкту дослідження, вибір та обґрунтування напрямків дослідження	10
1.1. Огляд конфструкцій сепараторів для молочних продуктів	10
1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.	21
1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.	23
2. Підбір теоретичних, експериментальних методів виконання досліджень.....	24
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.	29
3.1. Вбір схеми вироблення сметани.....	29
3.2. Розробка заходів з модернізації сепаратора.....	31
3.2.1. Структурний аналіз і кінематичні розрахунки сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C	31
3.3. Технологічний розрахунок сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C...34	
3.3.1. Визначення продуктивності сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C	34
3.3.2. Визначення величини напору при роботі сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C	35
3.3.3. Розрахунок режиму руху рідини під час розділення	35
3.3.4. Розрахунок геометричних параметрів отвору для виведення із сепаратора вершків	36
3.3.5. Енергетичний розрахунок сепаратора	38

3.3.6. Конструктивний розрахунок барабана сепаратора	40
3.4. Заходи із монтажу, експлуатації та технічного обслуговування сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C	42
4. Дослідження впливу технологічних параметрів роботи на конструктивні параметри сепаратора.....	47
4.1. Постановка завдань дослідження.	47
4.2. Результати дослідження	51
4.3. Дослідження пружини горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C	57
4.4. <i>Аналіз</i> результатів дослідження	62
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	63
5.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві сметани...63	
5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	69
5.2.1. Стійкість роботи ПРАТ «Тернопільський молокозавод» до дії проникаючої радіації та радіоактивного зараження місцевості ядерного вибуху	69
5.2.1.1. Характеристика проникаючої радіації.....	69
5.2.1.2. Уражуюча дія проникаючої радіації та методи захисту	71
5.2.1.3. Забезпечення стійкості радіоактивного зараження місцевості, приземного шару атмосфери і об'єктів ПРАТ «Тернопільський молокозавод» при ядерному вибуху	74
Загальні висновки до магістерської роботи	79
Перелік посилань.....	80
Додаток А.....	82
Специфікації	85

Вступ

Молочні продукти багаті на білки, жири, вітаміни (А, D, Е, В-групи) та мінерали (кальцій, фосфор, магній) і тому займають важливе місце у харчуванні людини. На початку всіх виробничих процесів молоко піддається очистці від сторонніх домішок. Сепарування — важливий етап у переробці молока, який дозволяє отримувати продукти різної жирності та якості.

Виробництво продуктів харчування регулярно формує нові виклики, на які доводиться реагувати. Постійне покращення конструкції молочних сепараторів має критичне значення для забезпечення високої ефективності, якості продукції та відповідності сучасним вимогам молочної промисловості.

Завданнями кваліфікаційної роботи є:

аналіз типажу і конструкцій обладнання для сепарування молочних продуктів;

розробка заходів із удосконалення сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C;
математичне моделювання впливу конструкції барабана сепаратора на його роботу;

дослідження роботи сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C при різних режимах;

математична обробка результатів досліджень;

розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки та вирішення питання безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження були режими роботи сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C.

Предмет дослідження. Сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C.

Методи досліджень. Експериментальні і теоретичні.

Наукова новизна.

В роботі досліджено вплив параметрів роботи сепаратора, таких як число обертів і температура молока на його конструктивні параметри.

Встановлено, що для поглиблення процесу розділення необхідно збільшити число обертів барабану, що призводить до зменшення діаметру і відповідно продуктивності сепаратора . Оптимальне число обертів барабану сепаратора знаходиться в межах 5000- 7000об/хв.

При збільшенні температури молока продуктивність сепаратора зростає, зменшуються напруження в стінці барабану, але граничною межею може бути температура 40°C, при якій починає плавитись молочний жир.

Отримані результати можна застосовувати для покращення діючого та створенні нового обладнання для сепарування молока.

Результати, представлені у магістерській роботі були показані на XIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 11-12 грудня 2024 року.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із п'яти частин, додатка та графічної частини обсягом 8 аркушів А1.

1. Аналіз об'єкту дослідження, вибір та обґрунтування напрямків дослідження

1.1. Огляд конфструкцій сепараторів для молочних продуктів

За основними процесами, що протікають у сепараторах,[1,2] їх можна класифікувати таким чином:

сепаратори-вершковідділювачі - для розділення молока на вершки та знежирене молоко, нормалізації молока, отримання високожирних вершків, знежирення сироватки.

сепаратори-молокоочисники - для очищення молока від механічних і білкових забруднень.

сепаратори-гомогенізатори (кларифікатори) - для очищення та гомогенізації молока.

Саморозвантажувальніні_ сепаратори - для очищення білкових мас (сиру) і для бактеріофугування.

Усі сепаратори працюють на надкритичних числах обертів (6...12 тис. об./хв).За конструктивними ознаками приймально-відвідного пристрою сепаратори поділяють на сепаратори відкритого типу; напівзакритого типу; сепаратори закритого типу.

У сепараторах відкритого типу введення поступаючого продукту і виведення рідинних фракцій реалізовано у формі вільного струменя__ (не герметизовані).

У сепараторах напівзакритого типу введення продукту здійснюється вільним струменем, а виведення відсепарованих фракцій герметизоване.

У сепараторах закритого типу введення поступаючого продукту в сепаратор і виведення відсепарованих фракцій відбувається під тиском (герметизовані).

За способом виведення твердого осаду сепаратори класифікують.

- виведення періодичне (при повному розбиранні барабана);
- виведення пульсуюче (викид протягом часток секунди на ходу без зниження частоти обертання, шляхом розкриття барабана);
- виведення безперервне (через сопла в стінках барабана);

- виведення комбіноване (безперервне через сопла зменшеного розміру і шляхом розкриття барабана).

Основні вузли сепаратора [3].

1. Сепарувальний пристрій (барабан) служить для розділення емульсій на фракції.

2. Приймально-відвідні пристрої для подачі і відведення продукту, що надходить у сепарувальний пристрій і відсепарованих фракцій та регулювання процесу розділення (жирності вершків, вологості білкової фракції)

3. Приводний механізм.

Сепарувальні пристрої бувають із нижнім і верхнім введенням продукту. У сепараторів-молокоочисників зазор між тарілками фіксується шипиками - 2...4 мм.

У сепараторів-вершковідділювачів зазор між тарілками - 0,6...0,8 мм, і вони мають на конусній поверхні отвори.

Привід сепаратора складається з вертикального і горизонтального валів, з'єднаних гвинтовою або черв'ячною передачею.

На процес сепарування впливають відцентрові сили, температура і в'язкість рідких молочних продуктів, величина потоку рідини, що проходить через сепаратор.

З підвищенням температури знижується в'язкість молока, і поділ його на фракції відбувається ефективніше (температура сепарування - 35...45 °C).

Конструкції сучасних сепараторів Спочатку потрібно конструкції сепараторів з ручним вивантаженням, потім з пульсуючим, а потім з неперервним . Тобто спочатку треба переставити сепаратор Г9-ОСП-3М потім сепаратор-молокоочисник ОМ-1А, А1-ОЦМ – 15 (А1-ОЦМ-5 можна забрати) Сепаратор Ж5-ОХ2-С, Сепаратор ОТР.

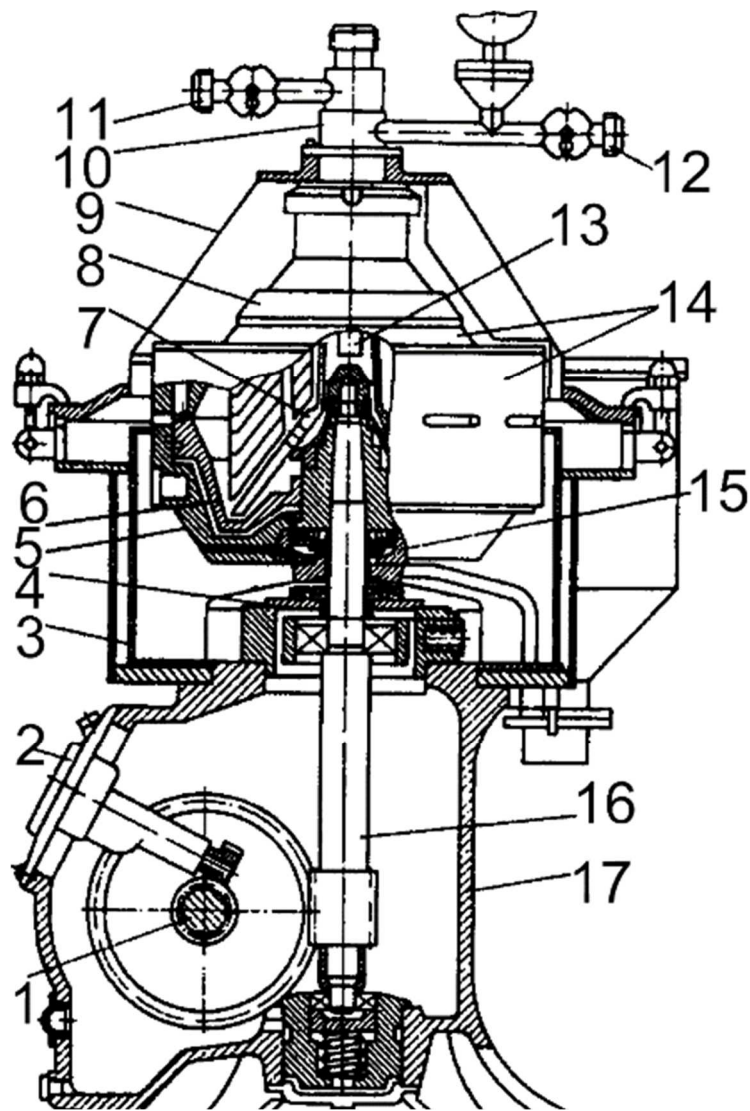


Рис. 1.1. Сепаратор-вершковідділювач А1-ОЦМ-5 із відцентровим періодичним вивантаженням осаду.

1 - горизонтальний вал; 2 - тахометр; 3 - приймач осаду; 4 - верхня горлова опора; 5 - основа; 6 - поршень; 7 - тарілотримач; 8 - кришка барабана; 9 - кришка сепаратора; 10 - приймально-відвідний пристрій; 11 - лінія відведення вершків; 12 - лінія відведення знежиреного молока; 13 - живильна труба; 14 - барабан; 15 - гідровузол; 16 - вертикальний вал; 17 – станина

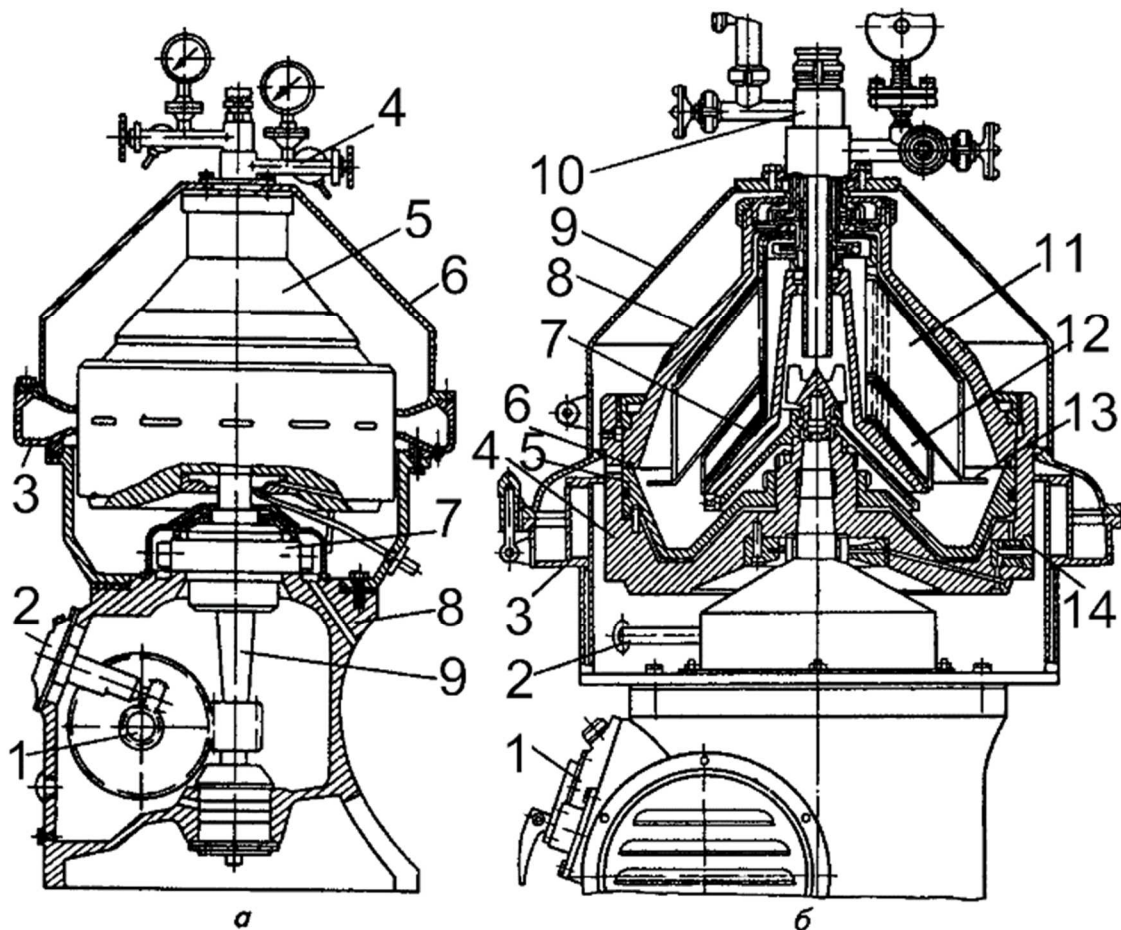


Рис. 1.2. Сепаратор Ж5-ОХ2-С для очищення молочної сироватки.

а - загальний вигляд. 1 - горизонтальний вал; 20 - тахометр; 3 - приймач шламу; 4 - приймально-вивідний пристрій; 5 - барабан; 6 - кришка; 7 - верхня (горлова) опора вертикального вала; 8 - станина; 9 - вертикальний вал.

б - барабан сепаратора. 1 - станина з приводним механізмом; 2 - гідровузол; 3 - приймач осаду; 4 - основа сепаруючого пристрою; 5 - днище; 6 - отвір для вивантаження осаду; 7 - тарілотримач; 8 - кришка пристрою для сепарування; 9 - кожух; 10 - приймально-вивідний пристрій; 11 - тарілка розділювача; 12 - тарілка освітлювача; 13 - тарілка з широким відбортюванням; 14 - клапан.

Сепаратор Г9-ОСП-3М напівзакритого типу з ручним вивантаженням осаду складається зі станини приводного механізму, вертикального і горизонтального валів, тахометра, барабана, кришки з приймально-вивідним пристроєм і стопора.

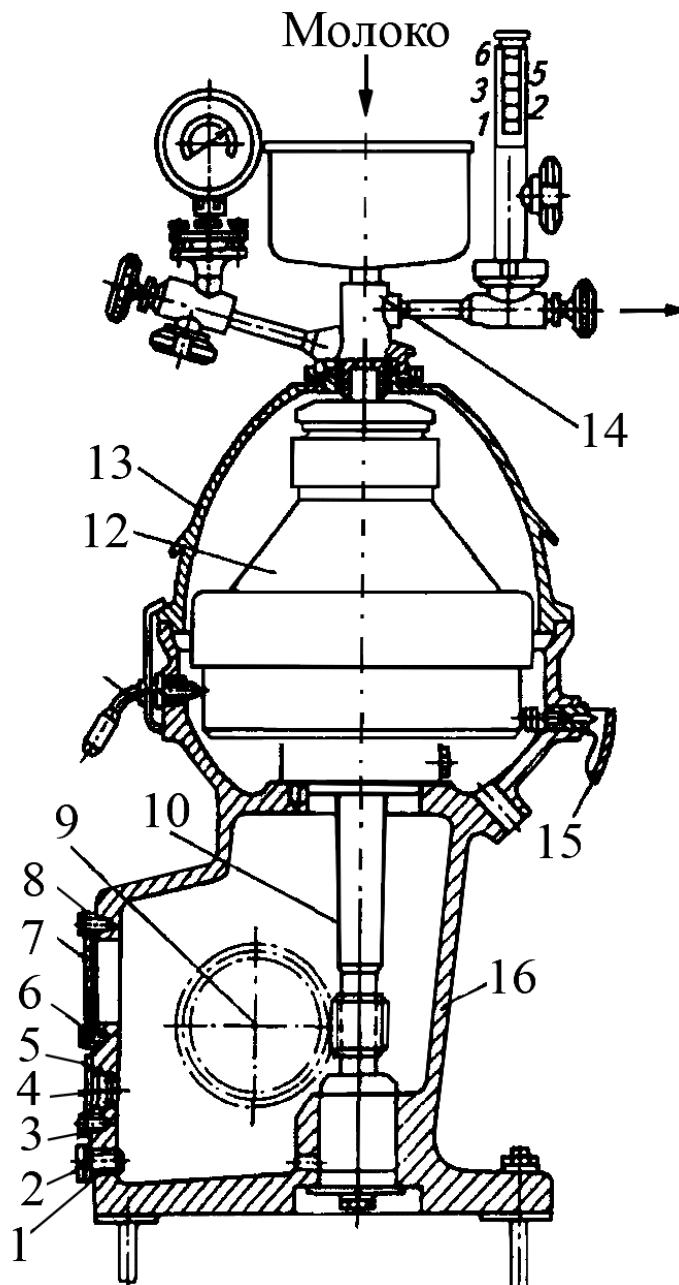


Рис. 1.3. Вершковіддільник Г9-ОСП-3М з ручним вивантаженням осаду.

1 - зливний отвір; 2,3 - гвинти; 4 - оглядове вікно; 5 - ущільнення; 6,8 - кріплення кожуха; 7 - кожух; 9 - горизонтальний вал; 10 - вертикальний вал; 11 - стопор; 12 - барабан; 13 - кришка; 14 - приймально-вивідний пристрій; 15 - гальмо; 16 – станина

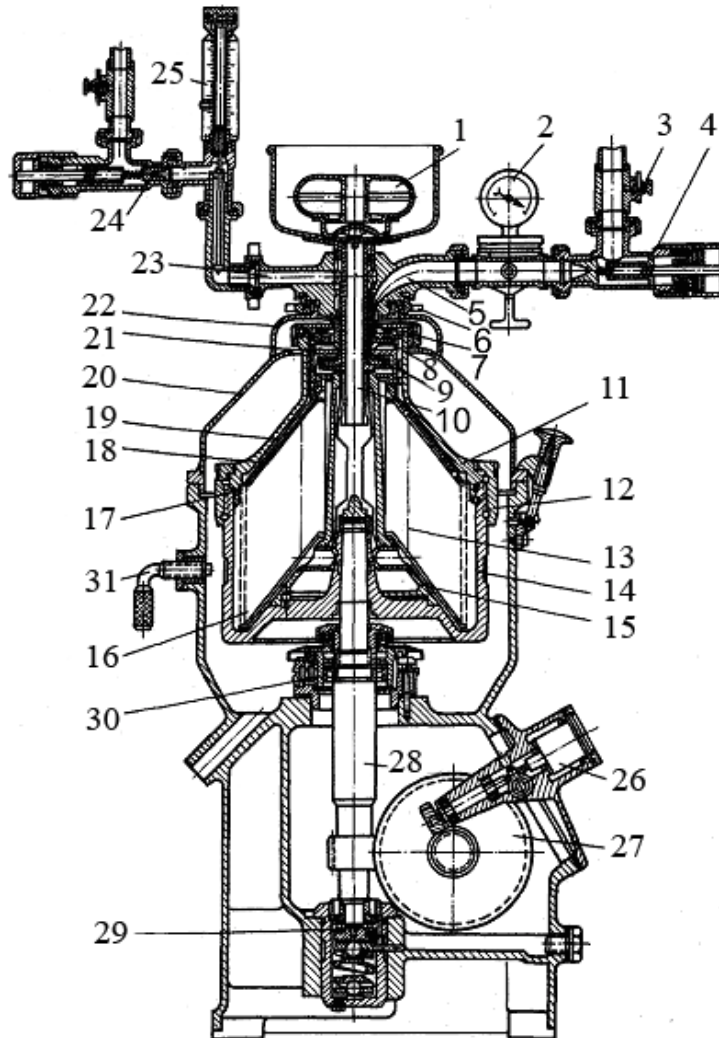


Рис. 1.4. Сепаратор- вершковідділювач.

1 - поплавкова камера; 2 - манометр; 3 – краник для відбору проб; 4, 24 - регулювальний дросель; 5 - патрубок для виведення знежиреного молока; 6 - накидна гайка; 7 - мале затяжне кільце барабана; 8,9 - напірні диски; 10 - живильна труба; 11 - кришка барабана; 12 - затяжне кільце барабана; 13 - вісь отворів у тарілках; 14 - основа барабана; 15 - тарілотримач; 16 - тарілки; 17 - кільце ущільнювача; 18 - верхня тарілка; 19 - розділяюча тарілка; 20 - кришка сепаратора; 21 - горизонтальна перегородка; 22 - кришка; 23 - пристрій для виведення вершків; 25 - ротаметр; 26 - тахометр; 27 - черв'ячне колесо приводу; 28 - веретено; 29 - підп'ятник із підшипником; 30 - горловий підшипник; 31 - стопорний гвинт.

Принцип роботи сепаратора-молокоочисника А1-ОЦМ-15 (рис. 1.6) наступний. Сировина центральним патрубком 6 приймально-вивідного пристрою 5 надходить до барабана сепаратора 3, де в міжтарілкових зазорах видаляються механічні забруднення.

