

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

бакалавр

на тему:

**Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту освітлюючого
декантера для казеїну моделі GEA ecoforce CF 4000**

Виконав: студент _____ IV курсу, групи МО-41,
спеціальності: _____ 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

_____ Мучка Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Кравець О.І.

Т.в.о. зав. кафедрою _____ Пилипець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Кухтин М.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2026

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. завідувача кафедрою ОХ

Пилипець О.М.

(підпис) (прізвище, ініціали)

“ ” 2026р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Мучці Дмитру Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту освітлюючого декантера для казеїну моделі GEA ecoforce CF 4000

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 02.02.2026 року № № 4/9-93

2. Строк подання студентом проекту : 10 червня 2026 року

3. Вихідні дані до проекту: Технічний паспорт декантера моделі GEA ecoforce CF 4000

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

У кваліфікаційній роботі необхідно провести аналіз сучасного стану та особливостей процесів відцентрового осадження, дослідити конструкцію та принцип роботи декантерних центрифуг, виконати аналіз патентних матеріалів, науково-технічної літератури та сучасних напрямків удосконалення обладнання для розділення дисперсних систем. Необхідно обґрунтувати конструкцію декантера, виконати кінематичний аналіз його основних вузлів, провести кінематичні розрахунки приводів барабана та шнека, дослідити структуру вузла завантаження і розвантаження продукту, а також визначити потужність, необхідну для приводу шнека декантера. У роботі слід розглянути технологічні процеси ремонту декантера, проаналізувати характерні причини виникнення несправностей і відмов обладнання, розробити рекомендації щодо технічного обслуговування декантера для виробництва казеїну, скласти графік планово-попереджувальних ремонтів та обґрунтувати організацію експлуатації і ремонтного обслуговування обладнання. Крім того, необхідно розробити порядок дефектування та сортування деталей під час виконання ремонтних робіт. Окрему увагу слід приділити питанням безпеки життєдіяльності та охорони праці, розглянути загальні вимоги безпеки на підприємствах молокопереробної промисловості, а також розробити організаційні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці під час монтажу, технічного обслуговування та ремонту декантера. За результатами проведених досліджень, розрахунків та розробок необхідно сформулювати загальні висновки та практичні рекомендації щодо підвищення ефективності, надійності та довговічності роботи декантерного обладнання.

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

1. Декантер. Загальний вигляд. 2 листи Ф-А1. 2. Кінематична схема горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну 1 лист А1. 3. Складальні креслення вузла вала ножевого. 1 лист А1. 4. Деталювання. 1 лист А1.

5. Конструктивні розрахунки 1 лист А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Кравець О.І. – к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Кравець О.І. – к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____ 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	<i>1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи</i>	до 01.04.2026р.	
2.	<i>2. Обґрунтування конструкції декантера</i>	до 15.04.2026р.	
3.	<i>3. Технологічні процеси ремонту декантера.</i>	до 25.04.2026р.	
4.	<i>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.</i>	до 01.05.2026р.	
5.	<i>Загальні висновки.</i>	до 05.05.2026р.	
6.	<i>Перелік посилань</i>	до 10.05.2026р.	
7.			
8.	<i><u>1. Декантер. Загальний вигляд. 2 листи Ф-А1.</u></i>	до 15.05.2026р.	
9.	<i><u>Кінематична схема горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну 1 лист А1.</u></i>	до 20.05.2026р.	
10.	<i><u>3 Складальні креслення вузла завантаження. 1 лист А1.</u></i>	до 20.05.2026р.	
11.	<i><u>Деталювання. 1 лист А1.</u></i>	до 25.05.2026р.	
12.	<i><u>Конструктивні розрахунки 1 лист А1</u></i>	до 01.06.2026р.	

Здобувач

_____ Мучка Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Вітенько Т.М.

Анотація

Кваліфікаційна робота на тему: «Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту освітлюючого декантера для казеїну моделі GEA esoforce CF 4000». Виконав Мучка Дмитро Васильович.

Метою роботи є підвищення ефективності та надійності роботи декантерної центрифуги шляхом удосконалення конструктивних рішень, а також розроблення рекомендацій щодо її монтажу, експлуатації та технічного обслуговування.

У роботі застосовано методи інженерного аналізу конструкцій, теоретичної механіки, кінематичного та силового розрахунку приводних систем, елементи аналізу зношування деталей, а також узагальнення технічної та патентної інформації щодо декантерного обладнання. Використано також підходи системного аналізу для оцінки умов експлуатації обладнання в технологічній лінії.

У результаті виконання роботи проаналізовано сучасний стан розвитку декантерних центрифуг у харчовій промисловості; досліджено конструкцію та принцип роботи декантера GEA esoforce CF 4000; визначено основні навантаження на вузли машини та найбільш критичні елементи з точки зору зношування; виконано інженерні розрахунки елементів приводу та перевірку їх працездатності.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для підвищення надійності та довговічності декантерних центрифуг, зменшення простоїв обладнання та оптимізації витрат на ремонт і технічне обслуговування. Розроблені підходи можуть бути впроваджені на підприємствах молочної та харчової промисловості.

Ключові слова: декантер, центрифуга, казеїн, зневоднення, шнек, ротор, привід, технічне обслуговування, надійність, ремонт.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Анотація		
Розроб.		Мучка Д.В.					
Перевір.		Вітенько Т.М.					
Н. контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		

Abstract

The qualification thesis entitled: “Development of Measures for Maintenance and Repair of a Clarifying Decanter for Casein, Model GEA ecoforce CF 4000” was completed by Mychka Dmytro Vasylovych.

The aim of the work is to improve the efficiency and operational reliability of a decanter centrifuge through the enhancement of design solutions, as well as the development of recommendations for its installation, operation, and technical maintenance.

The study applies methods of engineering structural analysis, theoretical mechanics, kinematic and force calculations of drive systems, elements of wear analysis of machine components, as well as a synthesis of technical and patent information related to decanter equipment. System analysis approaches were also used to evaluate the operating conditions of the equipment within a technological processing line.

As a result of the research, the current state of development of decanter centrifuges in the food industry was analyzed; the design and operating principle of the GEA ecoforce CF 4000 decanter were studied; the main loads acting on machine assemblies and the most critical wear-prone components were identified; engineering calculations of drive elements were performed and their operability was verified.

The practical significance of the work lies in the possibility of applying the obtained results to improve the reliability and service life of decanter centrifuges, reduce equipment downtime, and optimize maintenance and repair costs. The proposed approaches can be implemented at enterprises of the dairy and food industries.

Keywords: decanter, centrifuge, casein, dewatering, screw conveyor, rotor, drive, maintenance, reliability, repair.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Анотація	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>				<i>ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>						

Зміст

Вступ	7
1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи.....	10
1.1. Аналіз процесів відцентрового осадження	10
1.2. Аналіз патентів і літературних джерел	17
1.3. Мета та основні задачі роботи	20
- 2. Обґрунтування конструкції декантера.....	22
2.1. Кінематичний аналіз	22
2.2. Кінематичний розрахунок приводів декантера	24
2.2.1. Привід барабану декантера	24
2.2.2. Привід шнека	27
2.3. Структурний аналіз вузла завантаження-розвантаження.....	29
2.4. Розрахунок потужності, що затрачається на приведення в рух шнека декантера	38
3. Технологічні процеси ремонту декантера	41
3.1. Характерні причини виходу з ладу декантера.....	41
3.2. Технічне обслуговування декантера для виробництва казеїну	44
3.3. Розроблення графіка планово-попереджувальних ремонтів декантера	47
3.4. Організація експлуатації та ремонту технологічного обладнання.....	51
3.5. Дефектування та сортування деталей.....	56
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	59
4.1. Загальні положення безпеки на підприємствах молокопереробної промисловості	59
4.2. Організаційні заходи забезпечення безпеки під час монтажу, обслуговування та ремонту	60
Висновки	63
Перелік посилань	65
Специфікації	68

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Зміст		
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		

Вступ

Актуальність теми

Сучасне машинобудування для харчової та переробної промисловості активно розвивається в напрямі створення високопродуктивного, енергоощадного та автоматизованого обладнання. Значне місце займають декантерні центрифуги, які застосовуються у молочній, харчовій і біотехнологічній галузях для розділення дисперсних систем. Основні тенденції полягають у підвищенні рівня автоматизації, зменшенні енергоспоживання та підвищенні точності розділення фаз.

Водночас експлуатація декантерів супроводжується проблемами: зношуванням ротора і шнека, вібраціями через дисбаланс, значними навантаженнями на привід та нестабільністю процесу розділення. Це зумовлено високими швидкостями обертання, нерівномірною подачею суспензії та складними властивостями середовища.

У результаті знижується надійність обладнання, зростають витрати на ремонт і простої, що негативно впливає на ефективність виробництва. Тому актуальним є вдосконалення конструкції декантерів і розроблення раціональних рішень щодо їх експлуатації та обслуговування, що дозволяє підвищити стабільність процесу та ресурс роботи обладнання.

Аналіз літератури показує, що основна увага приділяється гідродинаміці та конструкції центрифуг, тоді як питання експлуатаційної надійності та ремонтпридатності розглянуті недостатньо, що обґрунтовує необхідність подальших досліджень у цьому напрямі.

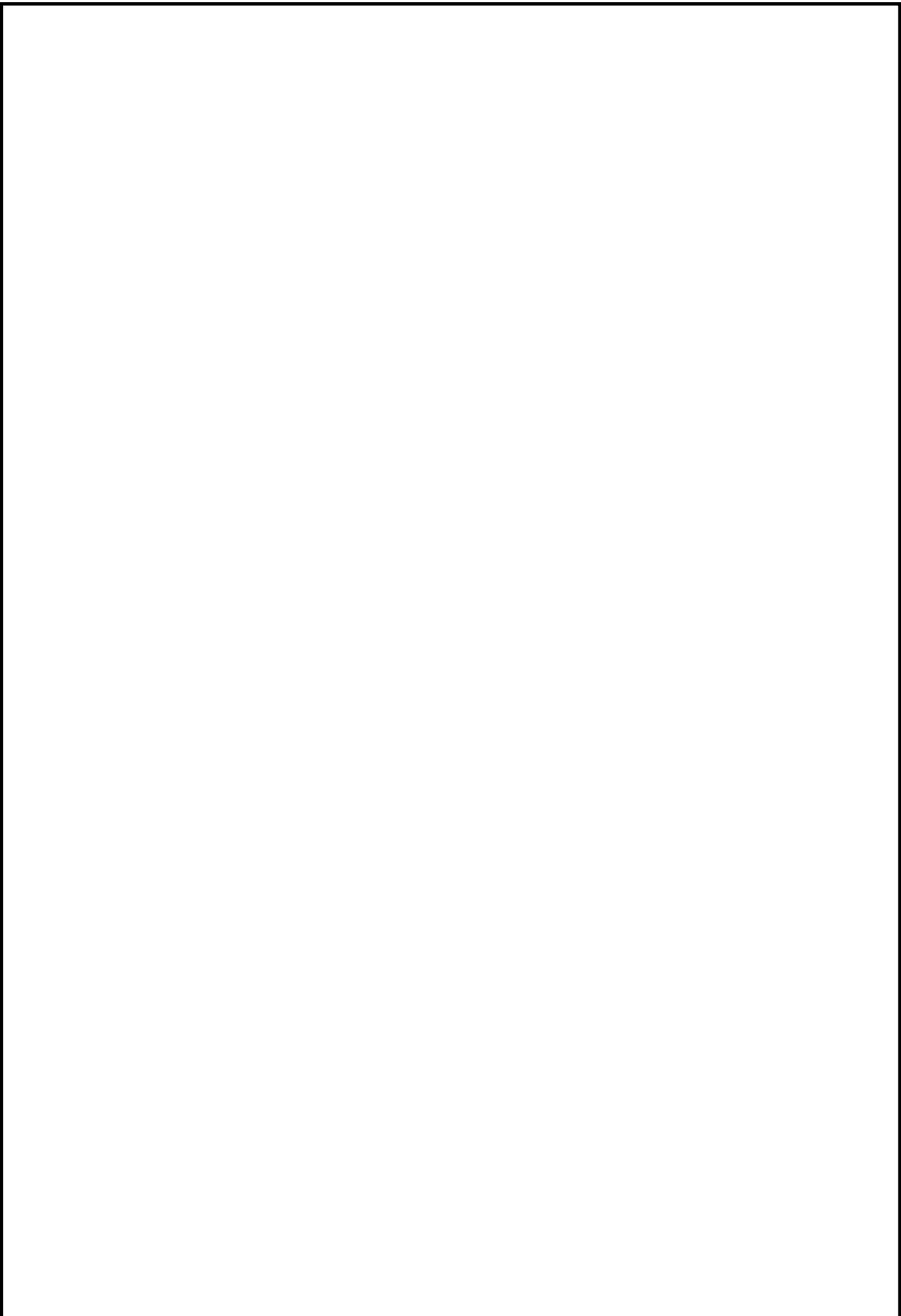
Об'єктом розробки є декантер для зневоднення казеїну типу GEA esoforce CF 4000, яка використовується у технологічних лініях молочної промисловості для безперервного розділення суспензії на тверду та рідку фази

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Вступ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>						
						<i>ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41</i>		

Предметом розробки є сукупність конструктивних рішень, інженерних розрахунків, а також технологічних і організаційних заходів, спрямованих на підвищення надійності, ефективності та довговічності роботи декантера. До них належать аналіз навантажень основних вузлів, удосконалення умов експлуатації, розроблення раціональної системи технічного обслуговування та планово-попереджувальних ремонтів, а також заходи щодо забезпечення безпечної роботи обладнання.

Таким чином, виконання даної роботи спрямоване на вирішення актуальної інженерної задачі, пов'язаної з підвищенням ефективності роботи декантерних центрифуг у сучасних умовах виробництв

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи

1.1. Аналіз процесів відцентрового осадження

Процеси відцентрового осадження належать до найбільш ефективних методів механічного розділення неоднорідних систем, які широко використовуються у харчовій, хімічній, фармацевтичній, мікробіологічній та інших галузях промисловості. Їх застосування базується на використанні відцентрових сил, що виникають під час обертання робочих органів апарата та забезпечують прискорене розділення компонентів суміші за густиною. У порівнянні з традиційним гравітаційним осадженням відцентрові процеси характеризуються значно більшою інтенсивністю, що дозволяє здійснювати розділення високодисперсних систем у короткий проміжок часу.

Особливого значення процеси відцентрового осадження набули у харчовій промисловості, де вони використовуються для очищення рідких продуктів, розділення емульсій, концентрування суспензій, видалення механічних домішок та зневоднення осадів. Висока продуктивність, компактність обладнання та можливість безперервної роботи забезпечують широке впровадження центрифуг і сепараторів у сучасних технологічних лініях.

Суть процесу полягає у переміщенні частинок дисперсної фази під дією відцентрових сил у полі обертання. Під час руху неоднорідної системи разом із ротором більш щільні компоненти зміщуються до периферійної частини апарата, тоді як менш щільна фаза концентрується ближче до осі обертання. Унаслідок цього відбувається просторове розділення компонентів суміші.

Величина сили, що діє на частинки, значною мірою залежить від швидкості обертання ротора та радіуса обертання.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>			1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>				ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41		
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>						

Оскільки величина відцентрового прискорення може у сотні й тисячі разів перевищувати прискорення сили тяжіння, процес осадження проходить значно швидше, ніж при звичайному гравітаційному розділенні. Це особливо важливо для тонкодисперсних систем, де природне осадження є малоефективним або практично неможливим.

Залежно від призначення та характеру розділення розрізняють декілька основних процесів відцентрового осадження:

- освітлення рідин;
- концентрування суспензій;
- розділення емульсій;
- механічне зневоднення осадів;
- очищення технологічних розчинів від твердих домішок.

У харчовій промисловості такі процеси застосовуються при виробництві молочних продуктів, очищенні соків, виділенні крохмалю, переробці цукрових сиропів, виробництві рослинних олій та дріжджових культур. Особливо важливим є використання відцентрових методів у молочній галузі для сепарування молока та очищення рідких продуктів від механічних включень.

Для реалізації процесів відцентрового осадження використовуються центрифуги та сепаратори різних конструкцій. За принципом дії та конструктивними особливостями центрифуги поділяють на:

- осаджувальні;
- фільтрувальні;
- декантерні;
- шнекові;
- барабанні;
- вертикальні та горизонтальні.

Осаджувальні центрифуги забезпечують накопичення твердої фази на внутрішній поверхні ротора під дією відцентрових сил. У фільтрувальних

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

центрифугах процес додатково поєднується з проходженням рідкої фази через пористу перегородку або фільтрувальний матеріал.

Окрему групу становлять сепаратори тарілчастого типу, які широко використовуються для очищення рідин та розділення емульсій. Наявність системи конічних тарілок дозволяє суттєво скоротити шлях переміщення частинок і значно підвищити ефективність процесу.

Результативність відцентрового осадження визначається сукупністю фізичних властивостей середовища, конструктивних параметрів апарата та режимів його роботи. Найбільший вплив мають:

- частота обертання ротора;
- діаметр барабана;
- тривалість перебування продукту у зоні розділення;
- густина та в'язкість рідини;
- концентрація та розмір частинок;
- температура продукту;
- характер руху потоку всередині апарата.

Підвищення швидкості обертання зазвичай сприяє інтенсифікації процесу, однак надмірне збільшення частоти може викликати турбулентні потоки, повторне перемішування фаз та зростання механічних навантажень на конструкцію обладнання.

Для в'язких або висококонцентрованих систем важливим є також забезпечення стабільного гідродинамічного режиму, оскільки нерівномірність потоку може погіршувати якість розділення.

До основних переваг відцентрового розділення належать:

- висока швидкість осадження;
- ефективність при роботі з дрібнодисперсними системами;
- можливість безперервного функціонування;
- компактність обладнання;
- високий рівень продуктивності;

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість автоматизації процесу.

Завдяки цим перевагам центрифуги та сепаратори часто використовуються у виробництвах із великими обсягами переробки рідких середовищ.

Поряд із перевагами процес має і певні недоліки. До основних із них належать:

- значні витрати електроенергії;
- складність конструкції високошвидкісних роторів;
- підвищені вимоги до балансування обертових елементів;
- інтенсивне зношування деталей;
- необхідність регулярного технічного обслуговування.

Крім того, при роботі з чутливими харчовими продуктами надмірні механічні навантаження можуть призводити до порушення структури продукту або погіршення його технологічних властивостей.

У харчових виробництвах обладнання для відцентрового осадження повинно відповідати суворим санітарно-гігієнічним вимогам. Робочі поверхні виготовляються переважно з нержавіючих сталей, стійких до корозії та дії агресивних середовищ. Конструкція апаратів має забезпечувати легкість очищення, миття та дезінфекції.

Особливе значення має забезпечення делікатного режиму оброблення продукту. При надмірній інтенсивності впливу можуть виникати небажані зміни структури, консистенції або органолептичних властивостей харчових продуктів. Тому сучасні конструкції центрифуг і сепараторів орієнтовані на поєднання високої ефективності розділення із мінімальним механічним пошкодженням продукту.

Отже, процеси відцентрового осадження є важливим і високоефективним методом механічного розділення неоднорідних систем, який знайшов широке застосування у сучасній промисловості. Використання відцентрових сил

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє значно прискорити процес осадження та забезпечити ефективно розділення дрібнодисперсних середовищ.

Подальший розвиток обладнання для відцентрового осадження пов'язаний із підвищенням енергоефективності, удосконаленням конструкцій роторів, автоматизацією керування та забезпеченням більш делікатної дії на харчові продукти при збереженні високої продуктивності процесу.

Декантерна центрифуга GEA ecoforce CF 4000 призначена для безперервного механічного розділення багатокomпонентних молочних систем та застосовується переважно у технологічних процесах виробництва казеїну. Основним функціональним призначенням установки є інтенсивне відокремлення рідкої фази від казеїнової маси після коагуляції білка та попереднього видалення сироватки.

Використання декантерної центрифуги у виробництві казеїну дозволяє суттєво інтенсифікувати процес зневоднення, знизити залишковий вміст вологи у продукті та скоротити витрати теплової енергії на наступних стадіях сушіння. Завдяки безперервному режиму роботи обладнання може ефективно функціонувати у складі сучасних потокових технологічних ліній молочної промисловості.

Конструкція декантерної центрифуги GEA ecoforce CF 4000 виконана за горизонтальною схемою та включає такі основні вузли:

- несучу станину;
- циліндроконічний барабан;
- внутрішній шнековий транспортер;
- приводний механізм;
- систему подавання продукту;
- пристрої відведення рідкої та твердої фаз;
- систему ущільнення й мащення;
- захисний корпус.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Базовим елементом конструкції є жорстка опорна рама, на якій закріплюються всі робочі вузли центрифуги. Станина забезпечує точне взаємне розташування елементів машини та сприймає динамічні навантаження, що виникають під час обертання ротора.

Основним робочим органом є барабан циліндроконічної форми, який обертається з високою кутовою швидкістю. У циліндричній частині ротора здійснюється осадження твердої фази, тоді як конічна зона використовується для ущільнення та переміщення осаду до розвантажувального вузла.

Всередині барабана встановлений шнековий транспортер, який обертається співвісно з ротором у тому ж напрямку, але з дещо меншою або більшою швидкістю. Саме різниця між частотами обертання барабана і шнека забезпечує транспортування ущільненого осаду вздовж внутрішньої поверхні ротора.

Приводна система машини включає електродвигун, редуктор, пасову передачу та механізм розподілу крутного моменту між барабаном і шнеком. У сучасних декантерах типу GEA esoforce широко застосовуються частотно-керовані приводи, які дозволяють плавно регулювати режими роботи залежно від властивостей продукту та необхідного ступеня зневоднення.

Подача казеїнової суспензії до робочої зони здійснюється через центральний живильний патрубок, розташований у порожнистому валу шнека. Після надходження продукту всередину ротора відбувається його рівномірний розподіл у робочому просторі барабана.

Для видалення освітленої рідкої фази конструкцією передбачені переливні отвори або регульовані зливні елементи. Вивантаження ущільненого осаду здійснюється через спеціальні отвори, розташовані у конічній частині барабана.

Зовнішня зона ротора закрита герметичним захисним кожухом, який запобігає розбризкуванню продукту, знижує рівень шуму та підвищує безпеку експлуатації обладнання.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціонування декантера GEA esoforce CF 4000 базується на використанні значних відцентрових сил, що виникають у процесі високошвидкісного обертання барабана. Після подавання казеїнової суспензії у внутрішню порожнину ротора продукт починає рухатися разом із барабаном.

Під дією відцентрового прискорення тверді частинки казеїну переміщуються до периферійної частини барабана, формуючи ущільнений осадовий шар. Рідка фаза, густина якої є меншою, концентрується ближче до осі обертання та відводиться через систему переливів.

У процесі роботи шнековий транспортер забезпечує безперервне переміщення осаду у напрямку конічної частини барабана. Під час руху осад додатково ущільнюється, а надлишкова рідина відокремлюється під дією відцентрових сил.

Освітлена сироватка відводиться окремо через систему зливу, тоді як зневоднений казеїн вивантажується через розвантажувальні отвори у кінцевій частині ротора.

Безперервний характер процесу забезпечує стабільну продуктивність обладнання та можливість його інтеграції у автоматизовані виробничі лінії.

Ефективність функціонування декантера значною мірою визначається правильністю вибору режимних параметрів. Найважливішими чинниками є:

- швидкість обертання барабана;
- диференціальна швидкість шнека;
- витрата продукту;
- температура суспензії;
- концентрація твердої фази.

Збільшення швидкості обертання ротора сприяє підвищенню ефективності осадження та зменшенню вологості осаду. Водночас надмірне підвищення частоти обертання може викликати перевантаження приводу, збільшення енергоспоживання та прискорене зношування деталей.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливим фактором є також стабільність подавання продукту до робочої зони. Нерівномірний потік суспензії може порушувати гідродинамічний режим та погіршувати якість розділення.

У процесі експлуатації найбільшому навантаженню піддаються шнекові елементи та внутрішні поверхні барабана, які контактують із абразивною білковою масою. Для підвищення ресурсу роботи конструктивні елементи виготовляють із високоміцних корозійностійких матеріалів та оснащують зносостійкими покриттями.

До основних переваг декантера GEA ecoforce CF 4000 належать:

- безперервний режим роботи;
- висока продуктивність;
- ефективне зневоднення казеїнової маси;
- можливість автоматичного регулювання режимів;
- компактність обладнання;
- інтеграція у сучасні виробничі лінії.

Серед недоліків конструкції можна виділити:

- значні енергетичні витрати;
- складність балансування ротора;
- інтенсивне зношування шнекових поверхонь;
- підвищені вимоги до технічного обслуговування;

1.2. Аналіз патентів і літературних джерел

Сучасний етап розвитку молочної промисловості характеризується постійним зростанням вимог до продуктивності технологічного обладнання, енергоефективності виробничих процесів та стабільності якості готової продукції. Особливе значення набувають процеси механічного розділення багатокомпонентних систем, оскільки саме вони значною мірою визначають ефективність подальших технологічних операцій, пов'язаних зі зневодненням, сушінням і транспортуванням продукту. Одним із найбільш перспективних

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напрямів удосконалення обладнання для перероблення молочної сировини є застосування декантерних центрифуг безперервної дії [1].