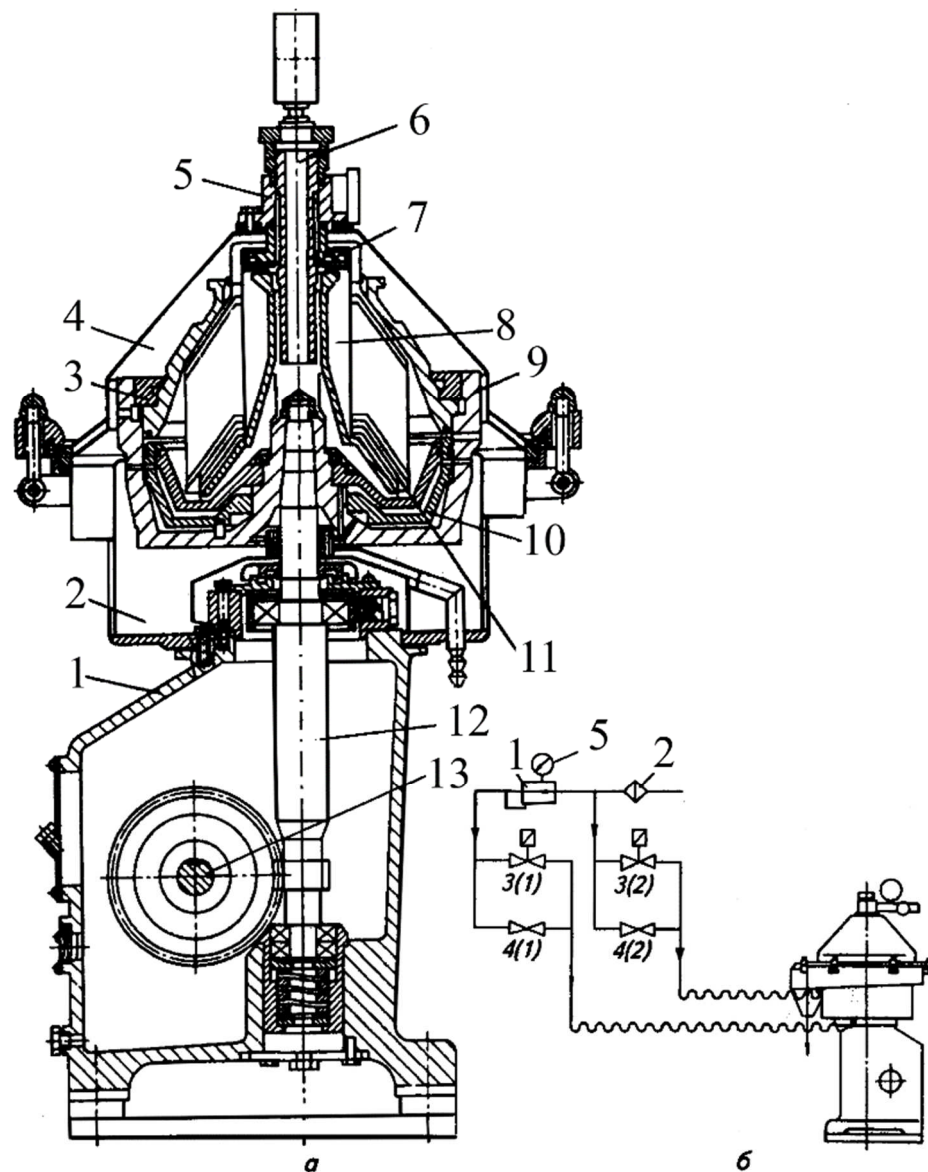


Рис. 1.6. Сепаратор-молокоочисник А1-ОЦМ - 15.

а - загальний вигляд. 1 - станина; 2 - приймач осаду; 3 – барабан сепаратора; 4 - кришка сепаратора; 5 - приймально-вивідний пристрій; 6 - центральна труба; 7 - напорний диск; 8 - тарілотримач; 9 - станини; 10 - поршень; 11 - тарілки; 12 - вертикальний вал; 13 - горизонтальний вал;

б - схема підключення гідросистеми. 1 - редукційний клапан; 2 - фільтр; 3(1), 3(2) - електромагнітні клапани; 4(1), 4(2) - вентилі; 5 – манометр.

Очищене молоко постійно відводиться з барабана напорним диском 7. Тиск освітленого молока регулюють вентилем і контрольним манометром 5. Вода подається в барабанну порожнину. Поршень опускається під дією гідростатичного тиску, і осад витісняється з барабана через дренажну канавку в основі. Під дією води в порожнині барабана поршень піднімається, закриває відповідну канавку і припиняє викид осаду.

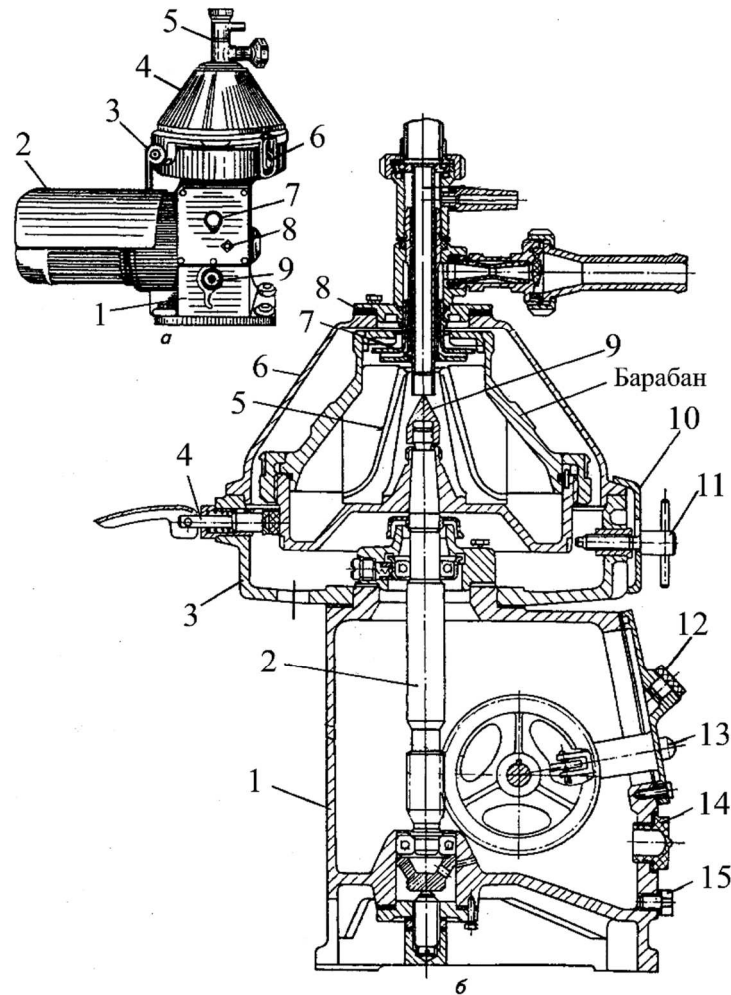


Рис. 1.7. Сепаратор-молокоочисник ОМ-1А.

а - загальний вигляд. 1 - станина; 2 - привід; 3 - стопор; 4 - кожух; 5 - приймально-вивідний пристрій; 6 - ручка гальма; 7 - отвір для заливання масла;

8 - кнопка пульсатора; 9 - оглядове скло;

б - вид у розрізі. 1 - станина; 2 - вертикальний вал (веретено); 3 - чаша; 4 - гальмо; 5 - крильчатка; 6 - кришка; 7 - напірний диск; 8 - кільце гумове; 9 - гайка; 10 - притиск; 11 - стопор; 12 - пробка; 13 - кнопка пульсатора; 14 -

оглядове скло; 15 - отвір для зливу масла

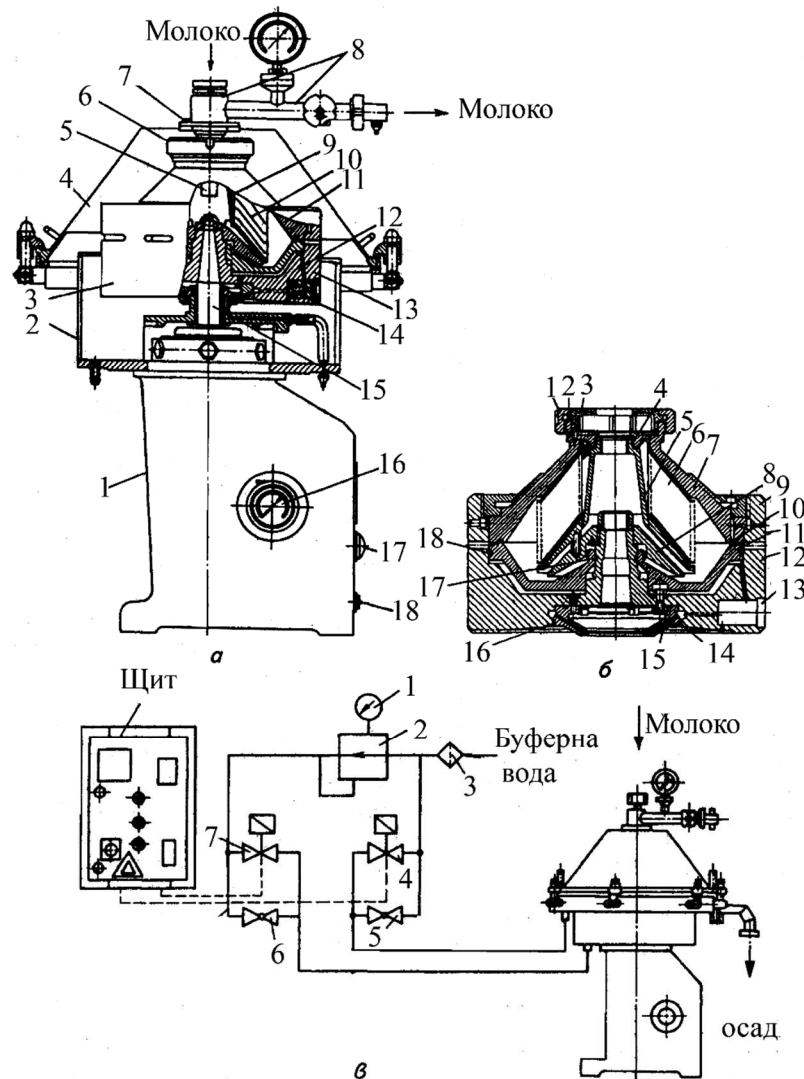


Рис. 1.8. Сепаратор-молокоочисник А1-ОЦМ-5.

а - загальний вигляд. 1 - станина; 2 - приймач осаду; 3 - барабан; 4 - кришка сепаратора; 5 - живильна (центральна) трубка; 6 - мале затяжне кільце (гайка); 7 - болт; 8 - приймальний вивідний пристрій; 9 - тарілотримач; 10 - пакет тарілок; 11 - кришка барабана; 12 - запірний поршень; 13 - основа; 14 - клапанний пристрій; 15 - вертикальний вал (веретено); 16 - тахометр; 17 - вказівник рівня масла; 18 - пробка; б - барабан сепаратора. 1 - накидна гайка; 2, 4, 10, 14 - 18 - ущільнення; 3 - горловина; 5 - тарілотримач; 6 - тарілки; 7 - корпус; 8 - основа; 9 - кільце; 11 - приймач; 12 - основа барабана; 13 - вихід для осаду; в - схема підключення гідросистеми. 1 - манометр; 2 - редукційний клапан; 3 - фільтр; 4, 7 - електромагнітні вентиля; 5, 6 - вентиля.

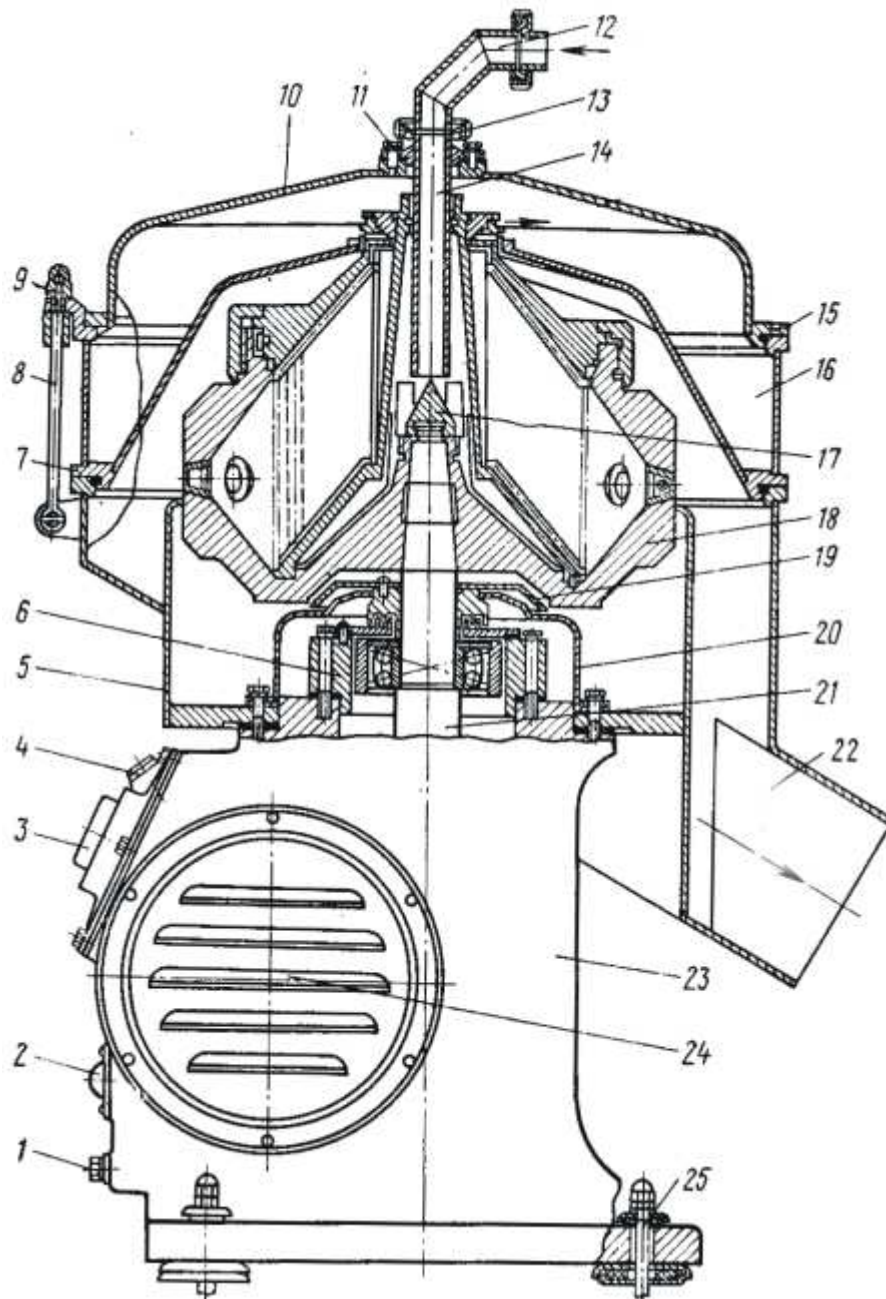


Рис. 1.9. Вертикальний розріз сепаратора ОТР:

1 – пробка отвору для спуску мастила; 2 – показчик рівня мастила; 3 – тахометр; 4 – пробка отвору для заливання мастила; 5 – чаша станини; 6 – горловий підшипник; 7 і 15 – ущільнювальні кільця; 6 – відкидний болт; 9 – притискач; 10 – кришка; 11 – фланець; 12 – коліно; 13 – гайка; 14 – живильна трубка; 16 – приймач сироватки; 17 – гайка веретена; 18 – барабан; 19 – козирок; 20 – кожух горлової опори; 21 – вертикальний вал; 22 – лоток; 23 – станина; 24 – горизонтальний вал; 25 – фундаментний болт.

Гідросистему встановлюють на відстані 1,5 м від сепаратора і з'єднують із ним трубопроводом. Живлення гідросистеми здійснюється від водопровідної мережі, тиск води не менше 0,2 МПа, температура не вище 35°C. На виході встановлено фільтр 2, що вловлює механічні домішки. Манометр 5 показує тиск у гідросистемі після редуційного клапана 1, що регулює тиск у лінії розвантаження барабана. Під час керування механізмом розвантаження за командою з пульта керування спрацьовує електромагнітний клапан 3(1), і вода спрямовується в порожнину барабана. Через електромагнітний клапан 3(2) вода подається на охолодження і змочування приймача осаду в автоматичному режимі роботи сепаратора. У разі виходу з ладу системи автоматичного вивантаження осаду переходять на ручне керування. клапан 4 (1) - розвантаження, а клапан 4 (2) - змочування приймача осаду.

Сепаратор ОТР – з неперервним відведенням фракцій.

Основними складовими сепаратора є станина 23, привідний механізм, чаша 5, станина з приймачем білкової фракції, лоток 22 для відведення білкової фракції з сепаратора, барабан 18, приймач сироватки 16 з відповідним патрубком 4, живильна трубка 14 з фланцем 11 і коліном 12.

Основа барабану 1 (рис. 1.10) має вигляд подвійної конусної поверхні, у вершині якої по колу розміщені 12 гнізд зі встановленими корпусами сопел 9 в яких вгвинчені тримачі 10 з соплами 11. Діаметри сопел змінні - 0, 5; 0, 6; 0, 7 мм.

Знежирена білкова фракція, що виходить з сопел барабану, попадає в чашу 5 (рис. 1.9). Приймач білкової фракції має конусне дно звідки вона, по мірі накопичування, потрапляє до лотка 22 і відводиться з сепаратора.

У (рис. 1.10) в верхній частині барабану встановлене кільце 5 з косими отворами, через які відділяється сироватка.

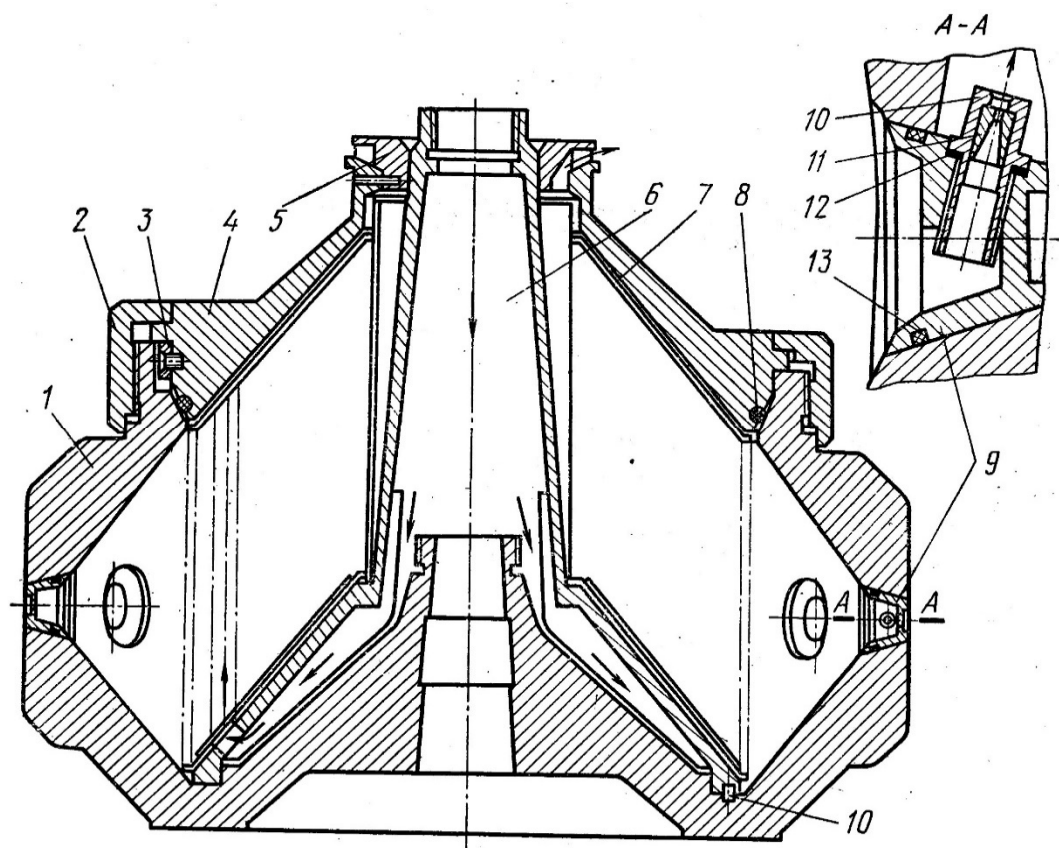


Рис. 1.10. Барабан сепаратора ОТР:

1 – основа; 2 – велике затяжне кільце; 3 – шпонка; 4 – кришка; 5 – кільце; 6 – тарілотримач; 7 – тарілка; 8 – ущільнювальне кільце; 9 – корпус сопла; 10 – тримач; 11 – сопло; 12 і 13 – прокладки.

1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕПАРАТОРА AMRPX 614 HGV-14C

Продуктивність, л/год	10 000
Частота обертання барабана, C^{-1} (об/хв.)	100 (6000)
Час набору барабаном робочого числа оборотів, хв.	3—5
Тривалість безперервної роботи сепаратора, год, не більше	5
Кількість масла, необхідного для заливки в масляну ванну, л	3-4
Габаритні розміри	

довжина	1377
ширина	1190
висота	1730
Маса барабана, кг	1377
Маса сепаратора без інструменту і запасних частин, кг	1512
Температура поступаючого в сепаратор незбираного молока °С	35—40
Кислотність поступаючого незбираного молока в градусах по Тернеру, не більше	20
Регулювання об'ємних співвідношень вершків до знежиреного молока	від 1:4—1:12
Вміст жиру в знежиреному молоці, %	0,02

Сепаратор складається з складових частин: привідного механізму, тахометра, барабана, приймально-вивідного пристрою.

Барабан є основним робочим органом сепаратора, де виконується розділювання молока на складові (вершки і перегін) під дією відцентрових сил. Всі деталі барабана мають заводську маркіровку. Тарілки нумеровані за порядком по номерах. Барабан повинен обертатися за годинниковою стрілкою, якщо дивитися на нього зверху.

Приймально-вивідний пристрій забезпечує подачу молока в барабан і відведення вершків і перегону, що сепарується, з барабана.

Привідний механізм змонтований в станині. У чаші масивної станини встановлено гальма і два стопори, утримуючі барабан від довільного обертання при збірці і розбиранні. Приводний механізм містить: електродвигун, горизонтальний вал з відцентровою муфтою і вертикальний вал.

На валу вертикальному встановлена втулка, призначена для обмеження коливань валу вертикального у випадку значного розбалансування барабана внаслідок неправильного його збирання або експлуатації. Тоді втулка виступає

тимчасовим підшипником ковзання. Вироблення втулки утворює звук високої тональності, що служить сигналом негайно відключити від електромережі.

Контроль частоти обертання барабана здійснюється тахометром циферблата. Для перевірки показів тахометра застосовують пульсатор. Для пуску пульсатора в роботу необхідно натискувати кнопку і рахувати поштовхи. У випадку робочої частоти обертання має бути 53 поштовхи на хвилину. Один поштовх – це 122 обертів барабана за хвилину. Робочій частоті обертання барабана відповідає 1440 на циферблаті.

1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Метою даної магістерської роботи є удосконалення конструкції вузла горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C і дослідження режимних параметрів сепаратора, з метою кращого і ефективнішого його застосування в робочих умовах.

Задачами, що вирішуються в роботі є:

аналіз конструкцій обладнання для сепарування молочних продуктів;

розробка заходів із удосконалення сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C;

математичне моделювання впливу конструкції барабана сепаратора на його роботу;

дослідження роботи сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C при різних режимах;

математична обробка результатів досліджень;

розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки та вирішення питання безпеки у надзвичайних ситуаціях.

2. Підбір теоретичних, експериментальних методів виконання досліджень.

У процесі проведення теоретичних досліджень [4–6] у поєднанні з математичними методами використовуються пакети прикладних програм MathCad Express та MS Excel.

MathCAD Express — це безкоштовна версія програмного забезпечення MathCAD Prime, розроблена компанією PTC. Вона призначена для здійснення математичних розрахунків, аналізу даних та візуалізації результатів. MathCAD Express є ідеальним інструментом для здобувачів вищої освіти, інженерів, науковців та інших фахівців, які виконують розрахунки, але не потребують усіх функцій платної версії. MathCAD Express є хорошим інструментом для інженерних розрахунків, створення технічної документації та проведення аналізу даних.