Казеїн є основним білковим компонентом молока та широко використовується у харчовій, медичній, фармацевтичній, текстильній та хімічній промисловості. У технології його виробництва важливе місце займає стадія механічного відокремлення сироватки після коагуляції білкової маси. Від ефективності цього процесу залежить залишкова вологість продукту, витрати теплової енергії на сушіння, структура казеїнового зерна та загальна економічність виробництва [2].

Аналіз літературних джерел показує, що традиційні методи зневоднення казеїнової маси, засновані на гравітаційному осадженні, пресуванні або фільтрації, мають низку суттєвих недоліків. До них належать значна тривалість процесу, обмежена продуктивність, нерівномірність видалення вологи та високі витрати ручної праці [3]. Крім того, при використанні пресового обладнання можливе надмірне ущільнення структури білкової маси, що ускладнює подальше сушіння та може негативно впливати на якість готового продукту.

У зв'язку з цим у сучасних виробництвах дедалі ширше застосовуються декантерні центрифуги, які забезпечують безперервне механічне розділення фаз під дією значних відцентрових сил [4]. Використання декантерів дозволяє суттєво скоротити тривалість процесу зневоднення, зменшити залишкову вологість осаду та підвищити продуктивність технологічної лінії.

Принцип роботи декантера базується на розділенні неоднорідної системи в обертовому барабані, де тверда фаза переміщується до периферії під дією відцентрових сил, а рідка — концентрується ближче до осі обертання. Видалення осаду здійснюється за допомогою внутрішнього шнека, який транспортує ущільнену масу до зони вивантаження [5]. Така схема дозволяє поєднати процеси осадження, ущільнення та транспортування продукту в одному апараті.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У наукових дослідженнях значна увага приділяється впливу режимних параметрів декантера на ефективність процесу. Встановлено, що ступінь зневоднення залежить від частоти обертання ротора, різниці швидкостей між барабаном і шнеком, геометричних параметрів шнекової системи, витрати продукту та температури середовища [6]. Підвищення відцентрового прискорення сприяє інтенсифікації процесу осадження, однак надмірне збільшення швидкості обертання може викликати ущільнення осаду, перевантаження приводу та підвищення енергоспоживання.

Окремі дослідження присвячені питанням гідродинаміки потоків усередині декантера. Автори зазначають, що утворення турбулентних зон і нерівномірність руху продукту можуть призводити до повторного перемішування фаз та зниження ефективності розділення [7]. У зв'язку з цим перспективним напрямом удосконалення конструкції є оптимізація профілю барабана та геометрії шнека для забезпечення стабільного транспортування осаду.

Важливим аспектом є також забезпечення делікатного впливу на білкову структуру продукту. Для казеїнових систем надмірні механічні навантаження можуть спричинити руйнування білкових агрегатів, погіршення структурно-механічних властивостей та збільшення втрат сухих речовин разом із сироваткою [8]. Тому сучасні конструкції декантерів орієнтовані на поєднання високої інтенсивності процесу із мінімальним механічним пошкодженням продукту.

Аналіз патентних матеріалів свідчить, що основними напрямками розвитку декантерних систем є:

- удосконалення конструкції шнекових транспортерів;
- підвищення ефективності вивантаження осаду;
- зниження енергетичних витрат;
- автоматизація регулювання режимів роботи;
- покращення санітарно-гігієнічних характеристик обладнання [9].

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сучасних патентних рішеннях широко використовуються частотно-регульовані приводи, які забезпечують зміну швидкості обертання барабана та шнека залежно від властивостей продукту. Це дозволяє адаптувати роботу декантера до різних видів сировини та забезпечувати стабільні показники вологості осаду [10].

Значна увага приділяється також питанням санітарної обробки обладнання. У молочній промисловості внутрішні поверхні апаратів повинні відповідати суворим гігієнічним вимогам, бути стійкими до корозії та придатними до автоматизованого миття. У зв'язку з цим у сучасних конструкціях застосовуються системи СІР-миття, що дозволяють очищувати обладнання без його демонтажу [11].

Попри значний рівень розвитку декантерної техніки, аналіз літературних і патентних джерел показує наявність низки невирішених проблем. До основних недоліків належать значні енергетичні витрати, інтенсивне зношування шнекових елементів, складність забезпечення рівномірного транспортування осаду та недостатня адаптивність обладнання до зміни властивостей казеїнової маси. Крім того, актуальним залишається питання забезпечення високої ефективності зневоднення при мінімальному руйнуванні структури продукту.

Таким чином, результати аналізу науково-технічної літератури та патентних матеріалів підтверджують актуальність проектування та вдосконалення декантерів для виробництва казеїну. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію конструкції робочих органів, удосконалення гідродинамічних умов процесу, підвищення енергоефективності обладнання та автоматизацію систем керування технологічними режимами.

1.3. Мета та основні задачі роботи

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності та надійності роботи декантерної центрифуги GEA ecoforce CF 4000 для зневоднення казеїну

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шляхом удосконалення її конструктивних елементів, обґрунтування раціональних режимів експлуатації та розроблення системи технічного обслуговування і планово-попереджувальних ремонтів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- провести аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку декантерних центрифуг у харчовій і молочній промисловості;
- дослідити конструкцію, принцип роботи та технологічні особливості декантера GEA esoforce CF 4000;
- проаналізувати умови експлуатації основних вузлів та виявити найбільш навантажені елементи конструкції;
- виконати інженерні розрахунки привідних та основних робочих елементів на міцність і працездатність;
- розробити рекомендації щодо монтажу та налаштування обладнання;
- обґрунтувати раціональні режими експлуатації для забезпечення стабільності технологічного процесу;
- розробити систему технічного обслуговування та графік планово-попереджувальних ремонтів;
- визначити заходи з підвищення безпеки праці при експлуатації декантера.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2. Обґрунтування конструкції декантера

2.1. Кінематичний аналіз

Кінематична схема декантерної центрифуги передбачає незалежний привід основних робочих органів — барабана та шнекового транспортера, що забезпечує можливість точного регулювання режимів розділення та транспортування осаду. Така компоновка дозволяє підтримувати необхідну різницю частот обертання між ротором і шнеком, від якої значною мірою залежить ефективність процесу зневоднення казеїнової маси.

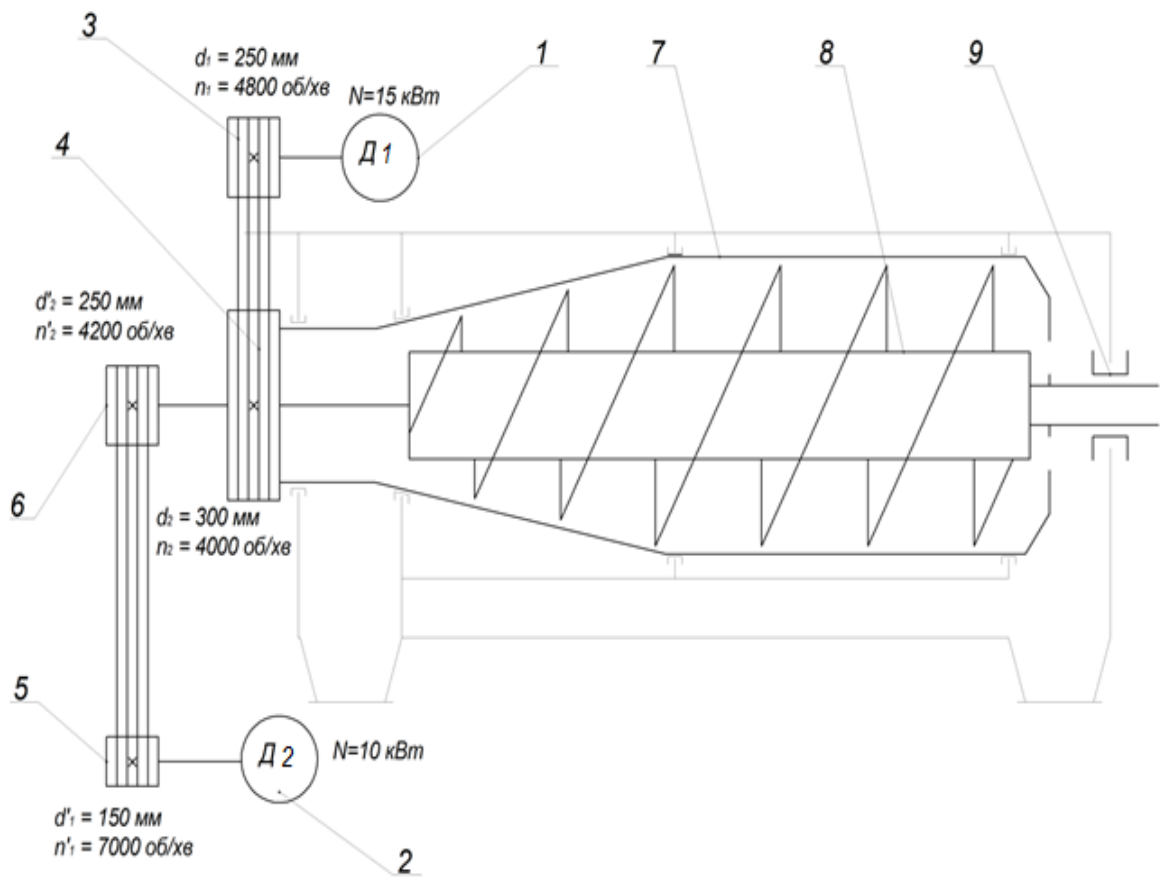


Рисунок 3.1. Кінематична схема центрифуги

1 – двигун барабану; 2 – двигун шнека; 3-4 – опасова передача; 5-6 – пасова передача; 7 – горизонтальний барабан; 8 – шнек; 9 – опори.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мучка Д.В.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Вітенько Т.М.					
					2. Обґрунтування		
					конструкції декантера		
					КРБ 062.00.00.000 ПЗ		
Н. контр.		Кравець О.І.			ІНТУ, каф. ОХ, гр. МС-41		Арк.
Затверд.	Арк.	Пилівський О.М.	Підпис	Дата			

Основним робочим елементом установки є барабан, який приводиться в рух електродвигуном 1 через передавальний механізм 3–4. До складу приводу входять елементи механічної передачі, що забезпечують передавання крутного моменту та формування необхідної частоти обертання ротора. Потужність електродвигуна становить 15 кВт, що дає змогу забезпечити обертання барабана з частотою близько 4000 об/хв. За таких режимів у робочій зоні виникають значні відцентрові прискорення, необхідні для ефективного осадження твердої фази та відокремлення рідинного середовища.

Шнековий транспортер 8 має окремий приводний контур, що реалізований за допомогою електродвигуна 2 потужністю 10 кВт та передачі 5–6. Незалежний привід шнека дозволяє змінювати його кутову швидкість відносно барабана та регулювати диференціальну частоту обертання залежно від фізико-механічних властивостей продукту й необхідного ступеня зневоднення.

Різниця швидкостей обертання між барабаном і шнеком забезпечує поступове переміщення ущільненого осаду вздовж внутрішньої поверхні ротора у напрямку розвантажувальної зони. При цьому збільшення диференціальної швидкості сприяє інтенсифікації транспортування осаду, однак надмірне її підвищення може призводити до зростання енергоспоживання та погіршення якості розділення фаз.

Вал шнека 8 установлений на опорних вузлах 9, які сприймають радіальні та осьові навантаження, що виникають під час роботи машини. Опорні елементи забезпечують точне центрування ротора, стабільність обертання та зменшення вібраційних навантажень. Для підвищення надійності роботи центрифуги у конструкції застосовуються підшипникові вузли підвищеної вантажопідйомності та системи примусового мащення.

Передавальні механізми приводу повинні забезпечувати плавність роботи та стабільність кінематичних параметрів навіть за значних динамічних

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантажень. У процесі експлуатації особливого значення набуває точність балансування обертових деталей, оскільки робота центрифуги на високих частотах обертання супроводжується виникненням значних інерційних сил.

Таким чином, кінематична схема декантерної центрифуги забезпечує узгоджену роботу барабана та шнека, створює необхідні умови для ефективного осадження й транспортування твердої фази та дозволяє регулювати технологічні параметри процесу залежно від властивостей оброблюваної суспензії.

2.2. Кінематичний розрахунок приводів декантера

2.2.1. Привід барабану декантера

К-сть обертів двигуна барабану декантера Д 1:

$$n_1=4800\text{об/хв.}$$

К-ть обертів барабану декантера:

$$n_2=4000\text{об/хв.}$$

При потужності приводного електродвигуна 15 кВт та частоті обертання 4000 об/хв для передачі крутного моменту обираємо клинопасову передачу з пасом перерізу Б, що забезпечує необхідну навантажувальну здатність і надійну роботу приводу.

Передаточне число пасової передачі, яка передає обертання від електродвигуна до барабана центрифуги, визначається за залежністю:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{4800}{4000} = 1,2 .$$

Потужність пасу:

$$N_0 \geq \frac{P}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ кВт.}$$

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно з довідковими даними, для пасової передачі з передаточним числом 1,2 та потужністю приводу 5 кВт приймаємо діаметр ведучого шківа ($d_1 = 250$) мм.

Діаметр веденого шківа визначається з урахуванням передаточного числа передачі:

$$d_2 = d_1 u (1 - \xi) = 250 \cdot 1,2 (1 - 0,02) = 294 \text{ мм.}$$

Прийmemo $d_2 = 355$ мм.

Толі дійсне передаточне число буде:

$$i_d \geq \frac{d_2}{d_1} = \frac{294}{250} = 1,18$$

При цьому число обертів барабану становитиме:

$$n_2 \geq \frac{n_1}{i_d} = \frac{4800}{1,18} = 4067 \text{ хв}^{-1}$$

Відхилення за таких умов:

$$\frac{4067 - 4000}{4000} \cdot 100\% = 1,7\% ,$$

це значення прийнятне.

Міжосьова відстань між шківками повинна відповідати такій умові:

$$a_{\min} = 0,55(d_2 - d_1) + T_0.$$

Отримаємо:

$$a_{\min} = 0,55(250 + 300) + 10 = 313 \text{ мм.}$$

Приймаємо міжосьову відстань ($a = 500$) мм.

Тоді розрахункова довжина паса становитиме:

$$L_p = \frac{2a + \pi(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} =$$

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= \frac{2 \cdot 500 + 3,14(300 + 250)}{2} + \frac{(300 - 250)^2}{4 \cdot 500} = 1365 \text{ мм.}$$

Для проєктованої передачі приймаємо стандартну довжину паса ($L = 1800$) мм.

Тоді фактична міжосьова відстань становитиме:

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

$$= \frac{2 \cdot 1800 - 3,14(300 + 250) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - 3,14(300 + 250)]^2 - 8(300 - 250)^2}}{8}$$

$$= 272 \text{ мм.}$$

Кутобхоплення ведучого шківів буде:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 57 \frac{355 - 125}{272} = 132^\circ$$

$$C_\alpha = 0,87.$$

Потужність для одного паса:

$$N_p = N_o \cdot C_\alpha \cdot \frac{C_L}{C_p} = 3,5 \cdot 0,87 \cdot \frac{0,98}{1} = 2,98$$

де C_L – коеф., довжину паса, $C_L = 0,98$.

C_α – коеф., нерівномірності розподілення зусилля, $C_\alpha = 0,95$;

C_p – коеф., що режиму роботи передачі, $C_p = 1,00$.

Необхідна кількість пасів для нормальної роботи:

$$z = \frac{N}{N_p} \cdot C_2 = \frac{11}{2,98} \cdot 0,95 = 4$$

Швидкість руху пасів:

$$v = \pi d_1 \cdot \frac{n_1}{60} = 3,14 \cdot 0,125 \cdot \frac{1000}{60} = 6,54 \text{ м\с.}$$

число обертів:

$$\vartheta = \frac{v}{L} = \frac{6,54}{1,8} \approx 3,6 \text{ с}^{-1},$$

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

це цілком відповідає даній умові $v = 10 \div 15 \text{ c}^{-1}$.

Сила, що передається за допомогою даної пасової передачі:

$$F_t = \frac{N}{t} = \frac{11}{6,54} = 1,68 \text{ кН.}$$

Визначимо силу, яка діє на вал:

$$F_b = 1,5 \cdot F_t \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 1,5 \cdot 1,68 \cdot \frac{\sin 132}{2} = 1,5 \cdot 1,68 \cdot 0,921 = 2,32 \text{ кН}$$

2.2.2. Привід шнека

Число обертів двигуна приводу шнека Д2:

$$n_1 = 7000 \text{ об/хв.}$$

Число обертів барабану:

$$n_2 = 4200 \text{ об/хв.}$$

Для електродвигуна потужністю 10 кВт при частоті обертання 7000 об/хв обираємо клинопасову передачу з використанням паса перерізу Б, який забезпечує необхідну передавальну здатність і стабільну роботу приводу.

Передаточне число передачі, що передає обертання від двигуна до шнека, визначається за формулою:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{7000}{4200} = 1,67 .$$

Оскільки максимально допустима кількість пасів у передачі становить 3 шт., потужність, що припадає на один пас, визначається за таким співвідношенням:

$$N_0 \geq \frac{P}{3} = \frac{10}{3} = 3,3 \text{ кВт.}$$

При $u = 1,67$ та $N_0 = 3,3 \text{ кВт}$ — $d_1 = 150 \text{ мм}$.

Діаметр більшого шків передачі:

$$d_2 = d_1 u (1 - \xi) = 150 \cdot 1,67 (1 - 0,02) = 245 \text{ мм.}$$

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсне передаточне відношення становитиме:

$$i_d \geq \frac{d_2}{d_1} = \frac{250}{150} = 1,7$$

Число обертів:

$$n_2 \geq \frac{n_1}{i_d} = \frac{7000}{1,7} = 4117 \text{ хв}^{-1}$$

При цьому відхилення:

$$\frac{4200 - 4117}{4200} = 2^{-3} = 2\% ,$$

$$a_{\min} = 0,55(d_2 - d_1) + T_0.$$

Підставимо значення:

$$a_{\min} = 0,55(150 + 250) + 10,5 = 230,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо значення $a = 500$ мм.

Визначимо довжина пасу для даної передачі:

$$\begin{aligned} L_p &= \frac{2a + \pi(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = \\ &= \frac{2 \cdot 500 + 3,14(250 + 150)}{2} + \frac{(250 - 150)^2}{4 \cdot 500} = 1133 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Дійсна довжину пасу для даної передачі становить $L = 1800$ мм.

Тоді дійсна міжосева віддаль буде становити:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2L - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8} = \\ &= \frac{2 \cdot 1800 - 3,14(250 + 150) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - 3,14(250 + 150)]^2 - 8(250 - 150)^2}}{8} \\ &= 320 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Визначимо кут охоплення ведучого шківів даної передачі:

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} = 180 - 57 \frac{250 - 150}{320} = 162^\circ$$

Визначимо потужність, що припадає на один пас цієї передачі:

$$N_p = N_o \cdot C_\alpha \cdot \frac{C_L}{C_p} = 3,5 \cdot 0,87 \cdot \frac{0,98}{1} = 2,98$$

Число пасів цієї передачі:

$$z = \frac{N}{N_p} \cdot C_2 = \frac{11}{2,98} \cdot 0,95 = 4$$

Швидкість переміщення даних пасів передачі:

$$v = \pi d_1 \cdot \frac{n_1}{60} = 3,14 \cdot 0,125 \cdot \frac{1000}{60} = 6,54 \text{ м\с.}$$

Частота обертів для даної передачі:

$$\vartheta = \frac{v}{L} = \frac{6,54}{1,8} \approx 3,6 \text{ с}^{-1},$$

При цьому умова виконана має вигляд: $v = 10 \div 15 \text{ с}^{-1}$.

Визначимо зусилля, що передається даними пасами:

$$F_t = \frac{N}{t} = \frac{10}{6,54} = 1,53 \text{ кН.}$$

Визначимо силу, що діє на вал:

$$F_b = 1,5 \cdot F_t \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 1,5 \cdot 1,53 \cdot \frac{\sin 132}{2} = 1,5 \cdot 1,53 \cdot 0,921 = 2,11 \text{ кН}$$

2.3. Структурний аналіз вузла завантаження-розвантаження

Даний вузол призначений для подавання суспензії у внутрішню порожнину барабана центрифуги та відведення освітленої рідкої фази — сироватки. Водночас зневоднений казеїн вивантажується з протилежного боку барабана.

Основним елементом вузла є регулювальний диск 3 (рис. 2.2), положення якого змінюється за допомогою рукоятки 7. Регулювання диска дозволяє

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінювати рівень рідини в робочій зоні центрифуги та отримувати продукт із необхідною вологістю у допустимих межах. Така конструкція забезпечує можливість оперативного налаштування режиму розділення без зупинки обладнання.

Подача суспензії до барабана здійснюється через канал 1, з'єднаний із патрубком 8 за допомогою фіксувального елемента 9.

Відведення освітленої рідини з барабана відбувається через канал 2 та вихідний патрубок 6.

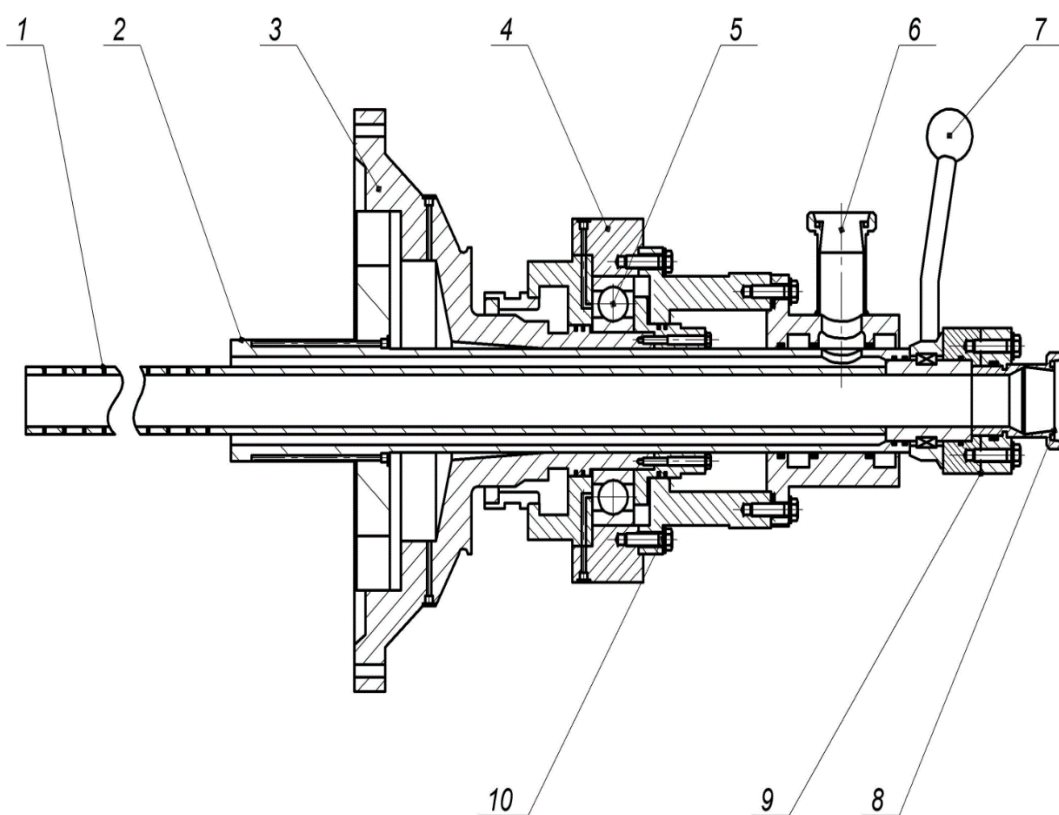


Рисунок 2.2. Вузол завантаження та розвантаження

- 1–канал подачі суспензії; 2–канал відведення освітленої рідини;
3–регулювальний (розділювальний) диск; 4–підшипниковий вузол;
5–підшипник; 6–патрубок відведення суспензії; 7–рукоятка регулювання
положення диска; 8–патрубок подачі суспензії в центрифугу; 9–фіксатор;
10–болти

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Розрахунок ротора декантора

Ротор для центрифуги казеїну складається з циліндричної оболонки 2 (рис. 2.3.), конічної оболонки 1 та кільця 3.