Основні можливості MathCAD Express передбачають:

- підтримка базових математичних операцій, алгебраїчних рівнянь та виразів;
- зближення розв'язків для лінійних і нелінійних систем рівнянь;
- аналітичні та числові обчислення;
- підтримка роботи з матрицями, включаючи множення, транспонування, визначення детермінанта та оберненої матриці;
- побудова графіків 2D та 3D для аналізу залежностей між змінними;
- налаштування графіків (шкали, мітки, кольори), що дозволяє чітко демонструвати результати;
- інтеграція тексту з формулами для створення читабельної документації;
- додавання одиниць вимірювання до змінних із автоматичною перевіркою їхньої відповідності;
- використання вбудованих шаблонів для типових інженерних розрахунків;
- можливість створення власних шаблонів для швидкого повторного використання;
- автоматична перевірка правильності одиниць вимірювання під час виконання розрахунків;

можливість конвертації одиниць (наприклад, переведення з метрів у дюйми);

імпорт даних із файлів (наприклад, ;csv, ;txt);

експорт результатів розрахунків у різних форматах для подальшого аналізу;

можливість адаптації до різних задач — від базових розрахунків до складних аналітичних моделей;

базовий функціонал надається безкоштовно без обмеження за часом.

Microsoft Excel — це програма компанії Microsoft для роботи з електронними таблицями. Excel широко використовується у практично у всіх сферах життя людини, а саме в бізнесі, науці, освіті для проведення лінійних розрахунків, аналізу даних, візуалізації інформації тощо. Це є потужний і універсальний інструмент для роботи з даними. Його функціонал дозволяє виконувати складні математичні розрахунки, обробляти і виконувати аналіз великих обсягів інформації, будувати графіки та створювати інтерактивні звіти. Завдяки широкому спектру можливостей, Excel залишається одним із найпопулярніших засобів для табличних розрахунків і статистичного аналізу.

Найбільш затребувані можливості Excel:

Excel підтримує широкий спектр вбудованих математичних, статистичних, логічних, фінансових та інших функцій для автоматизації розрахунків;

змінюючи дані у клітинках, можна миттєво оновлювати результати обчислень;

автоматичне виділення даних залежно від умов (наприклад, виділення клітинок із значеннями, що перевищують заданий поріг);

створення налаштовуваних графіків, гістограм, секторних діаграм, точкових і бульбашкових графіків тощо;

створення інтерактивних графіків, які автоматично оновлюються при зміні даних у таблицях;

розрахунок медіани, середнього значення, стандартного відхилення, моди, дисперсії та інших показників;

використання інструментів для прогнозування залежностей між змінними;

інтегровані пакети аналізу, такі як кореляція, аналіз вибірок, гістограми, тестування гіпотез тощо;

зручний пошук та впорядкування даних за різними критеріями;

створення інтерактивних звітів для аналізу даних;

розрахунків значень на основі складних обчислень з великими наборами даних;

підтримка файлів CSV, TXT, XML, PDF та багатьох інших;

обмін даними з Microsoft Word, Access або іншими платформами;

зручний інтерфейс, що дозволяє швидко освоїти програму;

застосування для вирішення завдань різної складності — від простих обчислень до складних аналітичних моделей.

Для 3D моделювання [7,8] застосовували модуль Simulation — інструмент для інженерного аналізу та моделювання, інтегрований в середовище SolidWorks[9]. Він дозволяє інженерам віртуально перевіряти свої проєкти на міцність, стійкість, теплові навантаження та інші фізичні фактори ще до виготовлення фізичного прототипу. Основні можливості SolidWorks Simulation.

Лінійний статичний аналіз: дозволяє розрахувати напруження, деформації та зміщення в деталях та збірках під дією статичних навантажень.

Аналіз на втому металу: досліджує вплив циклічних навантажень на міцність матеріалу та прогнозує термін служби деталі до появи тріщин або руйнування.

Нелінійний аналіз: використовується для моделювання поведінки матеріалів, які не підкоряються лінійній залежності між напруженням та деформацією, наприклад, гума, пластик або метали при великих деформаціях.

Тепловий аналіз: дозволяє досліджувати розподіл температури в деталях та збірках під дією теплових джерел та конвекції.

Частотний аналіз: визначає власні частоти коливань конструкції, що дозволяє уникнути резонансних явищ, які можуть призвести до руйнування.

Динамічний аналіз: досліджує поведінку конструкції під дією динамічних навантажень, таких як удари, вібрації або змінні в часі навантаження.

Аналіз виробів з пластмаси та гуми: враховує специфічні властивості цих матеріалів, такі як пружність, в'язкість та залежність від температури.

Аналіз гідрогазодинаміки (SolidWorks Flow Simulation): окремий модуль, який дозволяє моделювати потоки рідин та газів, розраховувати тиск, швидкість та інші параметри потоку.

Зменшення витрат та часу на проєктування: віртуальне тестування дозволяє виявити та виправити помилки в проєкті на ранніх стадіях, що значно зменшує витрати на виготовлення фізичних прототипів та скорочує час розробки.

Підвищення якості та надійності продукції: аналіз за допомогою SolidWorks Simulation дозволяє оптимізувати конструкцію, забезпечуючи її міцність, стійкість та довговічність.

Покращення інноваційності: можливість швидкого дослідження різних варіантів конструкції стимулює інновації та дозволяє знаходити оптимальні рішення.

Зниження ризиків: Віртуальне моделювання дозволяє передбачити можливі проблеми та запобігти їх виникненню в реальних умовах експлуатації.

Повна інтеграція з SolidWorks: SolidWorks Simulation повністю інтегрований з CAD-системою SolidWorks, що забезпечує зручний та ефективний робочий процес.

У ході дослідження використовувався механічний манометр для вимірювання тиску з межею вимірювання надлишкового тиску 1 класу точності 500 кПа.

Вакуумметр Manova приєднувався до робочого трубопроводу через гвинтовий отвір.

Вимірювання температури проводили контактним методом за допомогою термопари типу Chromel-Kopel, підключеної до плати USB ADC-DAC, встановленої в ноутбучі DELL.

Характеристики хромель-копелевих термопар.

№ п/п	Назва показника, розмірність	Значення показника
1	Нижня межа діапазону вимірюваних температур, °С	– 200
2	Верхня межа діапазону вимірюваних температур, °С	600 (800)
3	Клас	2; 3
4	Межа допустимого відхилення для класу	
4.1	2	$\pm 2,5$ від –40 до 300 °С включ.; $\pm 0,0075 \cdot t $ понад 300 до 800 °С включ.;
4.2	3	$\pm 0,015 \cdot t $ від –200 до –100 °С включ.; $\pm 2,5$ від –100 до 100 °С включ.

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень

вдосконалення об'єкта дослідження.

3.1. Вбір схеми вироблення сметани

Сметана — кисломолочний продукт [10] із пастеризованих вершків із молочнокислими стрептококами. Продукт 30% жирності має бути однорідним, густим, з кисломолочним смаком і запахом.

Для виробництва сметани (рис. 3.1) використовують:

знежирене коров'яче молоко з чистим смаком і запахом, кислотністю до 20 Т і густиною від 1030 кг/м³;

сухий бактеріальний концентрат молочнокислих стрептококів.

Молоко повинно відповідати стандартам і ветеринарно-санітарним правилам, підтвердженим довідками органів ветеринарного нагляду.

Процес виробництва включає такі етапи:

охолодження молока до 4 °С для зменшення мікрофлори;

резервування до 8 годин для безперервної роботи;

підігрів до 40-45 °С для зменшення в'язкості молока;

сепарація для розділення молока на знежирене молоко та вершки;

нормалізація вершків за жирністю;

гомогенізація для покращення консистенції;

пастеризація до 90-95 °С для знищення мікроорганізмів і ферментів;

охолодження до 2-6 °С і фізичне дозрівання;

заквашування та сквашування при 22-28 °С для формування згустка (7-12 годин);

перемішування, фасування та зберігання до 48 годин.

При виготовленні різних видів сметани додають білкові компоненти до нормалізації, ферменти — із закваскою, а смакові добавки та вітаміни — перед перемішуванням.

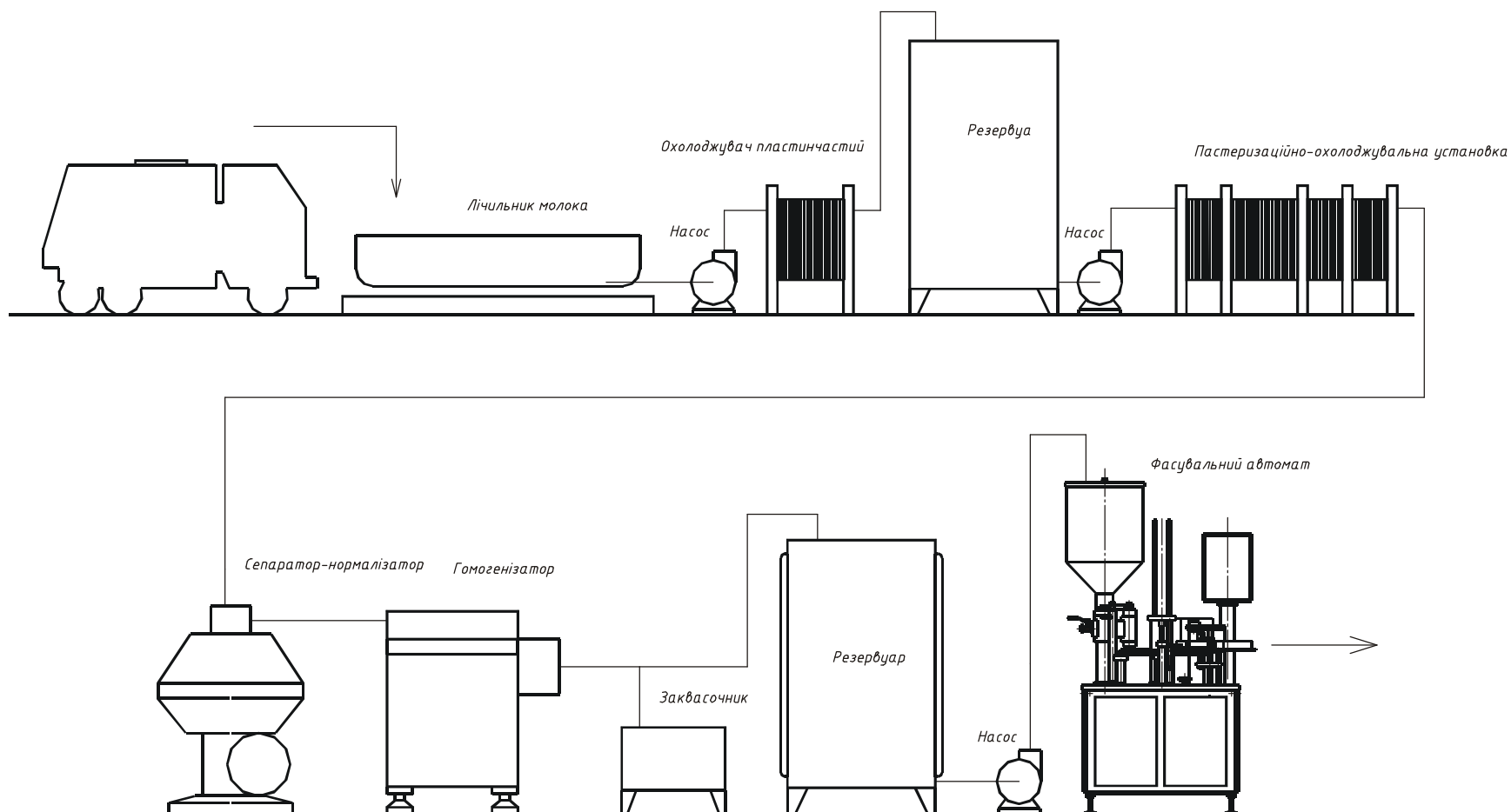


Рис. 3.1 – Машинно-апаратурна схема виготовлення сметани

3.2. Розробка заходів з модернізації сепаратора

Сепаратор AMRPX 614 HGV-14C призначений для відділення вершків від перегону з незбираного молока. Одним із шляхів покращання роботи сепаратора AMRPX 614 HGV-14C є удосконалення вузла горизонтальної опори, передбачивши там 6 пружин, розміщених перпендикулярно до осі рівномірно по колу. Така схема дозволить ефективніше поглинати коливання, які виникають у процесі роботи сепаратора.

3.2.1. Структурний аналіз і кінематичні розрахунки сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C

Структурний аналіз — це метод дослідження, який використовується для вивчення взаємозв'язків і взаємодій елементів у системах, структурах і процесах. Його основне призначення — визначити поведінку системи під дією різноманітного типу зовнішніх та внутрішніх факторів, наприклад, навантаження, перепади температури та інші впливи.

У інженерних задачах [11,12] структурний аналіз допомагає вдосконалити конструкції, щоб мінімізувати споживання матеріалів і підвищити надійність. Це також допомагає виявити недоліки продукту, спрогнозувати термін служби та вдосконалити існуючі технічні рішення.

Структурна принципова схема сепаратора включає електричний двигун, черв'ячну передачу, робочі органи (барабан сепаратора).

Основною операцією, яка виконується сепаратором, являється розкручування барабана і, як наслідок, розділення молока [11].

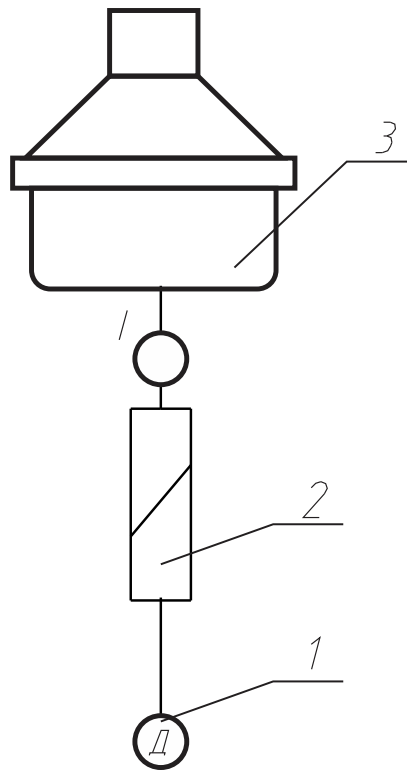


Рис. 3.2. Структурна принципова схема сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C

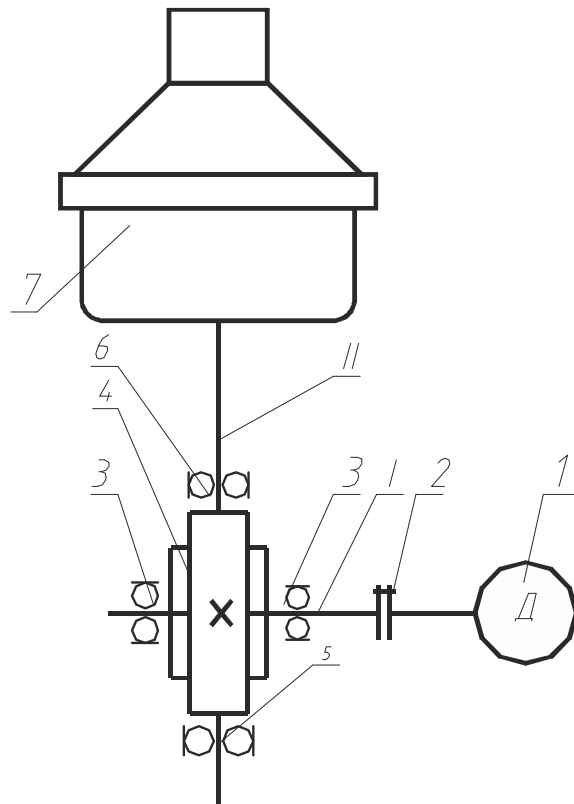


Рис. 3.3.– Кінематична принципова схема сепаратора.

Основними елементами кінематичної схеми сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C є електродвигун, від якого рух передається через горизонтальний вал з муфтою на вертикальний вал з барабаном. [13,14]

Розрахуємо основні параметри кінематичної схеми машини.

Попередньо вибираємо електричний двигун із частотою обертання 3000 об/хв.

$$\text{Частота обертання двигуна} \quad \omega_{\text{дв}} := \frac{3000 \cdot \pi}{30} \quad \omega_{\text{дв}} = 314.159 \quad (\text{рад/с})$$

$$\text{Частота обертання барабана} \quad \omega_{\text{б}} := \frac{30000 \cdot \pi}{30} \quad \omega_{\text{б}} = 3.142 \times 10^3 \quad (\text{рад/с})$$

$$\text{Передаточне число черв'ячної передачі} \quad u_{\text{I...II}} := \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{б}}} \quad u_{\text{I...II}} = 0.1$$

Розрахуємо потужність і моменти на валах.

$$\text{К.к.д. підшипника:} \quad \eta_{\text{підш}} := 0.98 \quad [\quad]$$

$$\text{К.к.д. черв'ячної передачі} \quad \eta_{\text{ч}} := 0.8 \quad [\quad]$$

$$\text{Потужність двигуна:} \quad P_{\text{дв}} := 15 \quad (\text{кВт})$$

$$\text{Потужність на валу I:} \quad P_{\text{I}} := P_{\text{дв}} \quad P_{\text{I}} = 15 \quad (\text{кВт})$$

$$\text{Частота обертання вала I:} \quad \omega_{\text{I}} := \omega_{\text{дв}} \quad \omega_{\text{I}} = 314.159 \quad (\text{рад/с})$$

$$\text{Крутний момент на валу I:} \quad T_{\text{I}} := \frac{1000 \cdot P_{\text{I}}}{\omega_{\text{I}}} \quad T_{\text{I}} = 47.746 \quad (\text{Н*м})$$

$$\text{Потужність на валу II:} \quad P_{\text{II}} := P_{\text{I}} \cdot \eta_{\text{ч}} \cdot \eta_{\text{підш}}^2 \quad P_{\text{II}} = 11.525 \quad (\text{кВт})$$

$$\text{Частота обертання вала II:} \quad \omega_{\text{II}} := \omega_{\text{б}} \quad \omega_{\text{II}} = 3.142 \times 10^3 \quad (\text{рад/с})$$

$$\text{Крутний момент на валу II:} \quad T_{\text{II}} := \frac{1000 \cdot P_{\text{II}}}{\omega_{\text{II}}} \quad T_{\text{II}} = 3.668 \quad (\text{Н*м})$$

3.3. Технологічний розрахунок сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C

3.3.1. Визначення продуктивності сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C

Продуктивність сепаратора (в м³/год) визначається за формулою:

$$M = 165 \cdot \beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) \cdot (R_{\delta}^3 - R_M^3) \cdot \left(\frac{\rho_M - \rho_{\text{ж}}}{\mu} \right) \cdot d_{\text{ж}}^2$$

де $d_{\text{ж}} := 1.1 \cdot 10^{-6}$ (м) - розрахунковий діаметр жирової кульки [];

$\beta := 0.78$ - технологічний к.к.д. сепаратора [];

$n := 108$ с⁻¹ - частота обертання барабана;

$z := 116$ - число тарілок;

$\alpha := \frac{56 \cdot \pi}{180}$ $\alpha = 0.977$ (рад) - кут підйому твірної тарілки;

$R_{\delta} := 0.242$ (м) - великий радіус тарілки;

$R_M := 0.059$ (м) - малий радіус тарілки;

$\rho_M := 1030$ (кг/м³) - густина плазми молока;

$\rho_{\text{ж}} := 910$ (кг/м³) - густина жиру

$\mu := 1.06 \times 10^{-3}$ (Па*с) - динамічна в'язкість молока.



Рис. 3.4 – Розрахункова схема до визначення продуктивності і напору сепаратора

$$M := 165 \cdot \beta \cdot n^2 \cdot z \cdot \tan(\alpha) \cdot (R_{\delta}^3 - R_M^3) \cdot \left(\frac{\rho_M - \rho_{\text{ж}}}{\mu} \right) \cdot d_{\text{ж}}^2 \quad M = 9.879 \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

3.3.2. Визначення величини напору при роботі сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C

Напор сепаратора визначаємо за формулою:

$$H = 1.9 \cdot \frac{M \cdot \nu}{3600 \cdot h^3 \cdot z \cdot 9.81 \cdot \cos(\alpha)} \cdot \ln\left(\frac{R_6}{R_M}\right)$$

де $h := 0.004$ (м) - товщина потоку рідини;

$\nu := 10^{-6}$ (м²/с) - кінематична в'язкість молока при температурі сепарування [].

$$H := 1.9 \cdot \frac{M \cdot \nu}{3600 \cdot h^3 \cdot z \cdot 9.81 \cdot \cos(\alpha)} \cdot \ln\left(\frac{R_6}{R_M}\right) \quad H = 3.614 \quad (\text{м})$$

3.3.3. Розрахунок режиму руху рідини під час розділення

В сепараторах режим руху визначається за формулою:

$$Re = \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_x}$$

де $R_x := R_M \dots R_6$ біжучий радіус тарілки, м.

У верхній частині тарілки:

$$Re_B := \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_M} \quad Re_B = 127.688$$

У нижній частині тарілки:

$$Re_H := \frac{M}{3600 \cdot 3.14 \cdot \nu \cdot z \cdot R_6} \quad Re_H = 31.131$$

В обох випадках режим - ламінарний.

Числа Рейнольдса є дещо більшими від паспортних, що пояснюється підвищенням його продуктивності, але перебувають в межах рекомендованих [].

3.3.4. Розрахунок геометричних параметрів отвору для виведення із сепаратора вершків

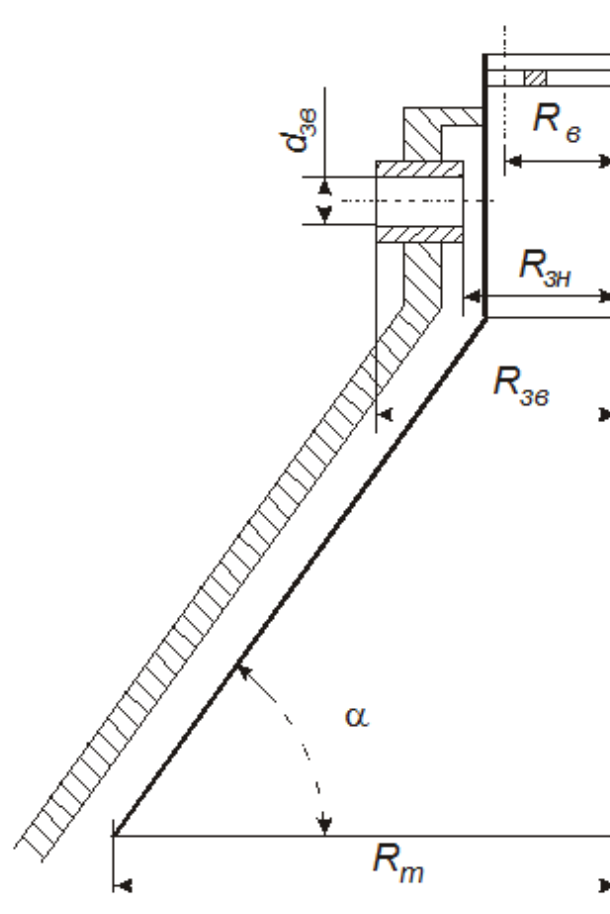


Рис. 3.5 – Розрахункова схема до визначення отвору для виведення із сепаратора вершків

Регульовані відстані від відкритих поверхонь вершків і знежиреного молока до осі обертання барабана (рисунок 3.4) визначають за формулами:

$$R_B = \sqrt{R_T^2 - \left(R_T^2 - R_{3H}^2\right) \cdot \frac{\rho_M}{\rho_{HM}}}$$

$$R_{3H} = \sqrt{R_T^2 - \left(R_T^2 - R_B^2\right) \cdot \frac{\rho_{HM}}{\rho_M}}$$

де $\rho_{HM} := 1012$ (кг/м³) - густина суміші молока і вершків;

$\rho_M = 1030$ (кг/м³) - густина плазми молока;

$R_T := 0.242$ (м) - радіус розділяючої тарілки;

R_B - радіус розміщення отвору відведення вершків, м;

R_{3H} - радіус розміщення отвору відведення плазми молока, м;

Прийmemo рекомендоване [] значення $R_{3H} := 0.07$ (м). Тоді:

$$R_B := \sqrt{R_T^2 - \left(R_T^2 - R_{3H}^2\right) \cdot \frac{\rho_M}{\rho_{HM}}} \quad R_B = 0.063 \quad (\text{м})$$

Перевірка:

$$R_{3H} := \sqrt{R_T^2 - \left(R_T^2 - R_B^2\right) \cdot \frac{\rho_{HM}}{\rho_M}} \quad R_{3H} = 0.07 \quad (\text{м})$$

Розрахунок виконано вірно.

Радіус зовнішнього краю отвору знайдемо за формулою:

$$R_{3B} = \sqrt{\left(\frac{M}{3600 \cdot 6.28 \cdot z \cdot \phi \cdot F \cdot n}\right) + R_{3H}^2}$$

де $\phi := 0.6$ - коефіцієнт витікання;

$$F = \frac{\pi \cdot d_{3B}^2}{4} \quad - \text{площа отвору для виведення плазми молока, м}^2;$$

$d_{3B} := 0.005$ (м) - діаметр отвору для виведення плазми молока.

$$F := \frac{\pi \cdot d_{3B}^2}{4} \quad F = 0.0000196 \quad (\text{м}^2)$$

$$R_{3B} := \sqrt{\left(\frac{M}{3600 \cdot 6.28 \cdot z \cdot \phi \cdot F \cdot n}\right) + R_{3H}^2} \quad R_{3B} = 0.089 \quad (\text{м})$$

3.3.5. Енергетичний розрахунок сепаратора

Потужність, надану рідині розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{зН}} \cdot \rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{3600 \cdot 2} \cdot (2 \cdot R_{\text{б}}^2 - R_{\text{М}}^2)$$

де $M_{\text{зН}}$ - вихід знежиреного молока, м³/год;

При виході вершків жирністю 30% $M_{\text{зН}}$ визначають за формулою []:

$$M_{\text{зН}} := M \cdot 0.88 \quad M_{\text{зН}} = 8.693 \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

$$\omega := \frac{\pi \cdot n \cdot 60}{30} \quad \omega = 678.584 \quad (\text{рад/с}) - \text{кутова частота обертання барабана.}$$

$$N := \frac{M_{\text{зН}} \cdot \rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{3600 \cdot 2} \cdot (2 \cdot R_{\text{б}}^2 - R_{\text{М}}^2) \quad N = 6507.98 \quad (\text{Вт})$$

Отримана потужність вдвічі більша від встановленої потужності двигуна, проте майже вся вона витрачається всередині барабана на його обертання, при цьому споживана потужність зменшується в кілька разів.

Тиск на виході із сепаратора розраховуємо за формулою:

$$p = \eta_{\text{Г}} \cdot \frac{\rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{2} \cdot (2 \cdot R_{\text{нд}}^2 - R_{\text{зН}}^2)$$

де $\eta_{\text{Г}} := 0.8$ - гідравлічний к.к.д. сепаратора [].

$R_{\text{нд}} := 0.09$ (м) - радіус напорного диска.

$$p := \eta_{\text{Г}} \cdot \frac{\rho_{\text{М}} \cdot \omega^2}{2} \cdot (2 \cdot R_{\text{нд}}^2 - R_{\text{зН}}^2) \quad p = 2.144 \times 10^6 \quad (\text{Па})$$

Споживану потужність розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{вх}} + N_{\text{д}}}{\eta_{\text{П}}}$$

де $\eta_{\text{П}} := 0.8$ - к.к.д. передачі сепаратора [];

$$N_{\text{вх}} = \frac{N_{\text{в}}}{\eta_{\text{Г}}} \quad - \text{потужність рідини на вході в диск, кВт;}$$

$$N_V := \frac{M \cdot p}{10000 \cdot 3600} \quad N_V = 0.588 \quad (\text{кВт}) - \text{потужність виведеної}$$

рідини;

$$N_{\text{ВХ}} := \frac{N_V}{\eta_{\Gamma}} \quad N_{\text{ВХ}} = 0.735 \quad (\text{кВт})$$

$$N_{\text{Д}} = 7.7 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot k \cdot (R_{\text{НД}}^{4.6} - R_{\text{МН}}^{4.6}) \cdot \omega^{2.8} \quad - \text{потужність}$$

на подолання тертя рідини до зовнішньої поверхні диску, кВт;

$$R_{\text{МН}} := R_{\text{М}} - 0.001 \quad (\text{м}) - \text{мінімальний радіус обертання рідини.}$$

$$k = 1 + \frac{\delta_{\text{НД}} \cdot R_{\text{НД}}}{R_{\text{НД}}^2 - R_{\text{МН}}^2} \quad - \text{коефіцієнт потужності тертя рідини;}$$

$$\delta_{\text{НД}} := 0.005 \quad (\text{м}) - \text{товщина напірного диска;}$$

$$k := 1 + \frac{\delta_{\text{НД}} \cdot R_{\text{НД}}}{R_{\text{НД}}^2 - R_{\text{МН}}^2} \quad k = 1.095$$

$$N_{\text{Д}} := 2.2 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{\text{НМ}} \cdot k \cdot (R_{\text{НД}}^{4.6} - R_{\text{МН}}^{4.6}) \cdot \omega^{2.8} \quad N_{\text{Д}} = 14.986 \quad (\text{кВт})$$

Тоді потужність двигуна

$$N_{\text{ДВ}} := \frac{N_{\text{ВХ}} + N_{\text{Д}}}{\eta_{\Pi}} \quad N_{\text{ДВ}} = 19.652$$

Вибираємо двигун

тип 4A112M4-УЗ (потужність, кВт	20
частота, Гц	50
напруга, В	220/380
частота обертання, С-1 (об/хв) -	50(3000)

Розрахуємо механічний к.к.д. сепаратора:

$$\eta_{\text{М}} := \frac{M \cdot p}{1000 \cdot 3600 \cdot N_{\text{ДВ}}} \quad \eta_{\text{М}} = 0.898$$

3.3.6. Конструктивний розрахунок барабана сепаратора

Розрахункова схема барабана сепаратора представлена на рис. 3.6.

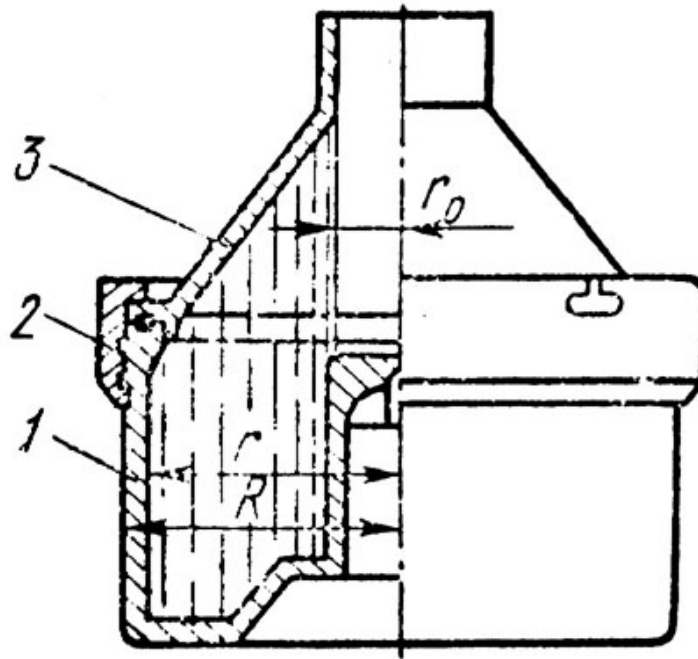


Рис. 3.6.- Розрахункова схема барабана сепаратора:

1 - корпус; 2 - з'єднувальне кільце; 3 - кришка.

Тиск рідини на стінки корпуса розраховуємо за формулою:

$$p_p = 19.74 \cdot n^2 \cdot \rho_{\text{HM}} \cdot (r^2 - r_0^2)$$

де $r := 0.288$ (м) - внутрішній радіус барабана;

$R := 0.366$ (м) - зовнішній радіус барабана;

$r_0 := R_{\text{MH}}$ $r_0 = 0.058$ (м) - радіус відкритої поверхні обертової рідини;

Відповідні діаметри: $d := r \cdot 2$ $d = 0.576$ (м)

$D := R \cdot 2$ $D = 0.732$ (м)

$d_0 := r_0 \cdot 2$ $d_0 = 0.116$ (м)

$$p_p := 19.74 \cdot n^2 \cdot \rho_{\text{HM}} \cdot (r^2 - r_0^2) \quad p_p = 1.854 \times 10^7 \text{ (Па)}$$

Силу дії рідини на дно барабана розраховуємо за формулою:

$$Q := 31 \cdot \rho_{\text{HM}} \cdot n^2 \cdot (r^2 - r_0^2)^2 \quad Q = 2.32 \times 10^6 \text{ (Н)}$$

Розрахуємо напруження, діючі всередині барабана (рис. 3.7):

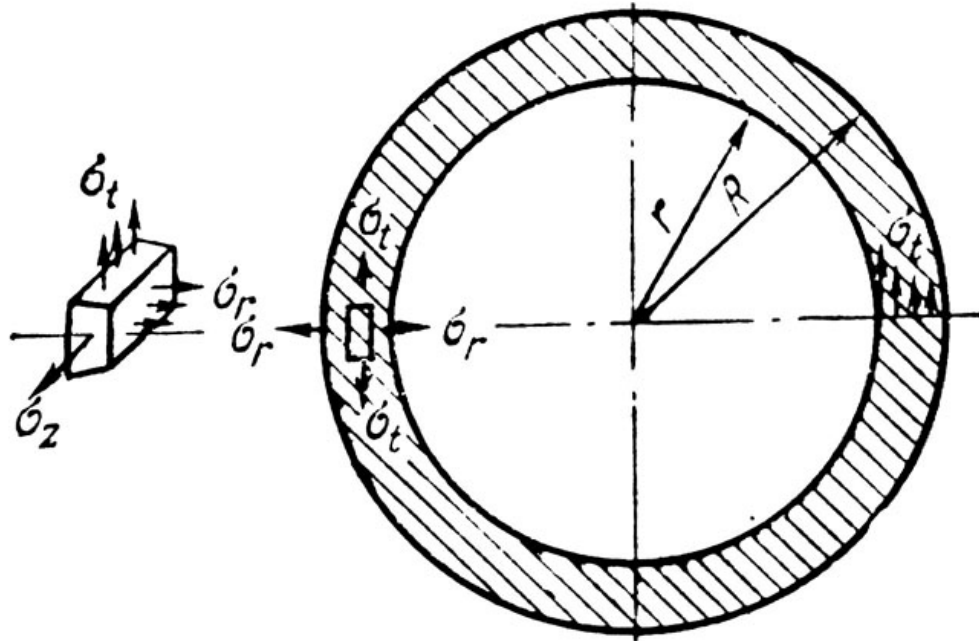


Рис. 3.7- Схема розподілу напружень у перерізі стінки барабана.
Напруження в напрямку осі барабана:

$$\sigma_z := \frac{\pi \cdot \rho_{\text{HM}} \cdot n^2 \cdot (r^2 - r_0^2)^2}{R^2 - r^2} \quad \sigma_z = 4.604 \times 10^6 \text{ (Па)}$$

Дане напруження є дуже незначним, у вертикальному напрямку сепаратора міцність конструкції забезпечується.

Умову міцності циліндричної частини барабана записують у вигляді:

$$\sigma = 2 \cdot \tau_{\text{max}} \leq |\sigma|$$

де τ_{max} - дотичні напруження в барабані, Па;

σ - дійсні напруження в барабані на розтяг, Па;

$|\sigma|$ - допустимі напруження на розтяг, Па;

Допустиме напруження на розтяг виберемо по межі текучості для матеріалу барабана:

$$|\sigma| = \frac{\sigma_T}{n_1} \geq \sigma$$

де n_1 - запас міцності.

$$n_1 = \frac{\sigma_T}{[\sigma]} \geq \frac{\sigma_T}{\sigma}$$

Прийmemo для барабана сепаратора [15]: $n_1 := 2.5$

Дійсні напруження в барабані розраховують за формулою:

$$\sigma := \pi^2 \cdot n^2 \cdot \left(6476 \cdot D^2 + 1374 \cdot d^2 + \rho_{\text{нм}} \cdot D^2 \cdot \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right)$$
$$\sigma = 5.493 \times 10^7 \text{ (Па)}$$
$$\sigma_T := \sigma \cdot n_1 \quad \sigma_T = 1.373 \times 10^8$$

Що є меншим від допустимого напруження для сталі 18ХН9Т. Отже, умова міцності виконується.

3.4. Заходи із монтажу, експлуатації та технічного обслуговування сепаратора типу AMRPX 614 HGV-14C

Процес встановлення сепаратора на їхніх фундаментах містить укладання опорних елементів, попереднє встановлення, вивірку по висоті та горизонтальності, підливку зазору між обладнанням і фундаментом, закріплення болтами із заданим зусиллям. Точність положення може бути забезпечена методом безвивірочного монтажу, завдяки встановленню опорних елементів у межах допусків. Вивірку обладнання виконують за допомогою кранів, домкратів і монтажних пристроїв. По висоті регулювання проводиться опорними елементами різних конструкцій [15,16].

Основні зовнішні чинники впливу: вібрація, вологість, агресивні середовища, що призводять до забруднення й прискореного зношення. Зношені зубчасті колеса доцільно замінювати одночасно через високу вартість їх відновлення. Підшипники замінюють кожні 1,5 роки, а зношені вали відновлюють наплавленням і шліфуванням. Експлуатація трубопроводів сепаратора

супроводжується такими несправностями: пошкодження фланцевих і зварних з'єднань, корозія, розриви, тріщини в трубах, вібрація та ослаблення кріплень.

Регулярне технічне обслуговування трубопроводів і арматури передбачає усунення витоків шляхом затягування болтів, встановлення хомутів, заміни прокладок тощо, а також фіксації кріплень. Паропроводи і технологічні трубопроводи перевіряють не рідше 8 разів на рік, тепло- і конденсатопроводи - 12 разів, водопроводи - 6 разів. Середні та великі ремонти включають заміну зношених труб, заварювання фітінгів або герметизацію тріщин, зміну діаметра або напрямку труб, відновлення нахилу, заміну прокладок і сальникових ущільнювачів на фітінгах, а також заміну клапанів і фітінгів.

Таблиця 3.1.

Перелік характерних причини виходу з ладу сепаратора і рекомендацій з їх усунення.

Можливі неполадки	Причини виникнення	Способи усунення
1	2	3
1. Барабан обертається нерівномірно, б'є.	1.1. Порушено балансування барабана через неправильне складання барабана	1.1. Зібрати барабан згідно інструкції
	1.2. Неправильно зібрано горловий підшипник або пошкоджені пружини	1.2. Збирання валу вертикального провести згідно інструкції, дефектні пружини замінити новими
	1.3. Конусна поверхня веретена має зовнішні дефекти	1.3. Замінити веретено або ліквідувати дефекти
	1.4. Порушено балансування барабана	

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3
	а) через забоїни основних деталей барабана	а) ліквідувати забоїни або замінити дефектні деталі. При заміні деталей барабана провести знов перебалансування барабана
	б) через збирання барабана з деталей від барабана іншого номера	б) збирання барабана провести згідно інструкції
	в) незадовільне очищення деталей барабана	в) збирання барабана провести згідно інструкції
	г) через неповну затяжку кілець	г) збирання барабана провести згідно інструкції
	д) через ослаблення пакету тарілок	д) збирання барабана провести згідно інструкції
	е) через збирання барабана тарілками, вкладеними не по порядку номерів	е) збирання барабана провести згідно інструкції
	ж) гумові кільця барабана втратили еластичність і форму	ж) збирання барабана провести згідно інструкції
2. Сепаратор вібрує, має важкий хід, чуються удари, шум.	2.1. Порушена балансування деталей вузла горизонтального валу	2.1. Перевірити балансування деталей і правильність складання вузла
	2.2. Масляна ванна забруднена або залита маслом не тої марки	2.2. Промити масляну ванну і залити маслом згідно інструкції

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3
	2.3. Зносилися шарикопідшипники, деталі гвинтових пар або відцентрової муфти	2.3. Замінити зношені деталі
	2.4. Електродвигун вібрує	2.4. Провести огляд і усунення дефектів згідно інструкції на електродвигун
	2.5. Оберти барабана перевищують 6500 об/хв	2.5. Перевірити відповідність технічної характеристики електродвигуна і електромережі
3. Барабан не набирає повних обертів	3.1. Гальмо включене	3.1. Відключити гальмо
	3.2. На фрикційні колодки потрапило мастило	3.2. Встановити причину попадання мастила розібрати муфту, ретельно промити бензином і прочистити наждачною шкуркою накладки на колодках і робочої поверхні бандажа.
	3.3. Зносилися фрикційні накладки колодок	3.3. Замінити накладки колодок
	3.4. Напруга в мережі низька	3.4. Перевірити напругу в мережі
	3.5. Несправний електродвигун	3.5. Провести огляд і виконати дії згідно інструкції на електродвигун

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3
4. Грязьовий простір барабана і поверхні комплектних тарілок швидко заповнюються білком	4.1. Недотримання технологічної дисципліни. Молоко, що сепарується, має кислотність понад 20° по Тернеру. Молоко забруднене.	4.1. Застосовувати молоко кислотністю не вище 20° по Тернеру. Частіше розбирати барабан з подальшою промивкою деталей.
	4.2. Температура молока нижче 35°C.	4.2. Сепарувати молоко температурою 35— 40°C.
5. Перелив молока	5.1. Тиск в молокопроводах вищий від допустимого	5.1. Відрегулювати тиск до нормального
	5.2. Кільця барабана недостатньо затягнуті	5.2. Кільця затягнути згідно вказівок інструкції
	5.3. Зношені гумові кільця	5.3. Замінити кільця новими
6. В масляній ванні вода	6.1. Наявність конденсату	6.1. Злити воду
	6.2. Знос прокладок	6.2. Замінити прокладку
	6.3. Попадення води при митті барабана або сепаратора	6.3. Миття барабана проводити згідно інструкції
7. Шум від центробіжної муфти	7.1. Явище нормальне при пуску і виключенні через ковзання колодок.	7.1. Нічого не робити
	7.2. Знос колодок або накладок	7.2. Провести заміну колодок або накладок

4. Дослідження впливу технологічних параметрів роботи на конструктивні параметри сепаратора.

4.1. Постановка завдань дослідження.

До технологічних параметрів роботи сепаратора [17], які впливають на вибір конструктивних параметрів можна віднести температуру молока і число обертів сепаратора. Оба ці параметри при встановленій продуктивності впливають на мінімальний діаметр жирової кульки, яку можна відділити в процесі сепарування.

Умову міцності для циліндричної частини барабана сепаратора запишемо у вигляді

$$\sigma = 2\tau_{\max} \leq [\sigma],$$

де σ — дійсна напруга на розтягування; $[\sigma]$ — напруга, що допускається, на розтягування. Дійсна напруга на розтягування

$$\sigma = \omega^2 \left\{ \frac{\rho_{\tilde{n}}}{4} [(3+m)R^2 + (1-m)r^2] + \rho_{\omega} R^2 \frac{r^2 - r_0^2}{R^2 - r^2} \right\}. \quad (4.1)$$

Напругу, що допускається, на розтягування встановлюють по межі текучості для цього матеріалу:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\partial}}{n_1} \geq \sigma, \quad (4.2)$$

де n_1 — запас міцності.

$$n_1 = \frac{\sigma_{\partial}}{[\sigma]} \geq \frac{\sigma_{\partial}}{\sigma} \quad (4.3)$$

Виконавши заміну кутової швидкості у формулі (4.1) на частоту обертання, а радіуси на відповідні діаметри, запишемо розрахункову формулу в наступному вигляді

$$\sigma = \frac{\pi^2 n^2}{10^6} \left\{ \frac{\rho_c}{4} [(3+m)D^2 + (1-m)d^2] + \rho_{\omega} D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right\}, \quad (4.4)$$

де σ — значення дійсного напруження в масиві матеріалу барабана, МПа;

n — значення частоти обертання барабана сепаратора, с-1;

ρ_c — значення густини матеріалу стінки барабана сепаратора, кг/м³;

$\rho_{ж}$ — значення зустини рідини у барабані сепаратора, кг/м³;

m — значення коефіцієнта Пуассона, для сталі, з якої виготовлено барабан сепаратора $m = 0,3$;

D — значення зовнішнього діаметра барабана сепаратора, м;

d — значення внутрішнього діаметра барабана сепаратора, м;

d_0 — значення діаметра відкритої поверхні рідини, яка здійснює обертний рух, м

Допустима максимальна частота обертання барабана відповідає $\sigma = [\sigma]$:

$$n_{\max} = \sqrt{\frac{10^6 [\sigma]}{\pi^2 \left\{ \frac{\rho_c}{4} [(3+m)D^2 + (1-m)d^2] + \rho_{ж} D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right\}}} \quad (4.5)$$

Для сталевих барабанів ($m = 0,3$; $\rho_c = 7860$ кг/м³) формула набере вигляду

$$\sigma = \frac{\pi^2 n^2}{10^6} \left(6476D^2 + 1374d^2 + 1000D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right) \quad (4.6)$$

а формула (4.5)

$$n_{\max} = \sqrt{\frac{10^6 [\sigma]}{\pi^2 \left\{ 6476D^2 + 1374d^2 + \rho_{ж} D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right\}}} \quad (4.7)$$

тут n — частота обертання, с-1; D , d і d_0 — діаметри, м;

$[\sigma]$, σ — напруга, МПа.