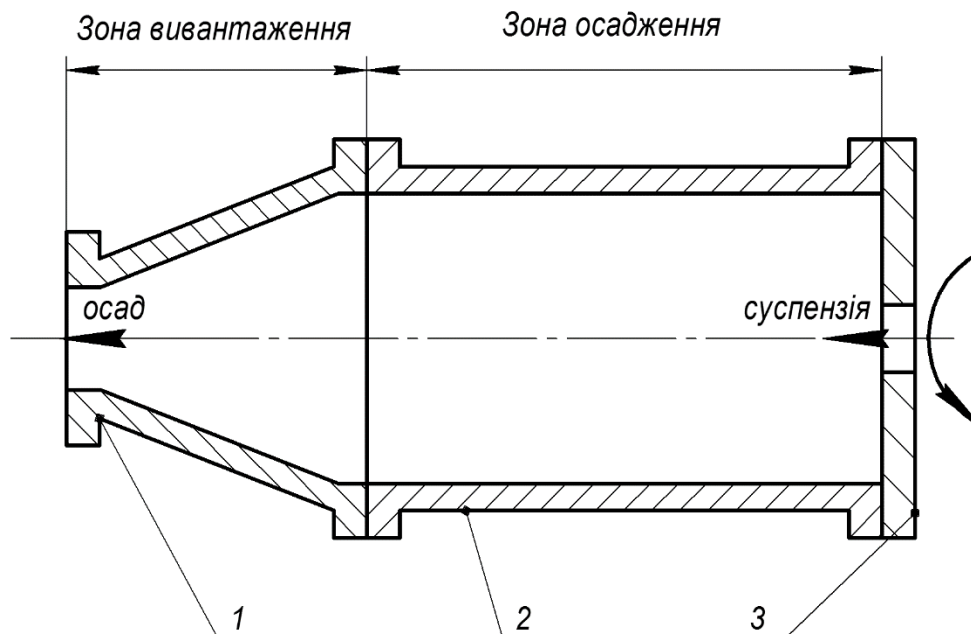


Рисунок 2.3. Ротор декантора

1—конічна оболонка; 2—циліндрична оболонка; 3—кільце

Ротор декантора є одним із найбільш відповідальних і навантажених елементів усієї конструкції, оскільки саме він сприймає основні механічні та гідродинамічні навантаження, що виникають у процесі роботи обладнання. Під час високошвидкісного обертання на ротор одночасно діють значні відцентрові сили, навантаження від маси конструктивних елементів, а також тиск робочого середовища, сформований рухом суспензії всередині барабана. Від правильності розрахунку ротора значною мірою залежать надійність роботи декантора, його довговічність і безпека експлуатації.

Конструктивно ротор декантора складається з циліндричної та конічної частин, які утворюють єдиний робочий об'єм для осадження та транспортування твердої фази. Циліндрична зона призначена переважно для

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осадження частинок під дією відцентрових сил, тоді як конічна частина забезпечує ущільнення й переміщення осаду до розвантажувальної ділянки.

Під час виконання інженерних розрахунків циліндричну та конічну обичайки ротора розглядають як тонкостінні однорідні оболонки. Такий підхід дає можливість застосовувати методи теорії оболонок для визначення напружень і деформацій, що виникають у стінках барабана під час експлуатації. Оскільки товщина стінки ротора є значно меншою за його діаметр, використання спрощених моделей розрахунку є обґрунтованим та широко застосовується у практиці проєктування центрифуг і декантерних установок.

У процесі роботи на обичайку ротора діє комплекс навантажень. Основними з них є:

- інерційне навантаження від власної маси ротора;
- відцентрові сили, що виникають під час обертання;
- гідродинамічний тиск суспензії;
- локальні навантаження у місцях кріплення елементів конструкції;
- вібраційні навантаження, пов'язані з нерівномірністю розподілу маси та пульсаціями потоку.

Особливо значні напруження виникають у циліндричній частині ротора, де формується основний шар осаду та спостерігається максимальний тиск рідинного середовища. При високих частотах обертання навіть незначне перевищення допустимих напружень може призвести до втрати стійкості оболонки або виникнення втомних руйнувань.

Крім дії інерційних сил, необхідно враховувати гідродинамічний вплив суспензії, яка обертається разом із ротором. Рух рідкої фази створює додатковий тиск на внутрішню поверхню барабана, що спричиняє появу кільцевих і поздовжніх напружень у стінках обичайки. Інтенсивність такого навантаження залежить від густини суспензії, швидкості обертання ротора та геометричних параметрів декантора.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі проектування особливу увагу приділяють перевірці міцності ротора за максимально допустимими режимами роботи. Для цього визначають еквівалентні напруження у найбільш навантажених перерізах та порівнюють їх із допустимими значеннями для матеріалу конструкції. Як правило, для виготовлення роторів деканторів використовують високоміцні корозійностійкі сталі, здатні працювати в умовах значних циклічних навантажень і контакту з агресивними середовищами.

Схематичне зображення навантаження обичайки ротора наведено на рисунку 2.4.

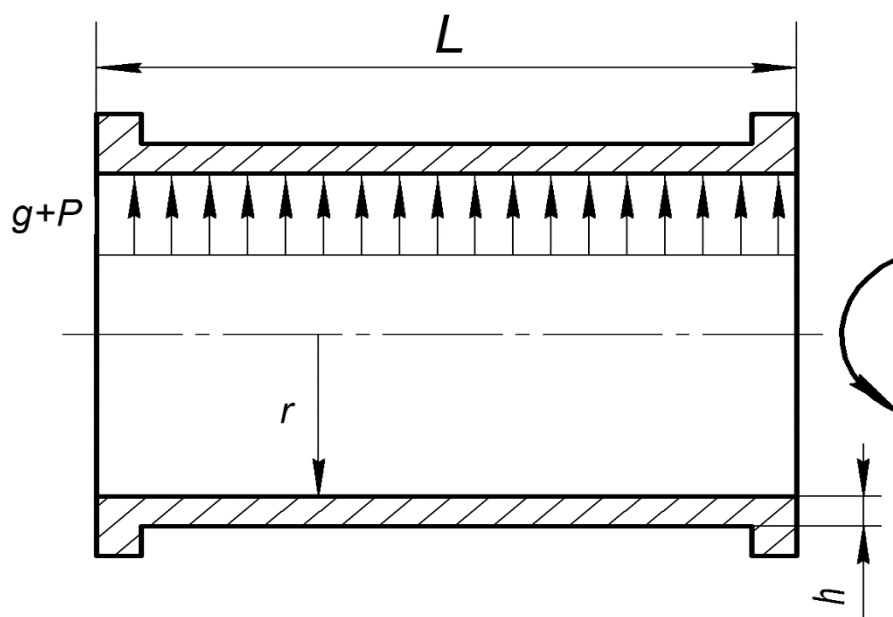


Рисунок 2.4.Схема навантажень обичайки

Число обертів ротора:

$$n=1800 \text{ об/хв.}$$

Ступінь заповнення ротора продуктом:

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

Швидкість обертання ротора:

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

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення густини продукту до густини матеріалу обичайки:

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

Таким чином тиск, що діє на обичайку за рахунок дії сил інерції:

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

Прийmemo коефіцієнт запасу міцності 2

Товщина стінки обичайки ротора декантера:

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

Прийmemo значення $h = 0,005 \text{ м}$.

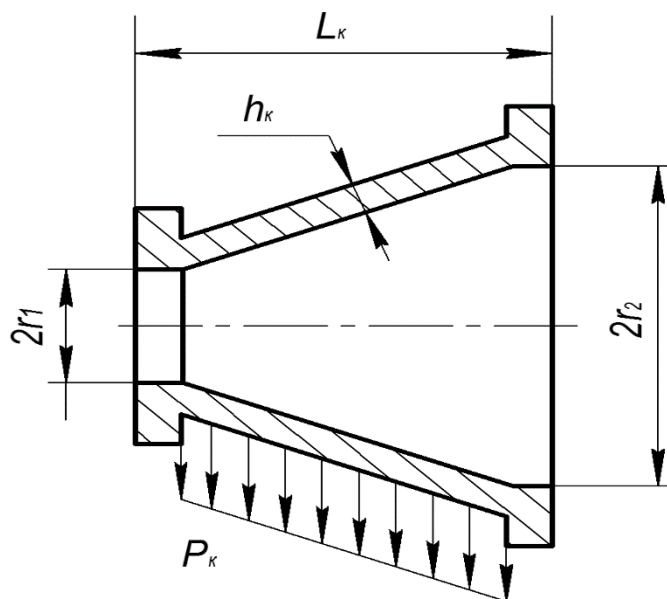
$$\sigma_m = \frac{\sigma_0 \cdot r \cdot \lambda \cdot \psi^2}{8 \cdot h}, \sigma_m = 2,754 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Сумарне колове напруження на ротор декантера:

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

Таким чином умови міцності за даних умов виконуються, оскільки отримане значення еквівалентного напруження є суттєво меншим допустимого

Схему навантаження яка діє на конічну частину ротора декантера показано на рисунку 2.5.



					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.5. Схема навантажень які діють на конічну частину ротора декантера

Ступінь заповнення ротора декантера продуктом:

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

Швидкість обертання:

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

Відношення густин:

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

Напруження у роторі від діючих на нього сил інерції:

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

Допустимі значення напружень:

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

Товщина стінки ротора:

$$h = \frac{r}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{\lambda \cdot \psi \cdot v_0}{\sigma_d - \sigma_0}, \quad h = 5,084 \cdot 10^{-3}$$

Прийmemo значення $h=0,005\text{м}$

Тоді визначимо значення напруження:

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

Тепер сумарне напруження буде:

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

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення еквівалентного напруження не перевищує допустимого для обраного матеріалу конструкції, що свідчить про забезпечення необхідної міцності ротора за заданих умов експлуатації. Таким чином, умова міцності виконується, а конструкція може працювати без втрати працездатності та безпеки руйнування.

Товщину бортового кільця приймаємо рівною (1{,}5) товщини обичайки, що дозволяє підвищити жорсткість крайової зони ротора та забезпечити надійне сприйняття додаткових навантажень у місцях з'єднання елементів конструкції.

Визначимо розміру мінімальної частки казеїну, яку можна відділити на модернізованій центрифугі

Густину суспензії казеїн-сироватка можна визначити із такого виразу:

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

$$\rho_c = \frac{\rho_k \times \rho_b}{x\rho_b + (1-x) \times \rho_k}$$

Отримаємо значення густини:

$$\rho_c = \frac{1100 \times 1022}{0.2 \times 1022 + (1-0.2) \times 1100} = 1037 \text{ кг/м}^3.$$

Динамічний коеф.:

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

де x – об'ємна частка казеїну в суспензії;

M_b – динамічний коеф. в'язкості молочної сироватки, Па·с.

Об'ємна частка казеїну:

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x = \frac{\bar{x} + \rho_b}{(1 - \bar{x}) + \rho_k + x\rho_b}.$$

Буде становити:

$$x = \frac{0.2 \times 1022}{(1 - 0.2) \times 1100 + 0.2 \times 1022} = 0.19.$$

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

При цьому значення умовного динамічного коефіцієнту суспензії становитиме в нас:

$$M_c = 10^{-3} \frac{0.59}{(0.77 - 0.19)^2} = 1.75 \cdot 10^{-3} \quad \text{Па} \cdot \text{с}$$

При цьому найменше значення розміру частки казеїну, яку можна відділити таким способом:

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{36 \times M^2}{g \cdot \rho_b (\rho_k - \rho_b)}}.$$

Підставимо отримані значення:

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{36 \cdot (1.75 \cdot 10^{-3})^2}{9.81 \cdot 1022 \cdot (1100 - 1022)}} = 0,0005 \text{ м} = 0,5 \text{ мм}.$$

Визначимо теоретичну продуктивність декантора

Теоретичне значення продуктивності:

$$\Pi = G(100 - W_T) / (100 - W_B),$$

де:

W_{Π} – значення вологості дисперсної фази, %;

G – значення продуктивності по суспензії, кг/год;

W_k – значення вологості зневодненого казеїну, %.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продуктивність декантора по суспензії:

$$G = 60V \rho k / \tau$$

де V –об'єм барабана центрифуги,м³;

k –коефіцієнт, $k = 0,5$ м ;

ρ –густина суспензії,кг/м³, $\rho = 980$ кг/м³.

τ –час перебування суспензії в барабані центрифуги, хв; $\tau = 20$ хв..

Об'єм барабану декантора:

$$V = \frac{P_{шт} \cdot \tau}{\rho k},$$

де $P_{шт}$ – продуктивність даної машини по залишку, кг/год.

Отримаємо значення продуктивності:

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

Тоді буде:

$$G = \frac{60 \cdot 1.0112 \cdot 890 \cdot 0.5}{0.3} = 1773.26 \text{ кг/год.}$$

Таким чином теоретична продуктивність декантора становить:

$$P = 1779.26 \cdot \frac{100 - 30}{100 - 13} = 1500 \text{ кг/год.}$$

2.4. Розрахунок потужності, що затрачається на приведення в рух шнека декантера

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі роботи шнека тиск у робочих камерах декантора змінюється за періодичним законом, форма якого наближено відповідає синусоїдальній залежності. Під час обертання шнека перед його витками формується зона пониженого тиску, тоді як за витками виникають ділянки з підвищеним тиском відносно середнього значення. Такі коливання обумовлені безперервним переміщенням і ущільненням осаду вздовж внутрішньої поверхні барабана.