Із збільшенням товщини стінки міцність барабана зростає, але лише до певної межі, після чого вона зменшується за рахунок збільшення відцентрової сили товщини самої стінки. Оскільки міцність барабана визначає допустиму швидкість обертання барабана, необхідно встановити залежність між товщиною стінки та швидкістю обертання барабана. Формулу розрахунку (4.4) подамо у вигляді $n = f(\delta)$

де δ -товщина стінки; $\delta = (D - d)/2$.

При постійному внутрішньому діаметрі барабана d товщина його стінки залежить тільки від зовнішнього діаметру D . Таким чином, завдання зводиться до встановлення залежності $n = f(D)$. З формули (4.5)

$$n^2 = \frac{[\sigma] \cdot 10^6}{\pi^2 \left[\frac{\rho_c}{4} (3+m) D^2 + \frac{\rho_c}{4} (1-m) d^2 + \rho_a D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right]} \quad (4.8)$$

Як видно з формули (4.8), гранична частота обертання барабана буде найбільшою, якщо перший і третій доданки знаменника, в які входить змінна величина D , будуть мінімальними. Знайдемо таке значення D , при якому вираз

$$\frac{\rho_c}{4} (3+m) D^2 + \frac{\rho_c}{4} (1-m) d^2 + \rho_a D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2}$$

досягає мінімуму:

$$\frac{d}{dD} \left[\frac{\rho_c}{4} (3+m) D^2 + \frac{\rho_c}{4} (1-m) d^2 + \rho_a D^2 \frac{d^2 - d_0^2}{D^2 - d^2} \right] = 0$$

$$\frac{\rho_c}{4} (3+m) 2D + \rho_a (d^2 - d_0^2) \frac{2D(D^2 - d^2) - 2DD^2}{(D^2 - d^2)^2} = 0$$

Після перетворень отримаємо

$$D^2 = 2d \sqrt{\frac{\rho_a (d^2 - d_0^2)}{\rho_c (3+m)}} + d^2,$$

звідки граничне значення зовнішнього діаметру

$$D_{\text{гр}} = \sqrt{2d \sqrt{\frac{\rho_a (d^2 - d_0^2)}{\rho_c (3+m)}} + d^2} \quad (4.9)$$

По цій формулі визначають граничний зовнішній діаметр барабана, при якому барабану (із заданим внутрішнім діаметром) можна надати найбільшу швидкість. Як видно з отриманої формули, чим більше заповнення барабана і чим вище щільність рідини, що сепарується, тим товще має бути стінка барабана. Під

час роботи барабан заповнений майже цілком, так що величина d_0^2 виходить дуже малою в порівнянні з d^2 і нею можна нехтувати.

Барабани сепараторів зазвичай роблять із сталі ($m = 0,3$; $\rho_c = 7860$ кг/м³) Густину рідини ρ_e для молочних сепараторів можна прийняти рівною 1000 кг/м³. При цих значеннях формула (4.9) прийме вид

$$D_{гр} = 1,18d \quad (4.10)$$

Відповідну цьому товщину стінки назвали критичною. Критична товщина стінки

$$\delta_{кр} = \frac{D_{гр} - d}{2} = 0,09d \quad (4.11)$$

По цій формулі розраховують критичну товщину стінки для супер—сепараторів з невеликим діаметром барабана. Так, для барабана, внутрішній діаметр якого $d = 100$ мм, $\delta_{ед} = 9$ мм. Але якщо внутрішній діаметр барабана $d = 340$ мм, то за формулою (4.11) критична товщина стінки $\delta_{ед} = 30$ мм. Барабан з такою стінкою виходить дуже важким, незручним в користуванні, тому практично товщину стінки приймають значно меншою від критичного значення. При цьому міцність барабана і пов'язана з нею допустима частота обертання знижуються порівняно мало.

При критичній товщині стінки барабана формула (4.6) матиме вигляд -

$$\sigma = 0,137n^2 d^2;$$

$$n^2 d^2 = 7,3\sigma. \quad (4.12)$$

Оптимальною товщиною стінки барабанів сепараторів продуктивністю 000 л/год і вище можна вважати

$$\delta_{ii} = (0,4 \div 0,5)\delta_{ед}, \quad \delta_{ii} = (0,35 \div 0,45)d$$

Критична товщина стінки барабана залежить і від густини матеріалу. Підставимо у формулу (4.9) значення $r_0 = 0$; $m = 0,3$ і $D_{гр} = d + 2\delta_{кр}$. Отримаємо

$$D_{\text{гр}} = d + 2\delta_{\text{кр}} \sqrt{2d \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}} d^2}{\rho_{\text{с}3,3}}} + d^2} \quad (4.13)$$

Після перетворення маємо

$$\delta_{\text{кр}} = 0,5d \left(\sqrt{2 \sqrt{0,3 \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{с}}}} + 1} - 1 \right) \quad (4.14)$$

Густина рідини $\rho_{\text{ж}}$ для молочних сепараторів можна вважати постійною і рівною 1000 кг/м³.

Для сталевих барабанів $\rho_{\text{с}} = 7860$ кг/м³, як ми встановили, $\delta_{\text{кр}} = 0,09d$; для барабана з титану ($\rho_{\text{с}} = 4500$ кг/м³) критична товщина стінки: $\delta_{\text{кр}} = 0,115d$ для барабана з алюмінієвого сплаву ($\rho_{\text{с}} = 2800$ кг/м³) $\delta_{\text{кр}} = 0,14d$.

4.2. Результати дослідження

Представимо результати дослідження роботи молочного сепаратора.

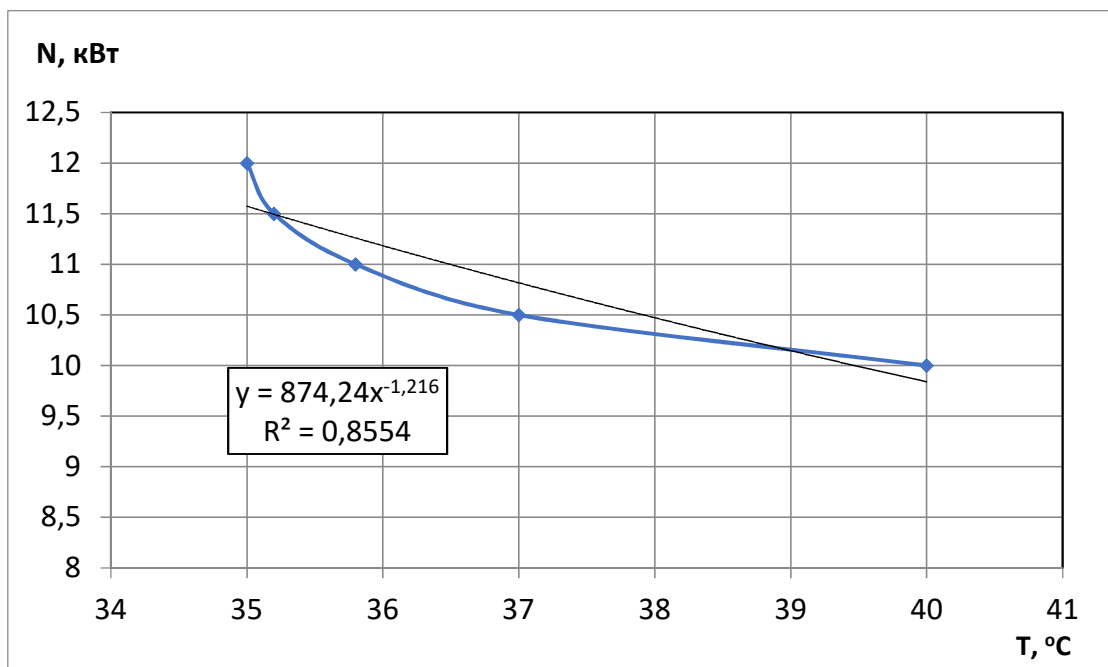


Рис. 4.1. – Залежність витрат потужності (кВт) від температури молока (°C)

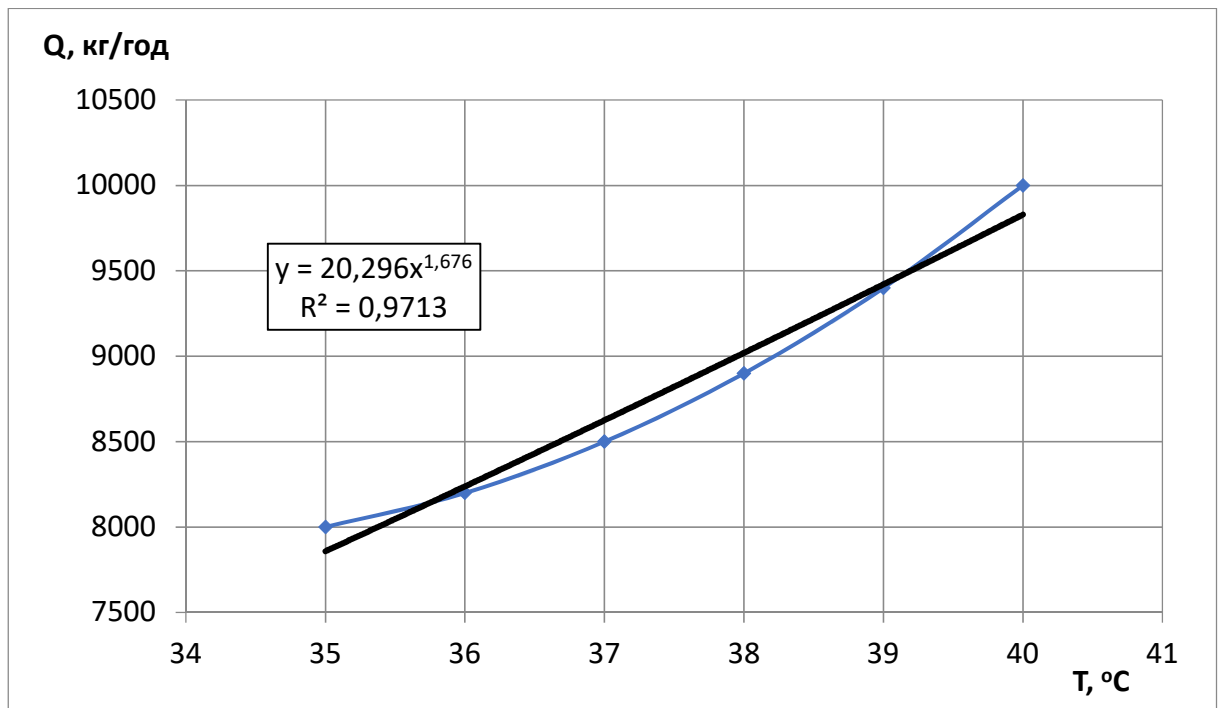


Рис. 4.2. - Продуктивність (кг/год) від температури молока (°C)

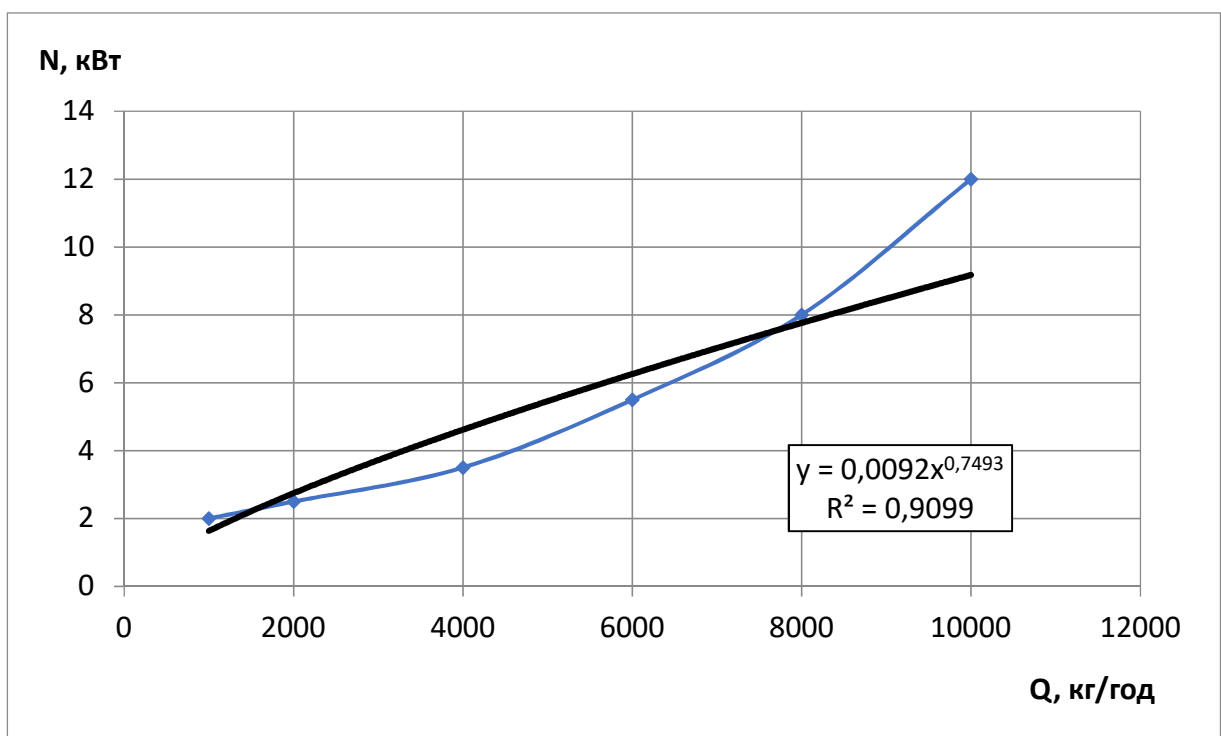


Рис. 4.3. – Витрати потужності (кВт) від продуктивності (кг/год)

Ефективність є одним із найважливіших показників оцінки роботи апарата при різних значеннях режимних характеристик, який визначається енергетичними витратами для досягнення належного технологічного ефекту.

Оцінку ефективності роботи сепаратора пристрою виконаєм за питомими витратами механічної енергії.

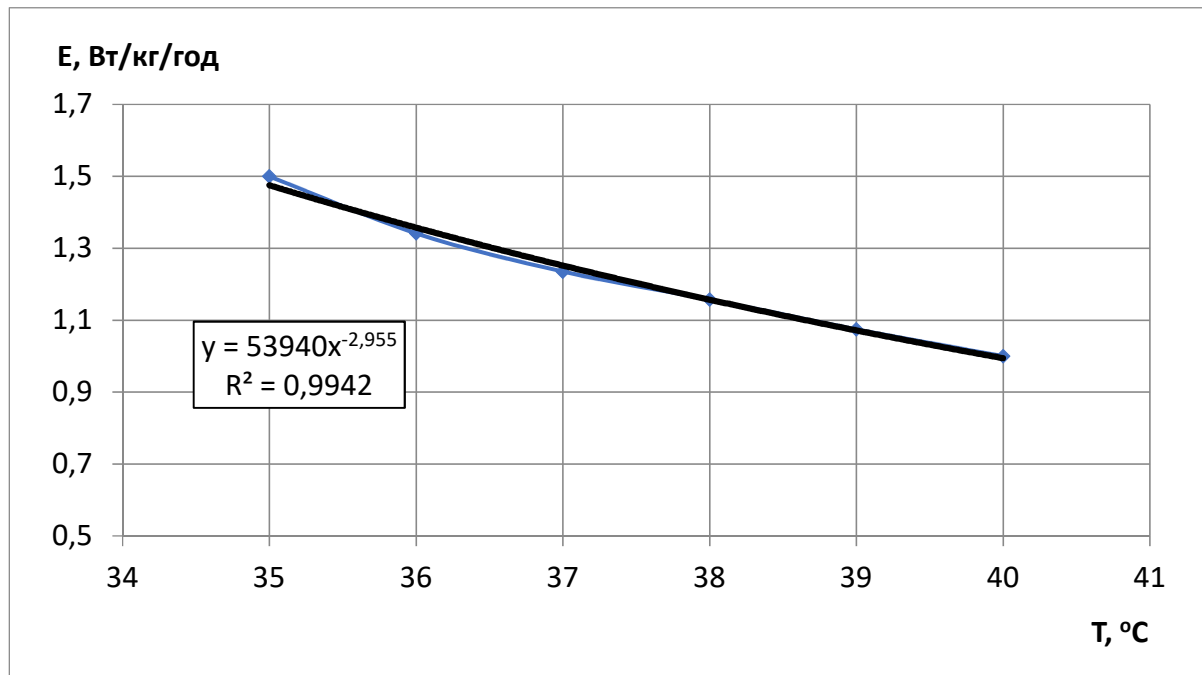


Рис. 4.4. – - Питомі витрати механічної енергії (Вт/кг/год) від температури молока (C)

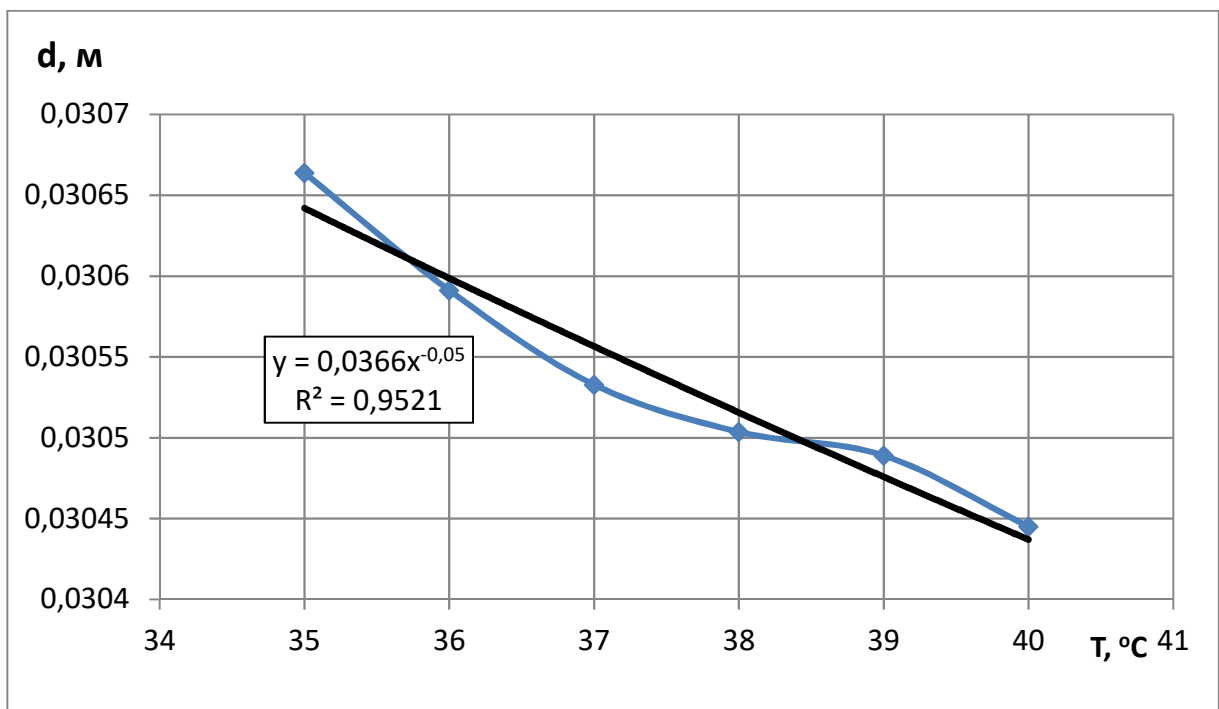


Рис. 4.5.- Вплив температури молока (C) на критичну товщину стінки барабана сепаратора зі сталі (м)

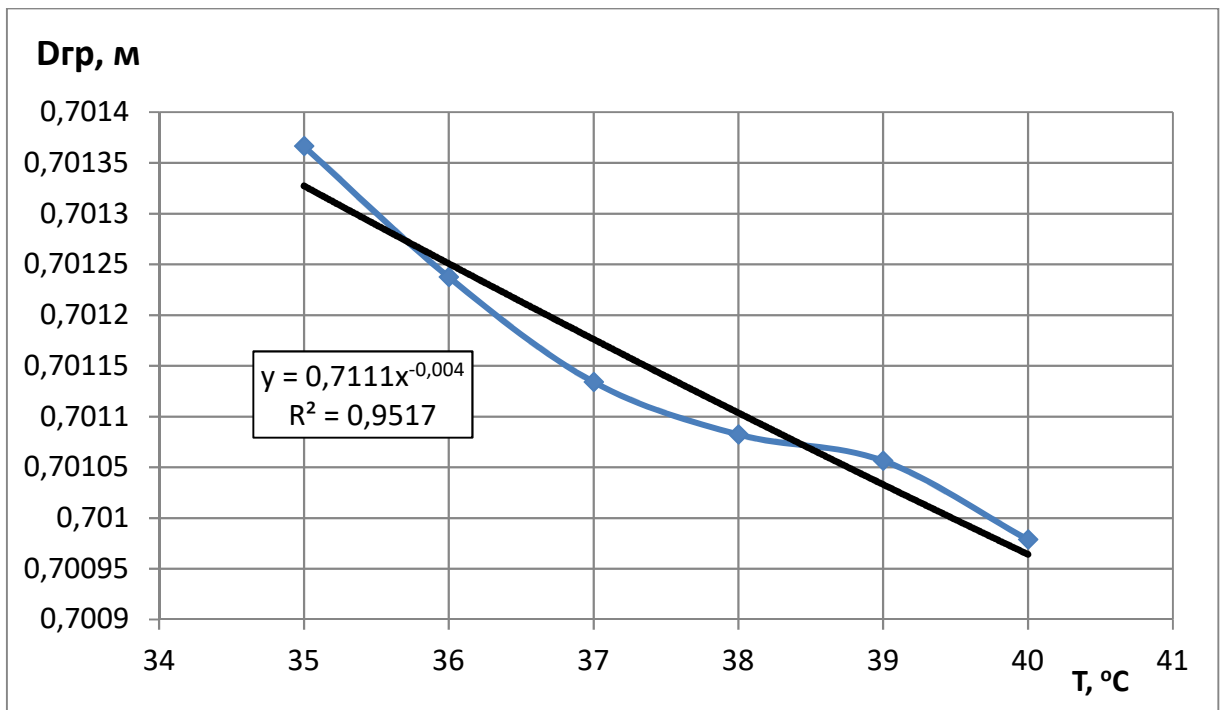


Рис. 4.6.- Вплив температури молока (С) на критичний діаметр барабана сепаратора зі сталі (м)

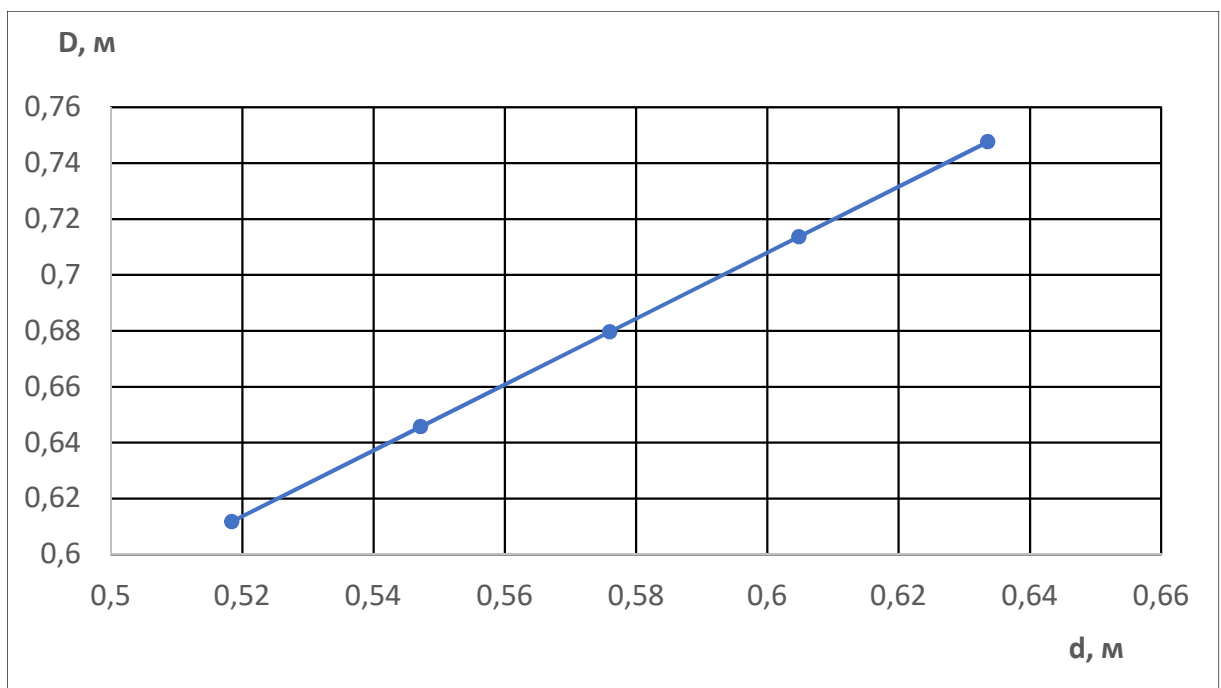


Рис. 4.7.- Граничне значення зовнішнього діаметру барабана сепаратра від внутрішнього діаметру

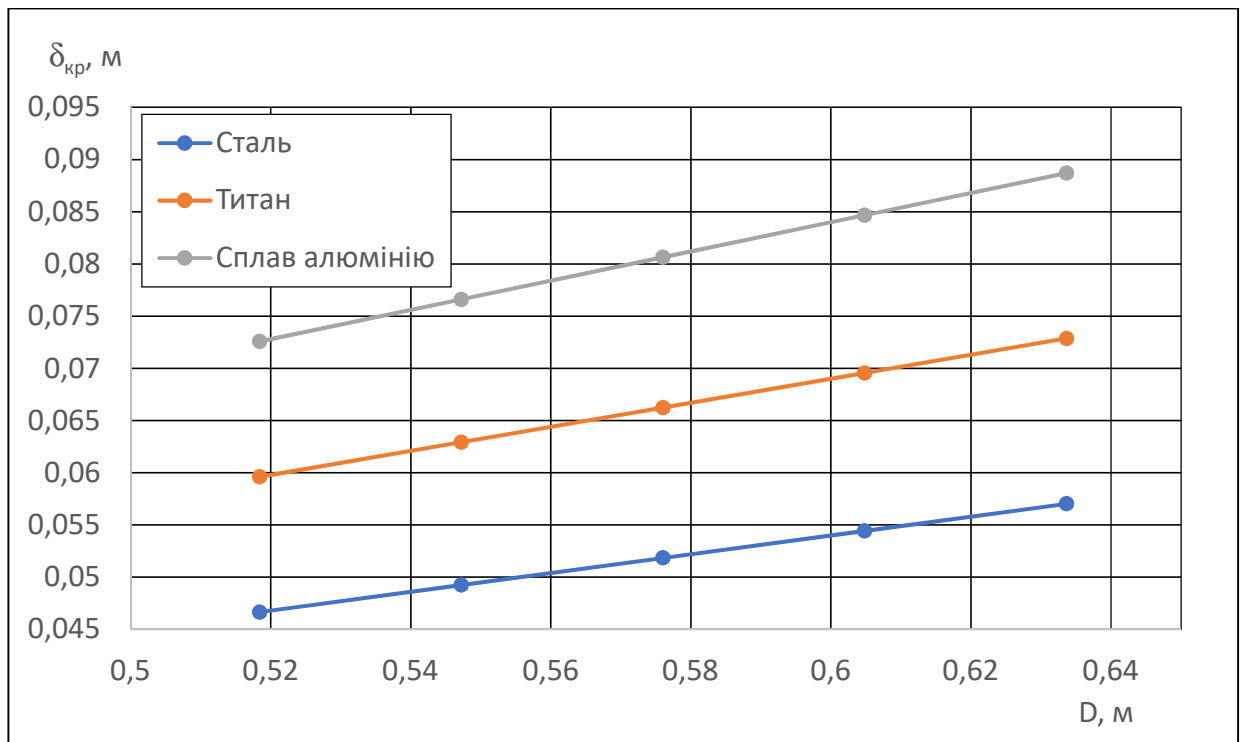


Рис. 4.8.- Критична товщина стінки барабана сепаратора від зовнішнього діаметру барабана сепаратора

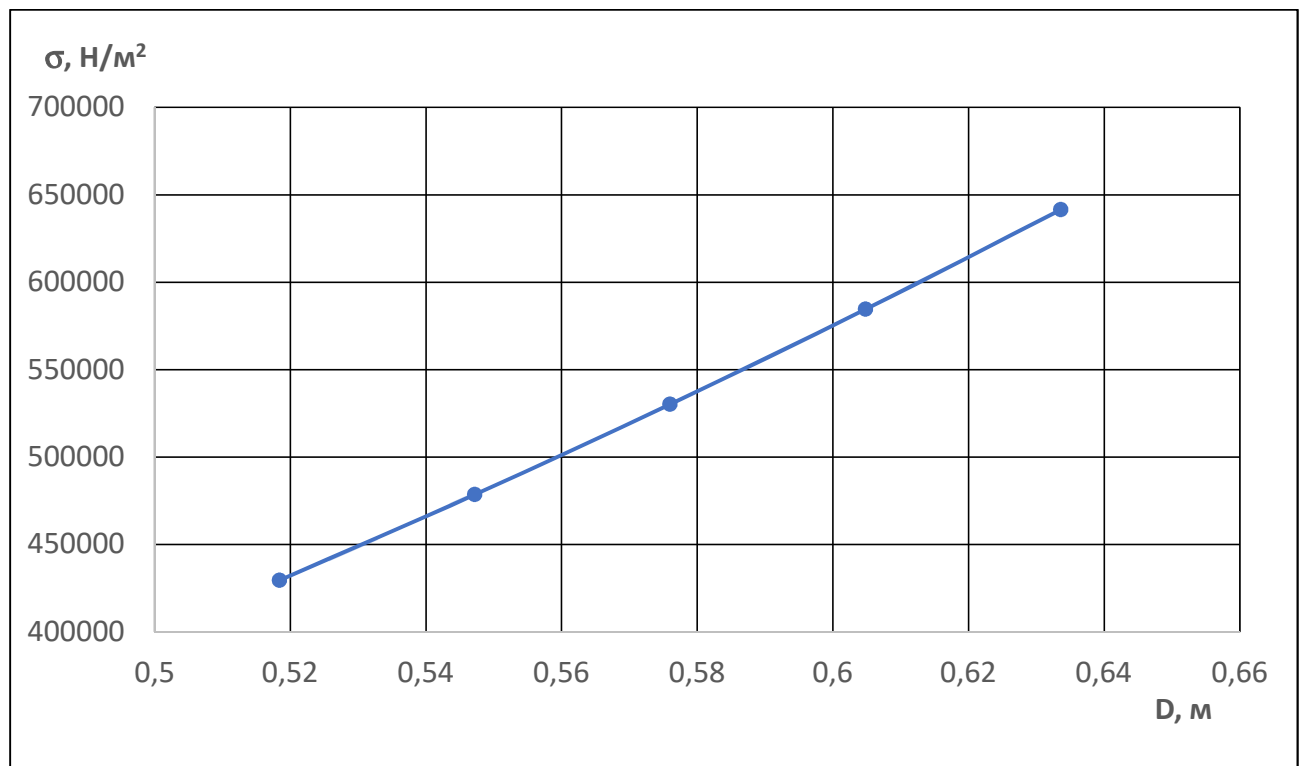


Рис. 4.9. Максимальне напруження в барабані сепаратора від зовнішнього діаметру барабана сепаратора

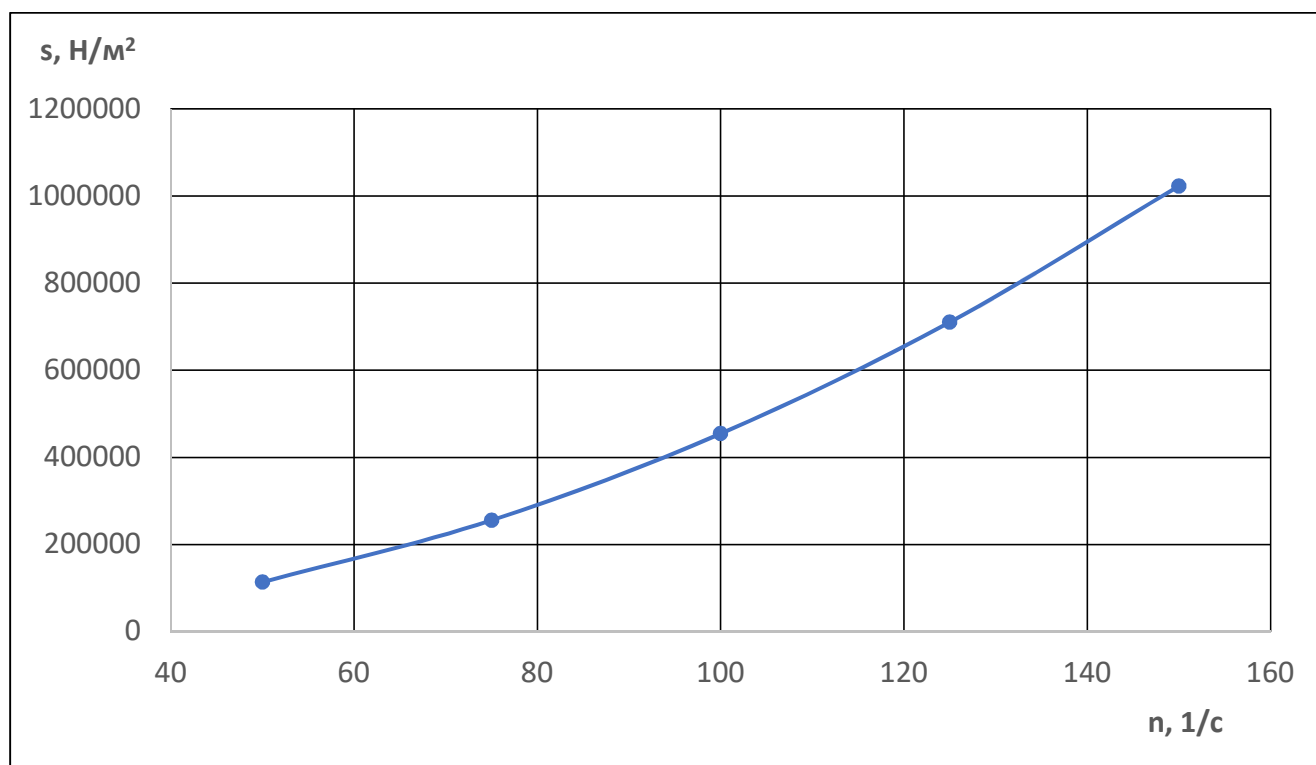


Рис. 4.10. Максимальне напруження від частоти обертання барабана сепаратора

4.3. Дослідження пружини горизонтальної опори сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C

Щоб перевірити, як справляється пропонована до встановлення пружина з навантаженнями, виконаємо її дослідження з застосуванням SolidWorks Simulation [9].

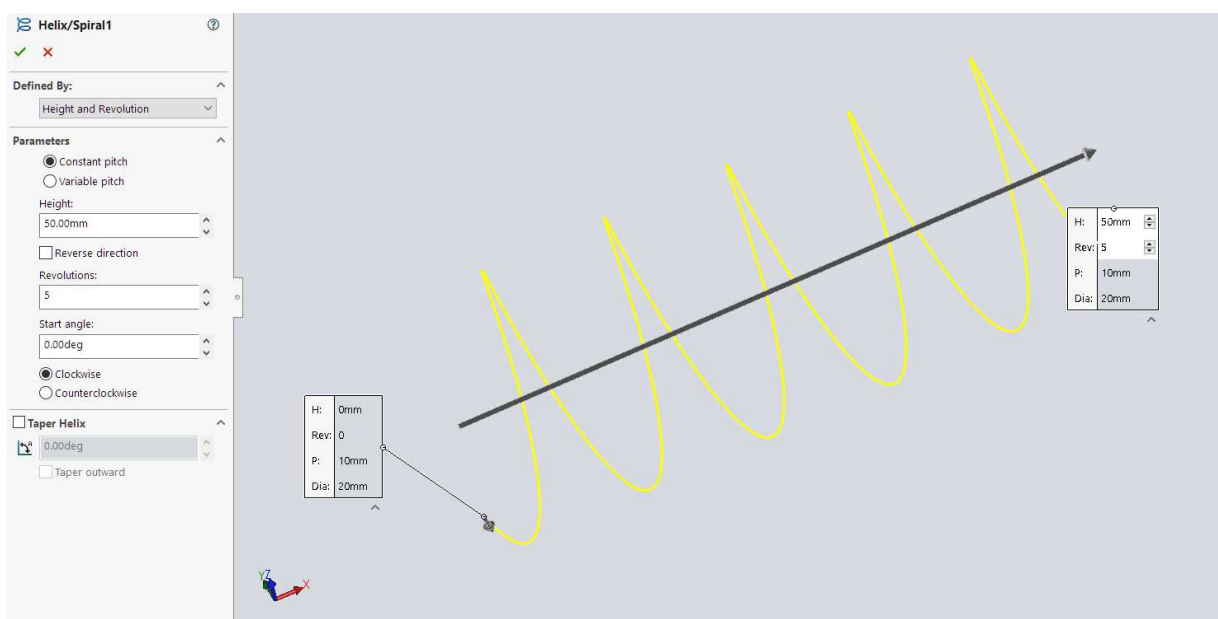


Рис. 4.11. Побудова спіралі, яка є в основі пропонованої пружини.

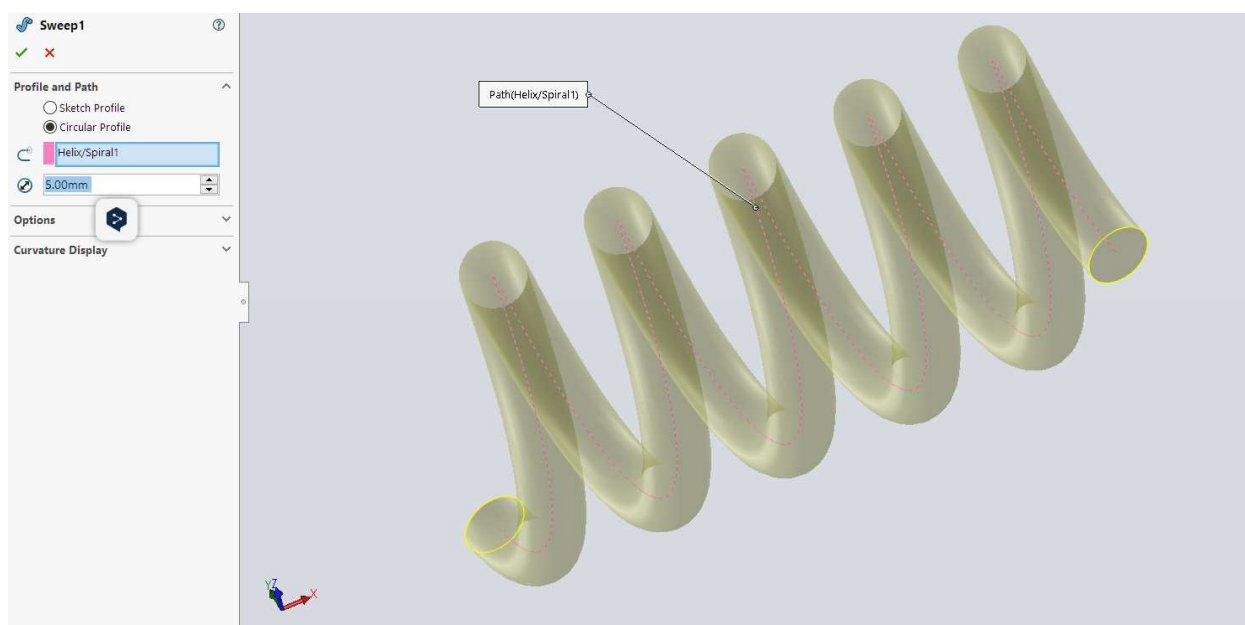


Рис. 4.12. Побудова тіла пружини за допомогою інструменту Sweep.

В основі пружини – побудована на базі кола діаметру 20 мм спіраль (рис. 4.11). Тіло пружини побудували за допомогою інструменту Swer (рис. 4.12).

Для пружини застосуємо рекомендовану для пружини сталь 1.8159. Сталь 1.8159 (50CrV4) є легованою пружинною сталлю з високою міцністю, втомною стійкістю та стійкістю до ударних навантажень. Ця сталь рекомендована для виготовлення пружин і широко використовується в машинобудуванні

Хімічний склад сталі 1.8159:

Вуглець (C): 0.47–0.55%

Кремній (Si): 0.15–0.40%

Марганець (Mn): 0.70–1.10%

Хром (Cr): 0.90–1.20%

Ванадій (V): 0.10–0.25%

Сірка (S): $\leq 0.035\%$

Фосфор (P): $\leq 0.035\%$

Фізико-механічні властивості (залежно від стану обробки):

міцність на розрив (R_m): 1300–2000 МПа (після загартування та відпуску);

межа текучості ($R_{p0.2}$): 1100–1600 МПа;

твердість (HRC): 42–50 (після термообробки);

густина: 7.85 г/см³;

модуль пружності (E): 210 ГПа;

коефіцієнт лінійного термічного розширення

$11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ (в діапазоні температур 20–200°C);

теплопровідність: 46 Вт/(м·К) при 20°C;

електричний опір: 0.23 Ом·мм²/м при 20°C;

При статичному дослідженні для одного торця пружини задаємо жорстку фіксацію, на другому – віддалене навантаження (Remote Load) (рис. 4.13). Величина зусилля складала 1500 Н, що відповідає заокругленій 1/6 маси заповненого барабану в зборі (900 кг). Наступним етапом було формування розрахункової сітки (рис. 4.14).

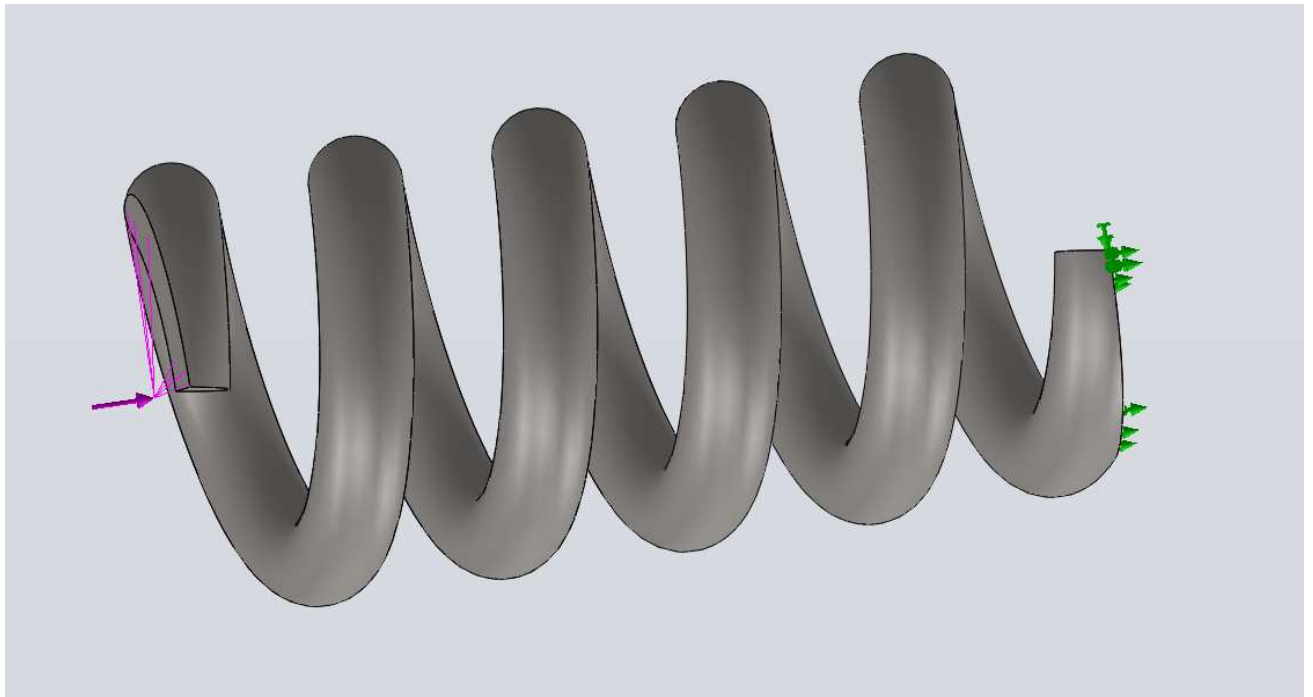


Рис. 4.13. Модель пружини із схемою фіксації та навантаження

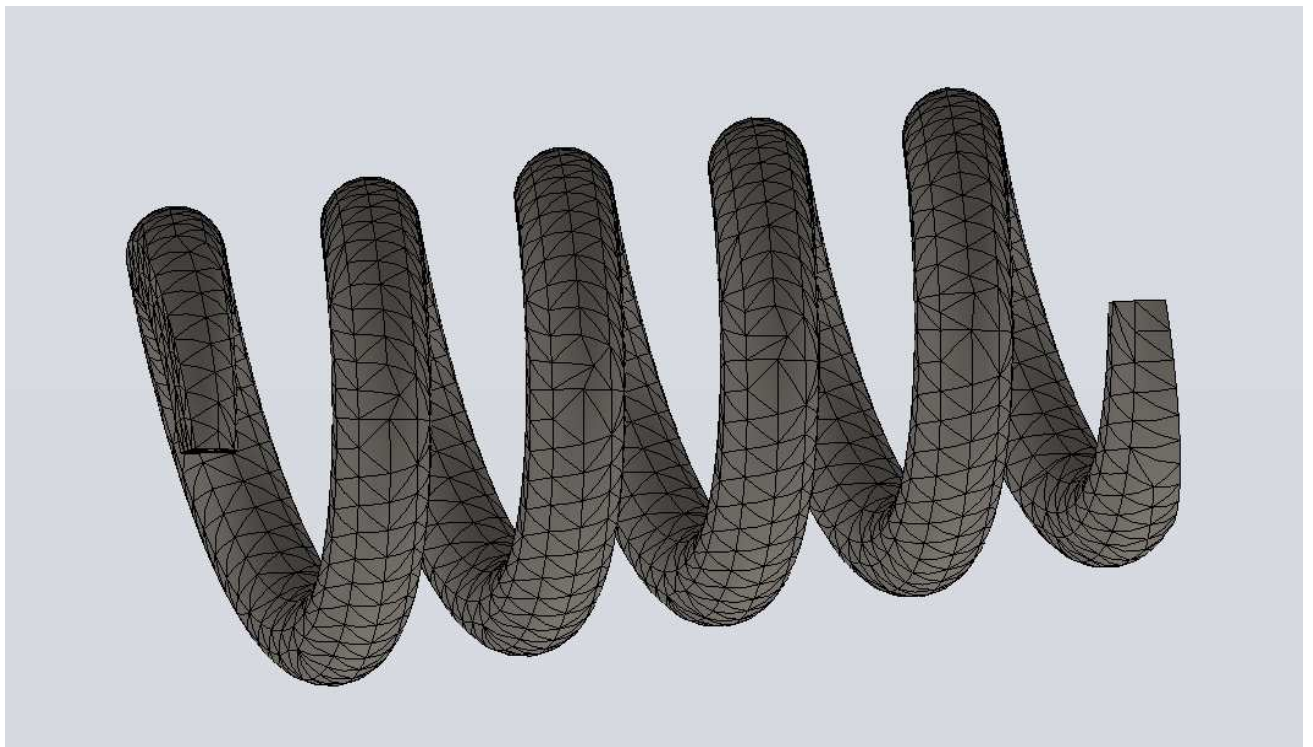


Рис. 4.14. Розрахункова сітка пружини

Результати дослідження представимо на рис. 4.15...4.19.