У розрахунковій схемі приймаємо, що віддавальний шнек оснащений гвинтовою поверхнею з плоским профілем навивки. Для спрощення інженерних розрахунків кут підйому гвинтової лінії приймається рівним середньому значенню $\alpha_{\text{сер}}$, що дозволяє оцінити навантаження та кінематичні параметри шнека з достатньою точністю.

До основних геометричних і конструктивних параметрів шнека належать крок гвинтової навивки t , зовнішній діаметр шнека D , діаметр вала d , а також товщина гвинтової стрічки δ . Саме ці параметри визначають продуктивність транспортуючого органа, інтенсивність переміщення осаду та величину механічних навантажень, що виникають під час роботи декантора.

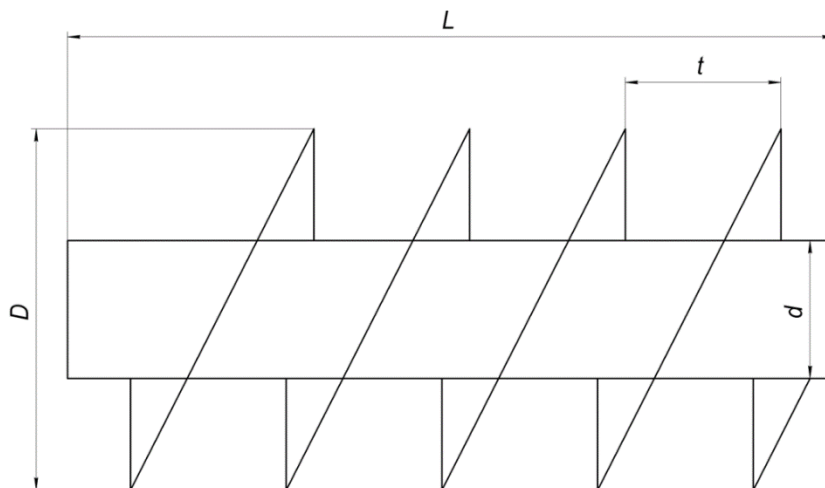


Рисунок 2.6. Схема шнека декантера

Продуктивність шнека декантора:

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

де t – крок, м;

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

d – діаметр валу шнека, м;

ρ - густина рідкого продукту, кг/м^3

D – діаметр навивки шнека декантера, м;

b - товщина навивки шнека декантера, м;

Ψ – коеф. подачі, $\Psi=0,2-0,3$.

Густина рідкого продукту:

$$\rho = (\rho_{max} + \rho_0)/2.$$

Потужність, що необхідна для приведення в рух шнека декантера:

$$N = M_{кр} \cdot \omega,$$

де $M_{кр}$ – крутний момент вала шнека, Н·м.

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

де m – кількість кроків.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічні процеси ремонту декантера

3.1. Характерні причини виходу з ладу декантера

Декантери, що використовуються у виробництві казеїну, експлуатуються в умовах підвищених механічних, динамічних та гідродинамічних навантажень. Робота обладнання супроводжується високими частотами обертання ротора, дією значних відцентрових сил, постійним контактом деталей із вологим білковим середовищем та абразивними частинками осаду. Сукупність зазначених факторів призводить до поступового зношування конструктивних елементів, зниження надійності роботи та виникнення аварійних ситуацій. Аналіз характерних несправностей дозволяє визначити найбільш уразливі вузли декантера та розробити заходи щодо підвищення його довговічності.

Однією з найпоширеніших причин виходу декантера з ладу є інтенсивне абразивне зношування шнека та внутрішньої поверхні барабана. Під час транспортування ущільненого казеїнового осаду тверді частинки взаємодіють із металевими поверхнями, викликаючи поступове стирання витків шнека. Найбільш інтенсивне зношування спостерігається у конічній частині барабана, де осад додатково ущільнюється та переміщується під дією значних відцентрових сил. У результаті зменшується товщина витків, погіршується транспортування продукту та знижується ефективність зневоднення.

Суттєвою проблемою є виникнення дисбалансу ротора. Причинами такого явища можуть бути нерівномірне накопичення осаду на внутрішніх поверхнях, неоднакове зношування деталей, деформація барабана або

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	3. Технологічні процеси ремонту декантера	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>						
						<i>ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41</i>		

неточність монтажу. За високих швидкостей обертання навіть незначний дисбаланс викликає значні вібрації, що призводять до прискореного руйнування підшипникових вузлів, послаблення різьбових з'єднань та появи втомних тріщин у металоконструкції.

Особливо небезпечними є втомні руйнування ротора. Оскільки барабан декантера працює в умовах циклічних навантажень, у матеріалі поступово накопичуються мікродфекти, які з часом можуть перерости у тріщини. Найчастіше такі пошкодження виникають у місцях концентрації напружень — поблизу зварних швів, отворів, посадкових поверхонь або зон різкої зміни геометрії конструкції. Подальший розвиток тріщин може спричинити аварійне руйнування ротора.

До характерних несправностей належать також пошкодження підшипникових вузлів. Основними причинами їх виходу з ладу є недостатнє або неякісне змащування, потрапляння вологи чи частинок продукту, порушення центрування валів, перевищення допустимих навантажень та перегрівання. Зношування підшипників супроводжується підвищеним шумом, локальним нагрівом і збільшенням вібрацій, що негативно впливає на роботу всього обладнання.

Часто причиною порушення роботи декантера стає зношування ущільнювальних елементів. Втрата герметичності спричиняє витікання суспензії, проникнення вологи до підшипників і приводних механізмів, а також забруднення навколишнього середовища. Крім того, витік продукту може викликати дисбаланс ротора через нерівномірне накопичення відкладень.

У приводній системі найбільш поширеними несправностями є розтягування або руйнування пасових передач, зношування зубчастих коліс, пошкодження муфт та перегрівання редукторів. Такі дефекти часто виникають унаслідок перевантаження обладнання, неправильного

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювання передач, недостатнього змащування або тривалої роботи в режимах, близьких до граничних.

Значний вплив на технічний стан декантера має порушення технологічного режиму роботи. Подача суспензії з надмірною концентрацією твердої фази або різкі коливання витрати можуть призводити до перевантаження шнека та електроприводу. У таких умовах зростає крутний момент на валу, виникають додаткові динамічні навантаження та прискорюється зношування деталей.

Окрему проблему становлять корозійні процеси. Деталі декантера постійно контактують із вологою білковою масою, мийними та дезінфекційними розчинами, які можуть бути хімічно активними. За пошкодження захисного шару металу виникає локальна або щілинна корозія, що призводить до зменшення товщини стінок та погіршення міцності конструкції.

Нерідко спостерігається засмічення каналів подачі та відведення продукту. Накопичення залишків казеїнової маси у внутрішніх порожнинах ускладнює рух суспензії, підвищує гідравлічний опір і порушує стабільність процесу сепарації. У важких випадках це може спричинити аварійне перевантаження шнека або ротора.

Суттєвий вплив на надійність обладнання має температурний режим роботи. Перегрівання підшипників, електродвигунів або редукторів може виникати через недостатнє охолодження, надмірне тертя чи перевантаження. Підвищення температури призводить до погіршення властивостей мастильних матеріалів, прискорення зношування деталей та зниження ресурсу вузлів.

Однією з причин нестабільної роботи декантера можуть бути помилки під час монтажу та регулювання. Неправильне центрування валів, недостатня жорсткість фундаменту, порушення співвісності приводів або

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неякісне балансування ротора спричиняють додаткові вібрації та динамічні навантаження.

Не менш важливим фактором є людський чинник. Недотримання інструкцій з експлуатації, несвоєчасне проведення технічного обслуговування, використання невідповідних мастильних матеріалів або ігнорування ознак несправностей можуть суттєво скоротити термін служби обладнання.

Для забезпечення надійної та довговічної роботи декантера необхідно впроваджувати систему планово-попереджувального обслуговування, регулярно контролювати вібраційний стан ротора, температуру підшипників, рівень зношування шнека та герметичність ущільнень. Ефективним напрямом підвищення надійності є також використання зносостійких матеріалів, антикорозійних покриттів і сучасних систем автоматичної діагностики технічного стану обладнання. Зведемо в таблицю 4.2 основні причини виходу з ладу шприца.

3.2. Технічне обслуговування декантера для виробництва казеїну

Стабільність технологічного процесу зневоднення казеїну, ефективність роботи декантера та тривалість його експлуатаційного ресурсу значною мірою визначаються якістю й своєчасністю проведення технічного обслуговування. Під час роботи обладнання його вузли зазнають дії значних відцентрових сил, змінних механічних навантажень, вібрацій та постійного контакту з агресивним вологим середовищем білкової суспензії. У таких умовах навіть незначні відхилення в роботі механізмів можуть спричинити прискорене зношування деталей, погіршення характеристик процесу сепарації та виникнення аварійних режимів.

Організація технічного обслуговування декантера повинна базуватися на системі профілактичних заходів, спрямованих на підтримання

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працездатності обладнання, попередження відмов і своєчасне виявлення дефектів. До складу таких заходів входять щоденний контроль технічного стану, періодичні регламентні перевірки, профілактичні ремонти та комплексне відновлення основних вузлів.

Перед введенням декантера в роботу необхідно перевірити справність приводного механізму, надійність кріплення елементів конструкції та відсутність зовнішніх пошкоджень. Особливу увагу приділяють стану захисних кожухів, герметичності трубопроводів і правильності функціонування системи подачі суспензії. Також контролюється рівень мастильного матеріалу в редукторі та працездатність системи мащення підшипників.

У процесі щоденної експлуатації виконують очищення обладнання від залишків продукту, перевіряють температуру опорних вузлів, рівень шуму та характер вібрацій. Виникнення сторонніх звуків, нестабільна робота приводу або локальне підвищення температури можуть свідчити про пошкодження підшипників, порушення балансування ротора чи перевантаження механізмів.

Одним із найбільш відповідальних елементів декантера є роторно-шнекова система, яка працює в умовах підвищених механічних і абразивних навантажень. Під час технічного огляду контролюють стан витків шнека, ступінь зношування конічної та циліндричної частин барабана, а також відсутність тріщин, деформацій і слідів корозійного пошкодження. Надмірне стирання транспортуючих поверхонь негативно впливає на процес видалення осаду та знижує ефективність зневоднення казеїнової маси.

Важливим складником експлуатаційного догляду є обслуговування підшипникових вузлів. Робота декантера за високих частот обертання потребує постійного та якісного змащування опорних елементів. У процесі обслуговування перевіряють чистоту мастильного матеріалу, стан ущільнень та справність каналів подачі мастила. Недостатнє змащення або потрапляння

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вологи в підшипники спричиняють інтенсивне тертя, перегрівання та руйнування опорних поверхонь.

Не менш важливим є контроль динамічного стану ротора. Через нерівномірне накопичення осаду, часткове зношування деталей або порушення співвісності валів може виникати дисбаланс, який супроводжується значними вібраціями. Тривала робота в такому режимі призводить до прискореного руйнування підшипників, послаблення кріплень та появи втомних тріщин у металоконструкції. Для запобігання подібним явищам необхідно періодично проводити перевірку вібраційних характеристик і балансування ротора.

Технічне обслуговування приводної системи включає перевірку стану пасових передач, зубчастих механізмів, муфт та редуктора. Контролюють ступінь натягу пасів, наявність слідів зношування шківів, температуру редуктора та рівень шуму під час роботи. Ослаблення передачі призводить до пробуксовування та втрати потужності, тоді як надмірний натяг викликає додаткові навантаження на опори валів і скорочує ресурс підшипників.

У процесі роботи декантера важливе значення має підтримання чистоти внутрішніх каналів та системи відведення продукту. Осадження залишків казеїнової маси на внутрішніх поверхнях погіршує рух суспензії, підвищує гідравлічний опір і може спричинити порушення режиму сепарації. Для очищення обладнання застосовують промивання гарячою водою, а за потреби — спеціальними мийними та дезінфекційними розчинами.

Регулярного контролю потребує також електротехнічна частина установки. Під час перевірок оцінюють стан електродвигунів, ізоляції кабелів, контактних з'єднань та елементів системи керування. Особливу увагу приділяють справності заземлення та захисної апаратури, оскільки робота обладнання здійснюється в умовах підвищеної вологості.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Періодичне технічне обслуговування передбачає часткове розбирання окремих вузлів декантера для оцінювання ступеня їх зношування, заміни ущільнювачів, оновлення мастильних матеріалів і регулювання механізмів. Під час таких робіт виконують перевірку співвісності валів, точності встановлення ротора та стану різьбових з'єднань.

Капітальний ремонт включає повне розбирання декантера, дефектацію деталей і відновлення або заміну елементів, що втратили працездатність. Додатково здійснюють перевірку міцності ротора, оцінювання стану зварних швів, відновлення посадкових поверхонь та повторне балансування обертових частин.

Проведення будь-яких ремонтних чи профілактичних робіт допускається лише після повного відключення обладнання від джерел електроживлення та повної зупинки ротора. Під час виконання технічного обслуговування персонал повинен користуватися засобами індивідуального захисту та дотримуватися вимог виробничої безпеки.

Раціонально організована система технічного обслуговування забезпечує підвищення надійності декантера, зменшення кількості аварійних простоїв, скорочення витрат на ремонт і підтримання стабільної ефективності процесу зневоднення казеїну в умовах промислового виробництва.

3.3 Розроблення графіка планово-попереджувальних ремонтів декантера

Ефективність функціонування декантера у технологічній лінії виробництва казеїну значною мірою визначається своєчасністю виконання профілактичних та ремонтних робіт. У процесі експлуатації обладнання його вузли працюють під дією значних відцентрових сил, вібраційних навантажень, абразивного впливу осаду та підвищеної вологості. Такі умови призводять до поступового зношування деталей, погіршення технічного стану механізмів і

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зниження надійності роботи машини. Для попередження аварійних ситуацій та забезпечення стабільної роботи обладнання застосовується система планово-попереджувальних ремонтів (ППР).

Планово-попереджувальна система ремонту являє собою сукупність організаційно-технічних заходів, що виконуються через визначені проміжки часу відповідно до встановленого графіка. Основним завданням такої системи є своєчасне виявлення дефектів, підтримання працездатності обладнання та запобігання передчасному виходу вузлів із ладу.

Під час формування графіка ППР враховують конструктивні особливості декантера, режим його експлуатації, тривалість роботи, характер навантажень та фізико-механічні властивості оброблюваної суспензії. Особливу увагу приділяють вузлам, які працюють у найважчих умовах — ротору, шнековому механізму, приводній системі, підшипниковим опорам та ущільненням.

Система технічного обслуговування декантера включає щозмінний огляд, регламентне технічне обслуговування, поточний ремонт та капітальне відновлення обладнання.

Щоденний огляд виконується перед початком роботи та після завершення виробничої зміни. Його основним призначенням є оперативне виявлення несправностей і контроль працездатності основних механізмів.

У процесі щозмінного обслуговування здійснюють:

- очищення обладнання від залишків продукту;
- перевірку герметичності трубопроводів і з'єднань;
- контроль рівня мастильного матеріалу;
- вимірювання температури підшипникових вузлів;
- оцінювання шуму та вібрацій під час роботи;
- перевірку натягу пасових передач;
- огляд електричних з'єднань та заземлення;
- контроль роботи системи подачі суспензії та видалення осаду.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати перевірок заносяться до експлуатаційного журналу, що дозволяє відстежувати зміни технічного стану обладнання в процесі експлуатації.

Періодичне технічне обслуговування виконується після відпрацювання встановленого ресурсу та передбачає більш глибоку перевірку стану механізмів.

Після кожних 250–300 годин роботи рекомендується:

- перевіряти технічний стан підшипників;
- оцінювати зношування шнекового механізму;
- оглядати барабан на наявність тріщин і деформацій;
- контролювати надійність кріплення приводних вузлів;
- очищати внутрішні канали подачі та відведення продукту;
- проводити заміну або доливання мастила.

Після 1000–1500 годин роботи додатково виконують:

- часткове розбирання підшипникових вузлів;
- перевірку співвісності валів;
- контроль стану зубчастих передач;
- оцінювання балансування ротора;
- перевірку ущільнювальних елементів та їх герметичності.

Поточний ремонт спрямований на усунення несправностей, що виникають у процесі роботи декантера та не потребують повного розбирання машини. До основних операцій поточного ремонту належать:

- заміна підшипників;
- встановлення нових пасових передач;
- відновлення ущільнень;
- регулювання шнека;
- ремонт окремих елементів приводу;
- усунення локальних пошкоджень деталей.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведення поточного ремонту доцільне через 4000–6000 годин експлуатації залежно від інтенсивності навантаження та фактичного стану обладнання.

Капітальний ремонт є найбільш складним видом відновлювальних робіт та передбачає повне розбирання машини з детальною дефектацією її вузлів. У ході капітального ремонту виконують:

- повне очищення внутрішніх поверхонь обладнання;
- перевірку міцності ротора;
- контроль стану зварних швів;
- заміну підшипникових опор;
- відновлення посадкових поверхонь;
- ремонт або заміну шнека;
- перевірку технічного стану редуктора та електродвигунів;
- повторне балансування ротора.

Капітальний ремонт рекомендується виконувати після 16000–20000 годин роботи або відповідно до результатів технічної діагностики обладнання.

Розроблений графік планово-попереджувальних ремонтів дозволяє забезпечити стабільну роботу декантера, зменшити ризик аварійних відмов та продовжити термін служби основних вузлів машини. Використання системи ППР сприяє скороченню простоїв виробництва, підвищенню ефективності технологічного процесу та зниженню витрат на експлуатацію обладнання.

Таблиця. Графік ППР декантера

№ п/п	Машини	марка	Інвен.номер.	Час вводу в експлуатацію.	Останній ремонт в попередньому році.		Строк служби .		Тривалість			План та виконання	
									Ремонтного циклу.	Періодів			
										Ремон тамі.	ТО		
1.	2.	3.	4.	5.	Вид	Міс	Ремонт у	ТО	10.	11.	12.	13.	

КРБ 062.00.00.000 ПЗ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Декантер	GEA esoforce CF 4000	4	2018	2025	жовтень				12/4200.	3/1050.	1/350.	Термін служби, міс/год	Планові .
												Очікування.	
												План.	
												Виконання.	

Нпрацювання і види рем. і ТО за місяцями та їхня трудомісткість												Загальна трудомісткість усфх робіт			
Січень.	Лютий.	Березень.	Квітень.	Травень.	Червень.	Липень.	Серпень.	Вересень.	Жовтень.	Листопад.	Грудень.	Всього.	Слюсарні.	Верстатні.	Інші.
14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	16	45,4	32	13
K/35	O/1	O/1	T/7	O/1	O/1	C/1	O/1	O/1	T/7	O/1	O/1				

3.4. Організація експлуатації та ремонту технологічного обладнання

Управління процесами експлуатації, технічного обслуговування та ремонту технологічного обладнання, а також виробничих споруд, інженерних комунікацій і металоконструкцій покладене на службу головного механіка підприємства. У його підпорядкуванні перебуває ремонтно-механічний цех, який безпосередньо виконує роботи з відновлення працездатності обладнання та забезпечує його справний технічний стан.

До функціональних обов'язків відділу головного механіка належить комплекс організаційних, технічних та контрольних заходів, зокрема: систематичний моніторинг технічного стану обладнання в процесі експлуатації; формування та коригування планів проведення ремонтів; розроблення організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності ремонтної служби; планування впровадження сучасних високопродуктивних технологій виконання ремонтних робіт; контроль витрат на ремонтне обслуговування; а також підготовка квартальної

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

звітності щодо виконання середніх і капітальних ремонтів основного технологічного обладнання.

У процесі виконання ремонтних робіт обов'язково здійснюється розбирання відповідних вузлів і механізмів, деталі яких підлягають відновленню або заміні. Для цього попередньо розробляється технічна документація, що включає принципову схему розбирання (зазвичай у складі графічної частини проєкту) та технологічну карту демонтажу вузла.

Розбирання обладнання виконується у строго визначеній технологічній послідовності, тоді як складання здійснюється у зворотному порядку з дотриманням усіх вимог до точності та якості монтажу. Особливу увагу приділяють правильності встановлення та взаємному положенню деталей, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до порушення роботи механізму.

Перед складанням валів та встановленням на них шківів, змонтованих за допомогою шпонкових з'єднань, виконують ретельний контроль стану посадочних поверхонь. Усі виявлені задири, забоїни або заусенці усувають, забезпечуючи необхідну чистоту та точність сполучуваних поверхонь. Розміри призматичних шпонок і відповідних пазів регламентуються стандартами, що гарантує надійну фіксацію елементів. Під час монтажу шпонку вводять у паз плавно, з використанням легких монтажних ударів, без перекосів і надмірних зусиль.

Перед складанням підшипникових вузлів підшипники кочення проходять обов'язкову процедуру розконсервації та очищення. Їх промивають у бензині або в підігрітому до температури близько 80 °С мінеральному маслі з метою видалення залишків консерваційних матеріалів і забруднень. Установлення підшипників на вали та в корпуси здійснюється з дотриманням технологічних вимог щодо посадок, співвісності та рівномірності навантаження, що забезпечує довговічність роботи вузлів.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, суворе дотримання регламентів експлуатації, ремонту та складання обладнання є ключовою умовою забезпечення його надійності, безпеки та тривалого ресурсу роботи в умовах виробництва. Таблиця 4.2.

Порядок складання вузла приводу

Таблиця 3.2.

№ п/п	Операція та переходи	Інструмент, матеріали	Технічні вимоги на процес складання	Профіль працівник, його розряд	Норма часу, хв
1	2	3	4	5	6
1	В корпус 4 встановлюється підшипник 7.	Ручний прес	Підшипник нагріти до 70...80°C, перевірити легкість обертання	СлюсарІІІ розряду	2,5
2	В корпус 4 встановлюється шайба 8	—	Встановити без перекосу	---	1,8

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
3	В корпус 4 встановлюється підшипник 7	Ручний прес	Підшипник нагріти до 70...80°C, перевірити легкість обертання	---	2,3
4	На вал 26 встановлюється шпонка 10	Ручний прес	без перекосу	---	2,5
5	На вал 26 встановлюється шестерня 9	Ручний прес	без перекосу	---	2,5
6	На вал 26 встановлюється підшипник 13	Ручний прес	Підшипник нагріти до 70...80°C, перевірити легкість обертання	---	1,8
7	На вал 1 встановлюється	Ручний прес	без перекосу	---	2,3

Арк.

КРБ 062.00.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

	шпонка 11				
8	На вал 1 встановлюється зубчасте колесо 12	Ручний прес	без перекоосу	---	2,5
9	На вал 26 встановлюється підшипник 13	Ручний прес	Підшипник нагріти до 70...80°C, перевірити легкість обертання	---	2,5
10	На корпус 4 встановлюється ущільнення 17	—	без перекоосу	---	1,8
11	В корпус 18 встановлюється підшипник 7	Ручний прес	Підшипник нагріти до 70...80°C, перевірити обертання	---	2,3
12	В корпус 18 встановлюється шайба 16	—	Встановити без перекоосу	---	2,5

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
13	В корпус 18 встановлюється підшипник 7	Ручний прес	Підшипник нагріти до 70...80°C, перевірити легкість обертання	---	2,5
14	Корпус 18 встановлюється в корпус 4	Ручний прес	без перекоосу	---	1,8
15	На корпус 18 встановлюється шайба 19	—	без перекоосу	---	2,3
16	На шайбу 19 встановлюється болт 20	Ключ П-8-05	надійність кріплень		2,5
17	У корпус 4 встановлюється шайба 5	—	без перекоосу	---	2,5
18	У корпус 4 встановлюється ущільнення 6	—	без перекоосу	---	1,8
19	У корпус 4 встановлюється шайба	—	без перекоосу	---	2,3

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 062.00.00.000 ПЗ

	5				
20	У корпус 4 встановлюється ущільнення 6	—	без перекосу	---	2,5
21	У корпус 4 встановлюється шайба 5	—	без перекосу	---	2,5
22	У корпус 4 встановлюється ущільнення 6	—	без перекосу	---	1,8
23	У корпус 4 загвинчується гайка 2	Ключ П-8- 05	надійність кріплення	---	2,3
24	У корпус 18 встановлюється ущільнення 22	—	без перекосу	---	2,5
25	У корпус 18 загвинчуємо кришку 25	Спеціаль- ний ключ	Перевірити надійність кріплення	---	2,5
26	У корпус 18 встановлюється ущільнення 22	—	без перекосу	---	1,8

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
27	У кришку 24 встановлюється манжету 23	—	без перекосу	---	2,3
28	У кришку 24 встановлюється шайба 21	Круглогубці	без перекосу	---	2,5
29	У корпус 18 загвинчується кришка 24	Ключ спеціальний	надійність кріплення	---	2,5
30	На корпус 4 встановлюється ущільнення 27	—	без перекосу	---	1,8
31	У корпус 4 загвинчується пробка 28	Ключ П-12- 05	Перевірити надійність кріплення	---	2,3
32	На корпус 4 встановлюється ущільнення 27	—	Встановити без перекосу	---	2,5
33	У корпус 4 загвинчуємо пробку 28	Ключ П-12- 05	Перевірити надійність кріплення	---	3,2

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 062.00.00.000 ПЗ

3.5 Дефектування та сортування деталей

Підготовчий етап перед виконанням ремонтних робіт на технологічному обладнанні повинен здійснюватися за чітко встановленою послідовністю, яка забезпечує збереження вузлів і деталей, а також виключає можливість їх переплутування з елементами інших машин. Дотримання правильної організації демонтажу є важливою умовою якісного виконання подальшого ремонту та повторного складання.