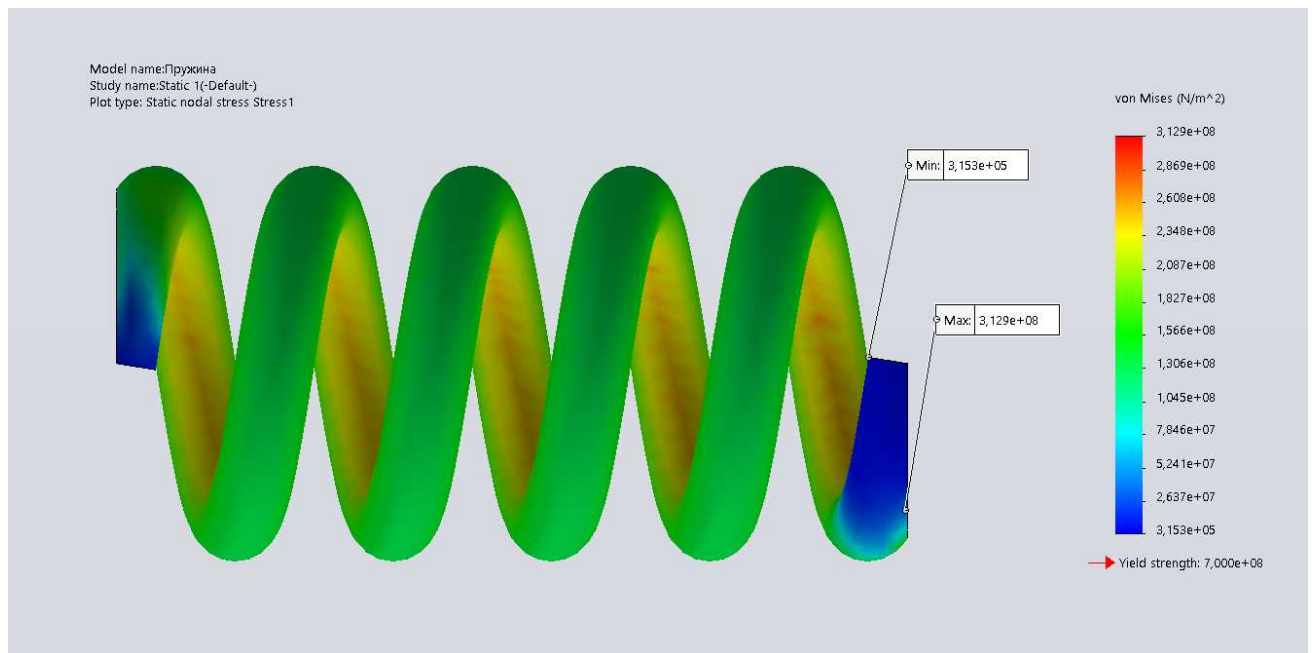


Рис. 4.15. Напруження за фон Мізесом для пружини зі сталі 1.8159 при навантаження 1500 Н

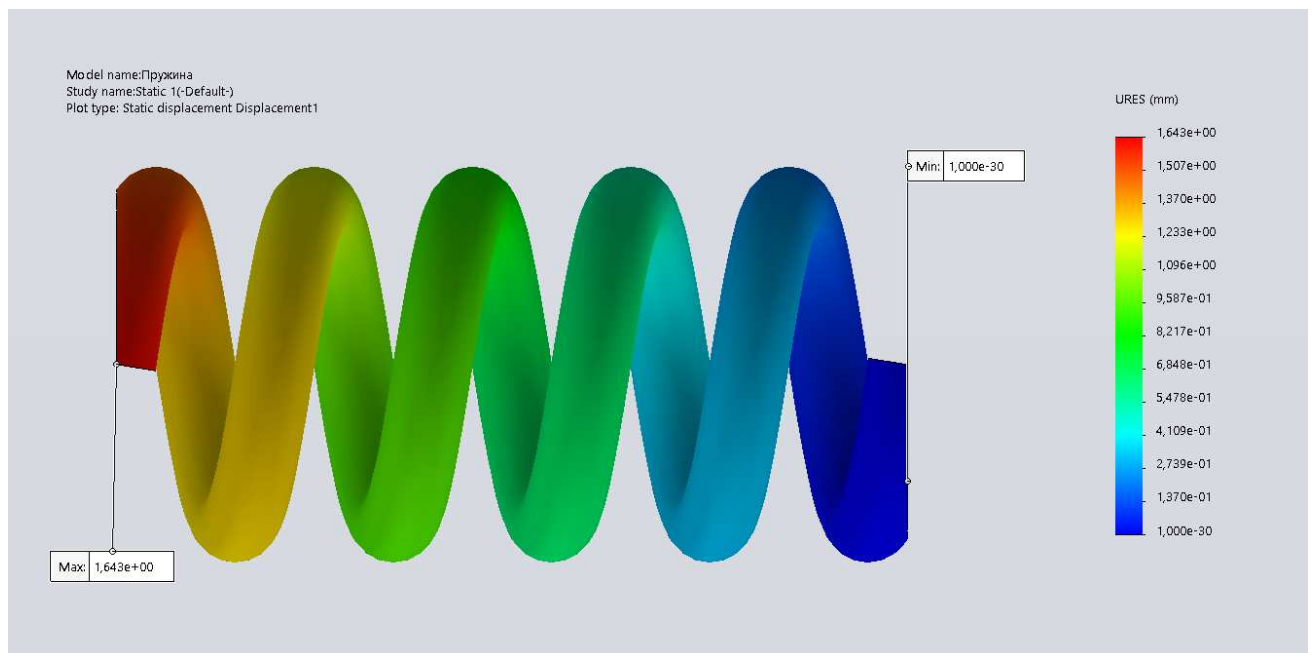


Рис. 4.16. Статичне переміщення для пружини зі сталі 1.8159 при навантаження 1500 Н

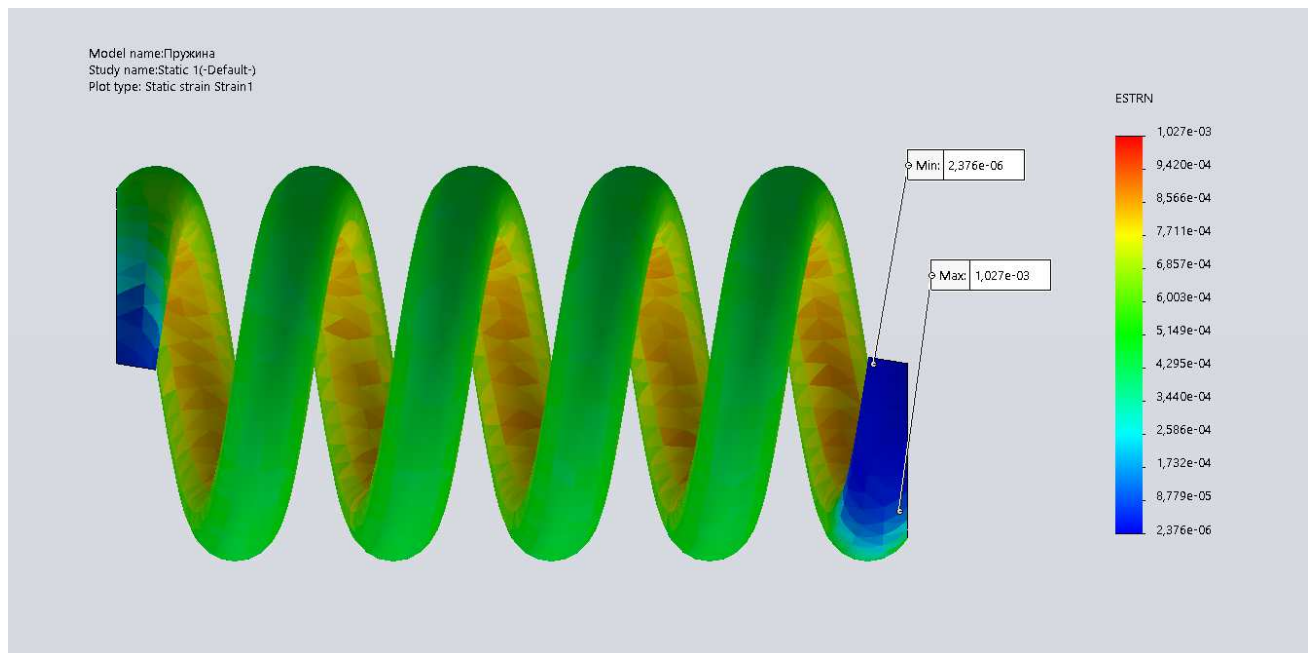


Рис. 4.17. Статична деформація для пружини зі сталі 1.8159 при навантаження 1500 Н

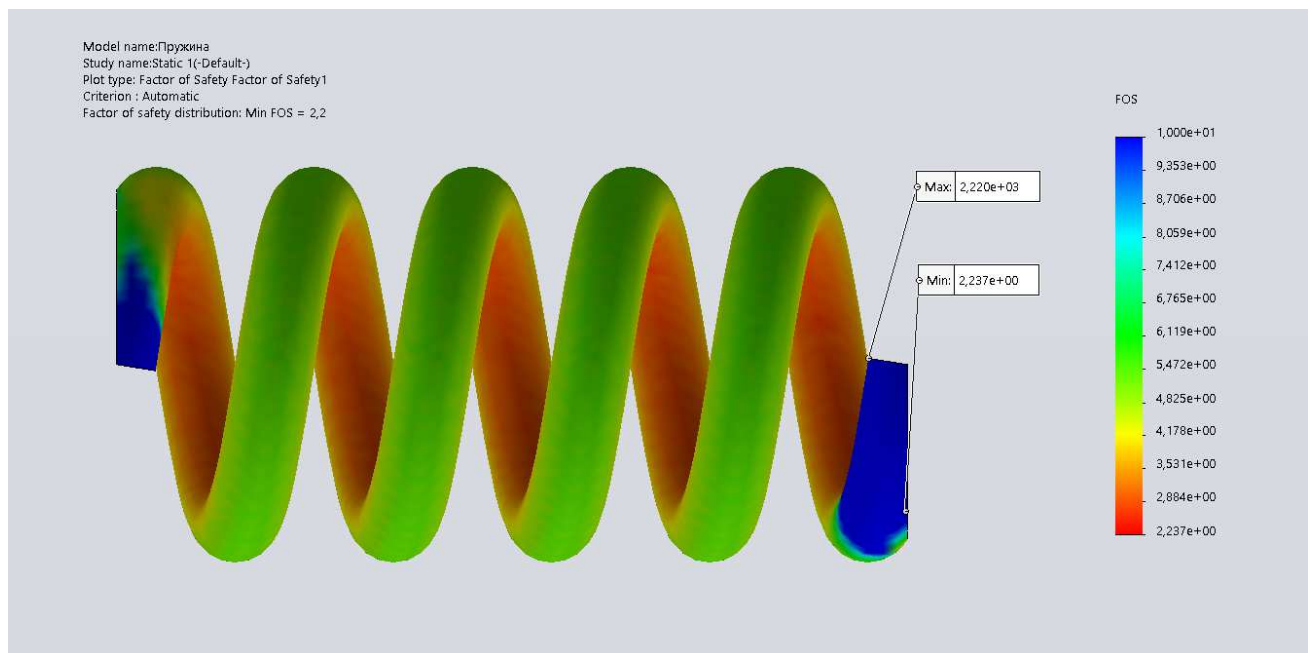


Рис. 4.18. Коефіцієнт запасу міцності для пружини зі сталі 1.8159 при навантаження 1500 Н

Зведемо в таблицю 4.1 найбільші і найменші значення досліджених характеристик напружено-деформованого стану пружини.

Результати дослідження характеристик напружено-деформованого стану пружини.

Параметр	min	max
Напруження за фон Мізесом, Н/м ²	315337.97	312912576
Статичне переміщення, мм	0	1.64
Статична деформація	2.37595805e-06	0.00103
Коефіцієнт запасу міцності	2.248	2219.84

Таким чином, запропонована до встановлення пружина, цілком задовольняє умови міцності.

4.4. Аналіз результатів дослідження

У результаті проведених досліджень та розрахунків сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C можна зробити наступні висновки.

Оптимальна температура сепарування молока знаходиться в межах 38 - 40°C, що забезпечує високу продуктивність і ступінь розділення.

Встановлено, що оптимальна температура очищення молока на сепараторі ОМ-1А знаходиться в межах 40-45 °С. Підвищення температури призводить до розплавлення молочного жиру і погіршення процесу розділення.

При швидкості більше 7000 об/хв. спостерігається не тільки механічне, а й мікробіологічне очищення молока.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5.1. Заходи з охорони праці і техніки безпеки при виробництві сметани

Вивчення і вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов праці, є важливим завданням у розробці нових технологій і виробничих систем. Аналіз причин нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж та розробка заходів для їх усунення забезпечують створення безпечних умов праці. Комфортна і безпечна праця є важливим чинником, що впливає на продуктивність, безпеку та здоров'я працівників [18].

Технологічний процес виробництва сметани забезпечується таким обладнанням: прийомні ванни ИПКС-053; насоси 75–2Ц6,5–7; сепаратори А1-ОЦМ-5 та ОСП-3; пастеризаційні установки ОПУ-10; агрегат РАС-51.

Прийомні ванни для молока ИПКС-053 — це відкриті місткості з підведеними електричними та гідравлічними комунікаціями. Їх слід розміщувати на висоті, що унеможливорює падіння персоналу, із захисними огорожами. Основні фактори безпеки праці — ураження електричним струмом і слизька підлога, які можуть спричинити травматизм. Тому необхідно забезпечити заземлення за нормативами та підставки під ноги.

Вимоги безпечної експлуатації електричних відцентрових насосів типу 75–2Ц6,5–7 передбачають якісне складання та точний монтаж. При складанні слід ретельно встановлювати ущільнювачі, кільця й манжети. Основні небезпечні фактори — вібрації та ризик ураження струмом через надмірну вологість. Для мінімізації цих ризиків передбачено віброізоляцію та заземлення відповідно до ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Рівень шуму на робочих місцях регламентується ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”. Підтікання насосу не повинно перевищувати допустимих для конструкції норм.

При несправному насосі (здіяння робочих органів за корпус, кришку, підвищені вібрація чи шум) працювати заборонено.

Головні вимоги до експлуатації молочних сепараторів:

- пуск і зупинку машини здійснює лише відповідальна особа, призначена наказом чи розпорядженням підприємства;
- обслуговувати сепаратори можуть працівники з досвідом роботи, які пройшли підготовку та вивчили інструкцію;
- перед пуском перевіряють заземлення, кріплення болтів, щільність кришок;
- знімати кришку до повної зупинки заборонено;
- тарілки після миття монтують за встановленим порядком згідно нумерації;
- при постійному наростанні вібрацій (входженні в зону резонансу) необхідно вимкнути струм і залишити цех до повної зупинки сепаратора.

При експлуатації пастеризаційних установок небезпеку становлять теплові опіки. Стандарти допускають максимальну температуру дотичних поверхонь не вище 50°C. Для забезпечення безпеки рекомендується використовувати теплоізоляцію або кожухи, які виключають контакт з нагрітими поверхнями. У деяких випадках дозволено застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

При експлуатації фасувального автомату важливо забезпечити його герметичність і відсутність підтікання. Всі відкриті рухомі частини (зубчасті сегменти, муфти, кінці валів, махові колеса, гребінки) та передачі (шків, паси) повинні мати захисні пристрої. Виступаючі частини машин (шпонки, гвинти) слід закривати футлярами, а зубчасті шестерні та муфти редукторів — кожухами.

Технологічне обладнання, апаратура, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних та інших синтетичних матеріалів для розфасовки молока і молочних продуктів повинні виготовлятися з матеріалів, дозволених санепідемнаглядом для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби повинні мати гладкі, легко очищувані внутрішні поверхні без щілин, зазорів і виступів, що ускладнюють очищення. Використання дерева та інших матеріалів, що погано миються, варто уникати.

Робочі поверхні столів для обробки харчових продуктів повинні бути гладкими, без щілин, виготовленими з нержавіючого металу чи полімерних матеріалів, дозволених санепідемнаглядом.

Технологічне обладнання та апаратура повинні бути пофарбовані світлими фарбами (за винятком обладнання з нержавіючих матеріалів) без шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій чи хром, заборонено.

Розміщення обладнання має відповідати технологічній схемі, забезпечувати потоковість процесу, короткі й прямі молокопроводи, унеможливлювати зустрічні потоки сировини та готової продукції.

Розташування обладнання повинно забезпечувати вільний доступ до нього, контроль виробничих процесів, якості сировини та продукції, а також можливість миття, прибирання й дезінфекції приміщень і обладнання.

Обладнання, апаратура і молокопроводи повинні монтуватися так, щоб забезпечувався повний злив молока, мийних і дезінфікуючих розчинів. Усі частини, що контактують із молоком, мають бути доступні для чищення й дезінфекції. Металеві молокопроводи повинні бути рознімними.

Скляні термометри без захисної оправы використовувати заборонено. Резервуари для зберігання молока, вершків, сметани (крім виробництва сиру та творогу) мають мати щільно прилеглі кришки.

Обладнання, що використовується для виготовлення молочних продуктів, підключається до каналізації через лійки із сифоном. Пряме з'єднання з каналізацією та злив води на підлогу не допускаються.

У виробничих приміщеннях переважно застосовують природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) має бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинен бути не менше 1:10. Коефіцієнт природного освітлення (КЕО) слід враховувати відповідно до характеру праці та зорової напруги.

При недостатньому природному освітленні варто використовувати штучне освітлення, переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях із тяжкими умовами або без постійних робочих місць доцільно застосовувати лампи накаливання.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпек є ті, що пов'язані з обладнанням із рухомими елементами (так звані механічні небезпеки). До механічних небезпек належать ті, які можуть виникнути біля будь-якого об'єкта, здатного спричинити травму через неспровокований контакт об'єкта або його частини з людиною. На молокопереробному заводі до таких елементів належать, зокрема, ланцюгові й пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпеками, регламентуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та іншими.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, та запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу дій операторів. Для цього встановлюються механізми фотоелектричного блокування, які у разі перепон на шляху променя не дозволяють увімкнути привід машини.

Дієвими запобіжними заходами є умови, за яких небезпечна частина недоступна (наприклад, закрита кожухом чи кришкою), а також використання кінцевих електричних датчиків, які припиняють подачу струму при відкритті або знятті кришки чи кожуха.

При розміщенні транспортерів необхідно передбачати проходи між стіною і однією стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами — не менше 0,9 м. З іншого боку транспортери зі стрічкою до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а зі стрічкою понад 60 см — залишати розрив не менше 0,4 м; за наявності перекидних візків проходи збільшують з урахуванням їх виступу.

Захисне заземлення - це передбачене електричне з'єднання із землею чи її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть випадково опинитись під напругою.

Захисне заземлення є ефективною мірою захисту при живленні електрообладнання від електричних мереж напругою до 1000В з будь-яким режимом нейтралі.

Розрахуємо захисне заземлення для цеху з виробничими установками, які живляться від мережі 380В з ізольованою нейтраллю.

В якості електродів-заземлювачів приймаємо сталі труби довжиною $L := 2$ (м) і діаметром $d := 0.06$ (м), які з'єднані між собою сталеві смуги шириною $b := 0.04$ (м). Коефіцієнт використання заземлювачів $\eta_3 := 0.59$ І з'єднувальної смуги $\eta_c := 0.62$ Відстань між заземлювачами рівна $a := 4$ (м). Заглибина верхнього кінця труби і з'єднувальної смуги $H := 0.7$ (м). Питомий опір ґрунту $\rho := 400$ (Ом*м) (ґрунт - суглинок).

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту, в якому розміщений заземлювач за формулою:

$$\rho_p = \rho \cdot \phi$$

де $\phi := 1.32$ - кліматичний коефіцієнт, що залежить від вологості ґрунту

$$\rho_p := \rho \cdot \phi \quad \rho_p = 528 \quad (\text{Ом} \cdot \text{м})$$

Визначимо опір розтікання струму одинарного вертикального заземлювача (труби), заглибленого нижче рівня землі на

$$H = 0.7 \quad (\text{м}).$$

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \left(\frac{2 \cdot b}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right) \right)$$

де $t := H + 0.5 \cdot L$ $t = 1.7$ (м) - відстань від поверхні ґрунту до середини труби

$$R_3 := \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \left(\frac{2 \cdot b}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right) \right) \quad R_3 = 13.872$$

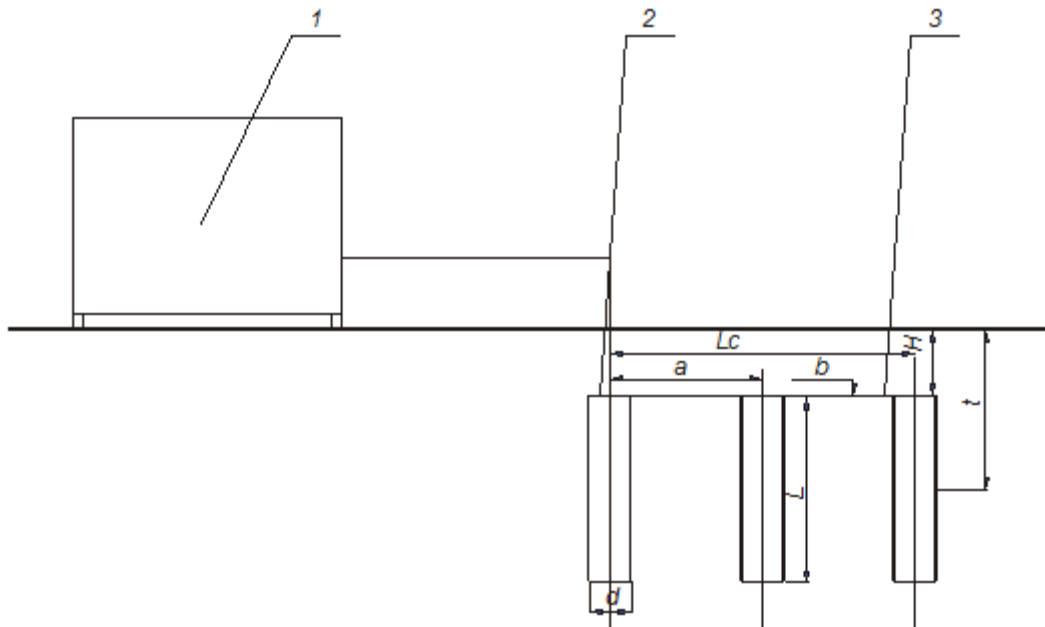


Рис. 5.1. Розрахункова схема заземлення

Визначимо необхідну кількість заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R_3}{R_H \cdot \eta_3}$$

де $R_H := 4$ (Ом) - нормований опір заземлюючого пристрою.

$$n := \frac{R_3}{R_H \cdot \eta_3} \quad n = 5.878$$

Приймаємо $n := 6$ шт.

Визначимо довжину з'єднувальної смуги, враховуючи, що заземлювачі встановлені в ряд:

$$L_c := 1.05 \cdot a \cdot (n - 1) \quad L_c = 21 \quad (\text{м})$$

Визначимо опір розтікання струму з'єднувальної смуги

$$R_c := \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_c} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot L_c}{b \cdot H} \right) \quad R_c = 22.17$$

Визначимо загальну величину опору розтікання струму заземлюючого пристрою:

$$R_{3\pi} := \frac{R_3 \cdot R_c}{R_3 \cdot \eta_c + R_c \cdot \eta_3} \quad R_{3\pi} = 14.185 > R_H = 4 \text{ (Ом)}$$

Отже, опір штучних заземлювачів задовільняє допустимі значення

5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Одним із важливих завдань цивільного захисту [19] є забезпечення сталого функціонування народного господарства в умовах надзвичайних ситуацій мирного чи воєнного часу.

Стабільна робота сільськогосподарських і промислових об'єктів забезпечує населення основними продуктами харчування, промисловість - сировиною.

Комплекс організаційних, технічних, агротехнічних, зоогігієнічних та інших заходів, спрямованих на мінімізацію дії зброї масового ураження, швидку ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій та забезпечення виробництва високоякісних продуктів харчування та стійкість агропромислових об'єктів підприємств можна збільшити шляхом активного вжиття заходів.

5.2.1. Стійкість роботи ПРАТ «Тернопільський молокозавод» до дії проникаючої радіації та радіоактивного зараження місцевості ядерного вибуху

5.2.1.1. Характеристика проникаючої радіації

Проникаюча радіація ядерного вибуху є сумісним -випроміненням і нейтронним випромінюванням. -випромінення і нейтронне випромінювання різні по своїх фізичних властивостях, а загальним для них є те, що вони можуть розповсюджуватися в повітрі у всі сторони на відстані до 2,5—3 км. Проходячи через біологічну тканину -кванти і нейтрони іонізують атоми і молекули, що входять до складу живих клітин, внаслідок чого порушується нормальний обмін речовин і змінюється характер життєдіяльності клітин, окремих органів і систем організму, що приводить до виникнення специфічного захворювання — променевої хвороби. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Джерелом проникаючої радіації є ядерні реакції розподілу і синтезу, що протікають в боєприпасах у момент вибуху, а також радіоактивний розпад уламків поділу. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

-кванти можуть бути миттєвими, випускаються в ході протікання ядерних реакцій вибуху, при взаємодії нейтронів з конструкційними матеріалами боєприпаса і з найближчими до нього шарами повітря, осколковими, утворюваними при радіоактивному розпаді уламків поділу, або захватними, виникаючими при ядерних реакціях захоплення нейтронів атомами повітря і ґрунту на значних відстанях від центру вибуху боєприпаса. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Нейтрони проникаючої радіації можуть бути миттєвими, випускаються в ході протікання ядерних реакцій вибуху, і що «запізнюються», утворюються в процесі розпаду уламків поділу протягом перших 2—3 з після вибуху. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Час дії проникаючої радіації при вибуху зарядів розподілу і комбінованих зарядів не перевищує декількох секунд. При вибуху зарядів розподілу і комбінованих зарядів час дії проникаючої радіації визначається часом підйому хмари вибуху на таку висоту, при якій випромінювання поглинається товщею повітря і практично не досягає поверхні землі. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із

небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Вражаючу дію проникаючої радіації характеризується величиною дози випромінювання, тобто кількістю енергії радіоактивних випромінювань, поглиненою одиницею маси опромінюваного середовища. Розрізняють дозу випромінювання в повітрі (експозиційну дозу) і поглинену дозу. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Доза проникаючої радіації залежить від типу ядерного заряду, потужності і виду вибуху, а також від відстані до центру вибуху. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Проникаюча радіація є одним з основних вражаючих чинників при вибухах нейтронних боєприпасів і боєприпасів розподілу надмалої і малої потужності. Для вибухів більшої потужності радіус поразки проникаючою радіацією значно менше радіусів поразки ударною хвилею і світловим випромінюванням. Особливо важливе значення проникаюча радіація придбаває у разі вибухів нейтронних боєприпасів, коли основна частка дози випромінювання утворюється швидкими нейтронами. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

5.2.1.2. Уражуюча дія проникаючої радіації та методи захисту

Уражуюча дія проникаючої радіації на особовий склад залежить від величини дози випромінювання і часу, що пройшов після вибуху. Залежно від

доза випромінювання розрізняють чотири ступені променевої хвороби: першу (легку), другу (середню), третю (важку) і четверту (у край важку). Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Променева хвороба I ступеня виникає при сумарній дозі випромінювання 150—250 Р. Прихований період продовжується два-три тижні, після чого з'являються нездужання, загальна слабкість, нудота, запаморочення, періодичне підвищення температури. В крові зменшується зміст білих кров'яних тіл. Променева хвороба I ступеня виліковна. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Променева хвороба II ступеня виникає при сумарній дозі випромінювання 250—400 Р. Прихований період триває близько тижня. Ознаки захворювання виражені більш яскраво. При активному лікуванні настає одужання через 1,5—2 міс. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Променева хвороба III ступеня настає при дозі 400—700 Р. Прихований період складає декілька годин. Хвороба протікає інтенсивно і важко. У разі сприятливого результату одужання може наступити через 6—8 міс. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Променева хвороба IV ступеня настає при дозі понад 700 Р, яка є самою небезпечною. При дозах, що перевищують 5000 Р, особовий склад втрачає

здатність виконувати обов'язки через декілька хвилин. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

В приладах радіаційної розвідки під дією наведеної активності в детекторних блоках можуть вийти з ладу найчутливіші піддіпазони вимірювань. При великих дозах випромінювання і потоках швидких нейтронів втрачають працездатність комплектуючі елементи систем радіоелектроніки і електроавтоматики. При дозах більше 2 000 Р скла оптичних приладів темніють, забарвлюючись у фіолетово-бурий колір, що знижує або повністю виключає можливість їх використання для нагляду. Дози випромінювання 2—3 Р приводять в непридатність фотоматеріали, що знаходяться в світлонепроникній упаковці. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

В рухомих об'єктах для захисту від проникаючої радіації необхідний комбінований захист, що складається з легких воднемістких речовин і матеріалів з високою густиною. Без спеціальних протирадіаційних екранів, наприклад, металевий лист має кратність ослаблення проникаючої радіації, рівну приблизно 4, що недостатньо для забезпечення надійного захисту. Тому питання захисту людей повинні розв'язуватися виконанням комплексу різних заходів. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Найбільшою кратністю ослаблення дози проникаючої радіації володіють споруди (перекриті траншеї — до 100, притулки — до 15000). Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють

поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Як засоби, що ослабляють дію іонізуючих випромінювань на організм людини, можуть бути використані різні протирадіаційні препарати (радіопротектори). Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

5.2.1.3. Забезпечення стійкості радіоактивного зараження місцевості, приземного шару атмосфери і об'єктів ПРАТ «Тернопільський молокозавод» при ядерному вибуху

Радіоактивне зараження місцевості, приземного шару атмосфери, повітряного простору, води і інших об'єктів виникає в результаті випадання радіоактивних речовин з хмари ядерного вибуху. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Значення радіоактивного зараження як вражаючого чинника визначається тим, що високі рівні радіації можуть спостерігатися не тільки в районі, прилеглому до місця вибуху, але і на відстані десятків і навіть сотень кілометрів від нього. На відміну від інших вражаючих чинників, дія яких виявляється протягом відносно короткого часу після ядерного вибуху, радіоактивне зараження місцевості може бути небезпечним протягом декількох діб і тижнів після вибуху. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Найсильніше зараження місцевості відбувається при наземних ядерних вибухах, коли площі зараження з небезпечними рівнями радіації у багато разів перевищують розміри зон поразки ударною хвилею, світловим випромінюванням і проникаючою радіацією. Самі радіоактивні речовини і що випускаються ними іонізуючі випромінювання не мають кольору, запаху, а швидкість їх розпаду не може бути змінена якими-небудь фізичними або хімічними методами. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Заражену місцевість по шляху руху хмари, де випадають радіоактивні частинки діаметром більше 30— 50 мкм, прийнято називати ближнім слідом зараження. На великих відстанях — дальній слід — невелике зараження місцевості не впливає на боєздатність особового складу. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Джерелами радіоактивного випромінювання при ядерному вибуху є: продукти розподілу (уламки поділу) ядерних вибухових речовин (Pu-239, U-235 і U-238); радіоактивні ізотопи (рад іонукліди), що утворюються в ґрунті і інших матеріалах під впливом нейтронів — наведена активність; частина ядерного заряду, що не розділилася. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

У міру збільшення часу, що пройшов після вибуху, величина активності уламків поділу швидко падає. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою.

Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

При наземному ядерному вибуху область, що світиться, торкається поверхні землі і утворюється воронка викиду. Значна кількість ґрунту, що потрапив в світиму область, плавиться, випаровується і перемішується з радіоактивними речовинами. У міру охолодження області і її підйому, що світиться, пари конденсуються, утворюючи радіоактивні частинки різної величини. Сильний прогрів ґрунту і приземного шару повітря сприяє утворенню в районі вибуху висхідних потоків повітря, які формують пиловий стовп («ніжку» хмари). Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

На місцевості, що піддалася радіоактивному зараженню при ядерному вибуху, утворюються дві ділянки: район вибуху і слід хмари. У свою чергу в районі вибуху розрізняють навітряну і підвітряну сторони. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Спочатку з хмари випадають найкрупніші частинки з високим ступенем їх активності, у міру видалення від місця вибуху — більш дрібні, а рівень радіації при цьому поступово знижується. В поперечному перетині сліду рівень радіації зменшується від осі сліду до його країв. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Потужності доз випромінювання на сліді хмари в надзвичайно небезпечній зоні зараження до моменту підходу фронту радіоактивного зараження можуть доходити до тисяч рентген в годину, що при відкритому тому, що розташовує

особового складу приведе до дози опромінювання до 10000 Р. Поскольку опромінювання в дозах 250—400 Р викликає важкі поразки людини, те перебування людей в цій зоні можливе тільки в спорудах з кратністю ослаблення дози близько 1 000, тобто до величини нижче за небезпечний рівень. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Інженерні споруди і об'єкти рухомої техніки забезпечують різний рівень захисту від γ -радіоактивно зараженої місцевості. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

При підході фронту радіоактивного зараження до якого-небудь рубежу на місцевості одночасно з підвищенням радіації збільшується і концентрація радіоактивних речовин в приземному шарі повітря, яка досягає максимального значення приблизно до середини періоду випадання радіоактивних речовин, коли проходить центр шлейфу, і потім зменшується до кінця періоду випадання. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із безпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Оскільки до органів дихання людини практично не можуть потрапляти частинки діаметром більше 100 мкм, а саме разом з крупними частинками випадає основна частка активності, та загальна кількість РВ, яка може нагромадитися в незахищених органах дихання за період формування сліду, не викличе гострих радіаційних уражень особового складу. Ще менше РВ потрапляє до незахищених органів дихання при вторинному зараженні повітря, коли радіоактивний пил, що осів, підіймається в повітря під час руху техніки в суху погоду або при виконанні інженерних робіт на місцевості. Це має особливе значення для забезпечення

ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Про ступінь зараження радіоактивними речовинами поверхонь різних об'єктів, одягу і шкірних покривів прийнято судити по величині потужності дози поблизу заражених поверхонь, визначуваної в мілірентгенах в годину (мР/год), а також по числу розпадів ядер за одиницю часу на певній площі або в певному об'ємі. Це має особливе значення для забезпечення ефективності захисту об'єктів та мінімізації ризиків, пов'язаних із небезпекою. Додаткові дослідження в цій сфері сприяють поглибленню розуміння процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

5.2.2. Висновки

Методи і засоби захисту, зазначені в цьому розділі, повинні впроваджуватися на технологічних об'єктах усіх типів з урахуванням характеру небезпеки та забезпечення надійності функціонування об'єкта в аварійних ситуаціях. Це особливо важливо для забезпечення ефективності захисту об'єктів і мінімізації ризиків, пов'язаних з небезпекою. Додаткові дослідження в цій області сприятимуть глибшому розумінню процесів, пов'язаних з явищами, описаними в цьому розділі.

Загальні висновки

У результаті проведених досліджень та розрахунків сепаратора марки AMRPX 614 HGV-14C можна зробити наступні висновки.

Підвищити ступінь розділення молока у сепараторі AMRPX 614 HGV-14C можна шляхом збільшення числа обертів барабану.

Збільшення числа обертів барабану сепаратора AMRPX 614 HGV-14C призводить до збільшення навантаження на вузол горизонтального валу та окремі деталі сепаратора.

Для покращення надійності роботи сепаратора AMRPX 614 HGV-14C запропоновано встановити 6 пружин кріплення підшипника горизонтального валу. Пружини балансуються і заміна, у випадку необхідності проходить всіх пружин одночасно.

Оптимальна температура сепарування молока знаходиться в межах 38 - 40°C, що забезпечує високу продуктивність і ступінь розділення.

Проведені розрахунки на міцність підтверджують роботоздатність конструкції сепаратора.

Вирішені питання охорони праці сепаратора AMRPX 614 HGV-14C забезпечують його безпечну експлуатацію.

Для покращення очищення молока від механічних домішок необхідно в барабані сепаратора встановити дві нижні тарілки більшого діаметра, що дозволить покращити осідання домішок на дні барабана та менше потрапляння їх на наступні тарілки .

Встановлено, що оптимальна температура очищення молока на сепараторі ОМ-1А знаходиться в межах 40-45 °С. Підвищення температури призводить до розплавлення молочного жиру і погіршення процесу розділення.

При швидкості більше 7000 об/хв. спостерігається не тільки механічне, а й мікробіологічне очищення молока.

Перелік посилань

1. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв. Київ: Інкос, Центр навч. літ., 2007. 344 с.
2. Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання консервної промисловості: навчальний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. 284 с.
3. Височанська Р. П. Технологічне обладнання цехів по переробці продукції тваринництва. Київ: НМЦ, 2006.
4. Цехмістрова Г. С. Методологія наукових досліджень. Київ: Видав. дім «Слово», 2008. 280 с.
5. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень. Київ: АБУ, 2002. 480 с.
6. Грищенко І. М., Григоренко О. М., Борисейко В. А. Основи наукових досліджень. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2001. 124 с.
7. Баран Р., Ворощук В. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірингу обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті.” НУХТ, 2023. Ч. 2. С. 20.
8. Keska P. SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings. CADvantage, 2021. 1586 p.
9. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навч. посіб. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.
10. Грек О. В., Скорченко Т. А., Поліщук Г. Є. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Київ: НУХТ, 2013.
11. Бондаренко В. М., Коваль О. О. Основи проектування обладнання харчової промисловості. Дніпро: УДХТУ, 2018. 330 с.
12. Коваленко І. О., Суховський І. В. Механіка і деталі машин. Київ: ВД “Інжиніринг,” 2004. 312 с.
13. Швець Р. П. та ін. Розрахунки обладнання харчових виробництв. Київ: ПрофКнига, 2020. 290 с.

14. Ніколайчук В. П. Розрахунок деталей машин. Київ: НТУУ “КПІ,” 2012. 450 с.
15. Оляднічук Р. В., Мелентьєв О. Б. Експлуатація машин і обладнання: Методичні вказівки. Умань: Уманський національний університет садівництва (УНУС), 2020. 118 с.
16. Ялпачик В. Ф. та ін. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств. Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2014. 235 с.
17. Новак Ю. В. Аналіз вимог до конструктивних елементів сепараторів у молочній промисловості // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С. 189.
18. Пожарова О. В. Охорона праці: навчальний посібник. Одеса, 2022. 86 с.
19. Стручок В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2024

УДК 637.13

Ю.В. Новак

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СЕПАРАТОРІВ У МОЛОЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Y.V. Novak

SEPARATORS STRUCTURAL ELEMENTS REQUIREMENTS ANALYSIS IN THE DAIRY INDUSTRY

Молокопродукти є важливою частиною раціону людини завдяки своєму високому вмісту поживних речовин, таких як білки, жири, вітаміни (А, D, В-групи) та мікроелементи (кальцій, фосфор, калій) [1]. Вони сприяють формуванню та підтримці здоров'я кісток, зубів, нервової та м'язової систем. Молокопродукти також є джерелом пробіотиків, що покращують мікрофлору кишечника і загальний імунітет. У дієтології їх використовують як основний елемент багатьох програм здорового харчування.

Сепаратори [2] відіграють ключову роль у технологічних ланцюжках молочної промисловості, забезпечуючи розділення молока на вершки та знежирене молоко, очищення молока від механічних домішок, нормалізацію по вмісту жиру, обробку сироватки для подальшого використання в харчовій промисловості.

Основними конструктивними елементами сепараторів є: барабан для відділення фаз під дією відцентрових сил, привід, система подачі сировини і виведення обробленого продукту.

Серед основних вимог до конструктивних елементів сепараторів у молочної промисловості можна виділити:

- гігієнічність: матеріали повинні бути корозійностійкими (наприклад, нержавіюча сталь) і легко очищуваними;
- механічна міцність: елементи повинні витримувати високі обертові навантаження.
- якість розділення: забезпечення належної якості очистки та розділення;
- енергоефективність: мінімальне споживання енергії при високій продуктивності.

Вдосконалення конструктивних елементів сепараторів спрямоване на підвищення їхньої продуктивності, зниженні енерговитрат і покращенні якості розділення. Оптимізація конструктивних параметрів барабана та інших обертових частин із використанням результатів комп'ютерного моделювання спрямована на зменшення матеріаломісткості та підвищення ефективності. Використання інноваційних матеріалів дозволяє знижувати енергоспоживання та підвищувати довговічність.

При удосконаленні конструкцій сепараторів можна виділити: комп'ютерне моделювання із застосуванням сучасних програмних продуктів, адитивні технології (3D-друк) для створення прототипів і дрібних серій деталей, лабораторні випробування нових матеріалів і конструкцій у реальних умовах.

Інновації в конструкції сепараторів забезпечують сталий розвиток молочної промисловості, підвищуючи її ефективність та відповідність сучасним вимогам ринку.

Література

1. Поліщук Г.С., Грек О.В., Скорченко Т.А. Технологія незбираномолочних продуктів: навчальний посібник. Вінниця: Нова Книга, 2005. 264 с.
2. Сресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворошук В.Я. Технологічне обладнання молочної промисловості. Київ: Інкос, Центр навч. літ., 2007. 344 с.

74.	Ю.В. Новак	189
	АНАЛІЗ ВИМОГ ДО КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СЕПАРАТОРІВ У МОЛОЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	
75.	С.В. Наконечний	190
	ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ PLM У СУЧАСНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	
76.	І.М. Підгурський, Д.З. Биків, О.В. Міщенко	191
	АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ДВОТАВРОВИХ СТАЛЕВИХ БАЛОК З КОМБІНОВАНОЮ ПЕРФОРОВАНОЮ СТІНКОЮ	
77.	В.Б. Савків, Й.Р. Кравець, Н.В. Купина, Н.В. Саварин	193
	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИПІКАННЯ ПЕЧИВА	
78.	В.Б. Савків, Й.Р. Кравець, А.А. Андрєй, Д.П. Русак	194
	АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ	
79.	С.В. Паньків	195
	ВИБІР ГНУЧКИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ З РОЗШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	
80.	В.М. Буховець, к.т.н., В.М. Гарнік	196
	ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ПРИВОДУ ПЛАНШАЙБИ ВЕРСТАТА ДЛЯ ОБРОБКИ СКЛЯНИХ ПЛИТОК	
81.	В.Н. Волюшин, к.т.н., доцент, В.М. Буховець, к.т.н., В.І. Качор	197
	ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРУЖНОЇ СИСТЕМИ ГОЛОВНОГО ПРИВОДУ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК	

СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

1.	Р.А. Баландюк, І.Р. Кіш, В.І. Мицканюк	200
	КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ РОБОТИ ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	
2.	Ю.А. Гаврилів, А.В. Гбур, Н.М. Гикавий	201
	РОЗВИТОК МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ: ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	
3.	Д. В. Міронов, Б. Р. Митулинський; В. О. Романюк; В. С. Перестюк	202
	РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ	
4.	Д. В. Міронов, Д. Ю. Ревак; М. Р. Кошулінський; Т. І. Медвідь	205
	МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПОТУЖНОСТІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ТА ТОЧОК ПІДКЛЮЧЕННЯ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРО-І ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	
5.	А.А. Швець, В.Ю. Стечишин, Т.В. Чорний	207
	РОЛЬ МАСЛОВІДІЛЮВАЧІВ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ КАРТЕРА	
6.	А.Й. Матвійшин, З.О. Михайлишин	208
	ПОНЯТТЯ ТА ВИДИ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
7.	А.І. Днесь, В.В. Царик, О.Е. Козирський	209
	ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗДАВАЛЬНОЇ КОРОБКИ	