Розбирання машини виконується у строго регламентованому порядку: спочатку знімають захисну кришку, далі демонтують привідний механізм і лише після цього — робочу чашу. Усі демонтовані вузли та деталі розміщують на спеціально підготовлених щитах або стелажах із бортиками, що запобігають їх зміщенню та втраті.

У процесі розбирання проводиться первинна оцінка технічного стану деталей і визначення ступеня їх зношування. Перед початком ремонтних операцій усі елементи ретельно очищають від забруднень, мастил та відкладень, після чого знежирюють для забезпечення точності подальшого контролю. Парні (спряжені) деталі маркують однаковими кернерними позначками, що дозволяє зберегти їх взаємне положення під час повторного складання.

Величину зношення визначають за допомогою стандартних вимірювальних методик і інструментів. Посадочні місця під підшипники повинні мати рівну, чисту поверхню без задирів, подряпин, корозійних уражень або тріщин. Шпонкові пази мають бути геометрично правильними, з паралельними та гладкими стінками. Їхні розміри перевіряють за допомогою калібрів або шаблонів відповідного типу.

Під час контролю різьбових з'єднань основну увагу приділяють якості поверхні різьби та її цілісності. Недопустимим вважається пошкодження або

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зрив різьби понад 1–1,5 витка. Невеликі дефекти усувають шляхом відновлення різьби за допомогою мітчиків або плашок. Додатково контролюють ступінь зношення різьби, який не повинен перевищувати приблизно 0,5 кроку на кожні 10 витків. Гайки та болти не повинні мати деформацій граней, а отвори під шплінти повинні бути чистими та без пошкоджень.

Підшипникові елементи після очищення підлягають змащуванню пластичними мастилами типу солідолу (Л, М, Т, УСс-1), що забезпечує їх захист від корозії та полегшує подальший монтаж.

Після завершення дефектації всі деталі систематизують і розподіляють на три основні групи:

1. придатні до подальшої експлуатації без додаткового ремонту — направляються на складання або до складу готових деталей;
2. придатні після відновлювального ремонту — передаються в ремонтну зону або на склад очікування ремонту;
3. повністю зношені або непридатні для відновлення — списуються та передаються на склад металобрухту.

Деталі, що потребують ремонту, маркуються умовними кольоровими позначеннями у зонах дефектів (зелений або жовтий колір), тоді як остаточно забраковані елементи позначаються червоним кольором для чіткої ідентифікації.

Усі результати контролю, вимірювань та дефектації обов'язково фіксуються у спеціальній дефектній відомості. Даний документ складається безпосередньо під час розбирання обладнання і містить інформацію про характер пошкоджень, обсяг ремонтних робіт, перелік деталей, що підлягають заміні або відновленню, необхідні матеріали, а також орієнтовну вартість ремонтних заходів. Це дозволяє обґрунтовано планувати ремонт і оптимізувати витрати на відновлення обладнання.

ВІДОМІСТЬ ДЕФЕКТІВ

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на _____

ремонт

декантера

(середній, капітальний)

(обладнання)

інв. № _____ встановленого в _____ казеїновому _____ цеху

№ п/п	Деталі, що мають дефект	Дефект	Способи його усунення	Необхідна к-сть запчастин та матеріалів		Трудоміст операції, люд.год.	Аналіз стану машини при здачі в ремонт
				Найменування	Кількість		
1	Зубчасте колесо	Виломлення зубів	Повна заміна	Зубчасте колесо	1 шт.	2	Незадовільний
2	Підшипник кочення	Нерівномірне обертання	заміна	Підшипник кочення	1 шт.	0,5	Незадовільний
3	Вал	деформація	заміна	Вал	1 шт.	1,5	Незадовільний
4	Підшипник	Нерівномірне обертання	Повна заміна	Підшипник	1 шт.	0,5	Незадовільний
5	Прокладка	Пошкодження поверхні	Заміна	Прокладка	1 шт.	0,2	Незадовільний

Арк.

КРБ 062.00.00.000 ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1. Загальні положення безпеки на підприємствах молокопереробної промисловості

Молокопереробні підприємства належать до виробництв підвищеної санітарно-гігієнічної та технічної відповідальності, оскільки технологічні процеси пов'язані з переробкою харчової сировини, роботою обертового обладнання, використанням електроустановок, а також мийних і дезінфекційних засобів. В умовах експлуатації обладнання типу освітлюючого декантера для казеїну GEA esoforce CF 4000 ключове значення має дотримання вимог охорони праці, оскільки порушення режимів роботи може призвести як до аварійних ситуацій, так і до погіршення якості продукції.

Сучасні підприємства молочної галузі характеризуються високим рівнем механізації та автоматизації, однак це не знижує, а навпаки підвищує вимоги до безпеки персоналу. Основними ризиками є контакт із рухомими частинами машин, високі швидкості обертання ротора, тиск у технологічних магістралях, а також електричні небезпеки та вплив мийних хімічних речовин.

Під час експлуатації та технічного обслуговування декантерного обладнання можуть виникати такі основні групи небезпек:

Механічні фактори — обертові барабани, шнеки, вали, муфти, що створюють ризик травмування при порушенні огорожень або регламенту зупинки обладнання.

Вібраційний вплив — характерний для високошвидкісних центрифужних систем, що може призводити до підвищеної втомлюваності персоналу.

Шумове навантаження — перевищення допустимих рівнів шуму при роботі сепараційних вузлів.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>			4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Консульт.</i>		<i>Кравець О.І.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>				<i>ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>						

Хімічні фактори — мийні розчини (лужні та кислотні СІР-системи), що використовуються для санітарної обробки обладнання.

Електрична небезпека — живлення приводів, насосів і систем автоматики.

Біологічні фактори — контакт із молочною сировиною та можливими мікробіологічними забрудненнями.

Особливістю обладнання типу декантерів є поєднання високих швидкостей обертання та герметичних робочих зон, що ускладнює візуальний контроль і підвищує вимоги до автоматичних систем блокування.

4.2. Організаційні заходи забезпечення безпеки під час монтажу, обслуговування та ремонту

Безпечна експлуатація обладнання забезпечується комплексом організаційних заходів, які включають:

- допуск до роботи лише працівників, які пройшли навчання з охорони праці та інструктажі;
- виконання робіт з технічного обслуговування виключно після повної зупинки обладнання та його відключення від електромережі;
- застосування системи блокування «Lockout/Tagout» для запобігання випадковому пуску;
- оформлення наряду-допуску при виконанні ремонтних робіт підвищеної небезпеки;
- контроль технічного стану огорожень, датчиків блокування та аварійної зупинки.

Під час монтажу та ремонту декантера особлива увага приділяється правильному центруванню вузлів, оскільки навіть незначне зміщення може спричинити дисбаланс, підвищені вібрації та аварійний знос підшипникових вузлів.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічне обслуговування обладнання передбачає виконання регламентованих операцій очищення, перевірки та заміни зношених елементів. Для їх безпечного виконання необхідно:

- повністю знеструмити установку та переконатися у відсутності залишкових обертів ротора;
- скинути тиск у технологічних лініях і перекрити подачу продукту;
- використовувати індивідуальні засоби захисту: рукавички, захисні окуляри, спецодяг, протишумові навушники;
- забезпечити освітлення робочої зони не нижче встановлених норм;
- застосовувати справний інструмент та механізми для демонтажу вузлів.

Під час ремонту особливо небезпечними є операції з розбирання ротора та шнекового вузла, оскільки вони можуть мати значну масу та інерційні навантаження. Тому обов'язковим є використання вантажопідіймальних механізмів і фіксуючих пристроїв.

Умови праці на молокопереробних підприємствах повинні відповідати санітарним нормам харчового виробництва. До основних вимог належать:

- підтримання чистоти виробничих приміщень та регулярна санітарна обробка обладнання;
- контроль температурно-вологісного режиму;
- організація вентиляції для видалення вологи та аерозолів мийних засобів;
- забезпечення працівників чистим спецодягом та місцями для його зберігання;
- регулярні медичні огляди персоналу.

Особлива увага приділяється системам СІР-мийки, які використовуються для внутрішнього очищення декантера без його розбирання. Неправильне використання хімічних розчинів може призвести до опіків шкіри або корозійного пошкодження обладнання.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підприємствах молочної промисловості пожежна безпека забезпечується шляхом:

- контролю справності електрообладнання;
- виключення перевантажень електромереж;
- використання негорючих матеріалів у виробничих зонах;
- наявності первинних засобів пожежогасіння;
- регулярного навчання персоналу діям у разі пожежі.

Електробезпека передбачає заземлення обладнання, використання захисного відключення та регулярну перевірку ізоляції електродвигунів і кабельних ліній.

Дотримання вимог охорони праці під час монтажу, експлуатації та ремонту декантера GEA esoforce CF 4000 є обов'язковою умовою безпечної та стабільної роботи молокопереробного підприємства. Комплексний підхід, що включає організаційні, технічні та санітарні заходи, дозволяє мінімізувати виробничі ризики, підвищити надійність обладнання та забезпечити якість кінцевої продукції.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У дипломній роботі вирішено комплекс інженерних та організаційно-технічних задач, спрямованих на підвищення ефективності, надійності та довговічності роботи декантерної центрифуги для зневоднення казеїну (GEA esoforce CF 4000), а також на удосконалення умов її експлуатації, монтажу та технічного обслуговування.

У процесі виконання роботи проведено аналіз сучасного стану обладнання для розділення дисперсних систем у харчовій та молочній промисловості, визначено основні тенденції розвитку декантерних центрифуг, зокрема підвищення продуктивності, енергоефективності, ступеня автоматизації та стабільності процесу розділення. Встановлено, що основними проблемами такого обладнання є інтенсивне зношування шнекового механізму та ротора, вібрації, абразивний вплив твердої фази, а також складність забезпечення стабільного режиму осадження.

Досліджено конструкцію та принцип роботи декантера GEA esoforce CF 4000, визначено основні функціональні вузли (ротор, шнек, привід, підшипникові опори, вузли подачі та відведення продукту), а також їх взаємодію в процесі безперервного розділення суспензії. Проаналізовано умови експлуатації основних механізмів, що дозволило встановити найбільш навантажені елементи конструкції та критичні зони зношування.

Виконано інженерні розрахунки елементів приводу та відповідальних деталей, які підтвердили їх працездатність у заданих режимах обертання та навантаження. Отримані результати дали змогу обґрунтувати вибір основних конструктивних параметрів і забезпечити необхідний рівень міцності, жорсткості та надійності вузлів декантера.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>								
					Висновки								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Мучка Д.В.											
Перевірів		Вітенько Т.М.											
Н. контр.		Кравець О.І.											
Затверд.		Пилипець О.М.			ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41								

Обґрунтовано режими експлуатації декантера, спрямовані на забезпечення стабільного процесу розділення суспензії, збереження оптимальної вологості казеїнового осаду та зменшення інтенсивності зношування робочих органів. Встановлено, що дотримання регламентованих параметрів роботи суттєво впливає на якість кінцевого продукту та ресурс обладнання.

Розроблено систему технічного обслуговування та ремонту декантера, яка включає щозмінні огляди, регламентне технічне обслуговування, поточні та капітальні ремонти. Сформовано графік планово-попереджувальних ремонтів, що забезпечує своєчасне виявлення дефектів, попередження аварійних відмов і зменшення простоїв технологічної лінії.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Вітенько Т., Ворощук В. Навчально-методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 – «Механічна інженерія». ФОП Паляниця, 2024. 52 с.

2. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А. Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.

3. Ялпачик В. Ф., Ломейко О. П., Циб В. Г., Ялпачик Ф. Ю., Самойчук К. О., Олексієнко В. О., Шпиганович Т. О. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств : лабораторний практикум. Мелітополь : Таврійський державний агротехнологічний університет, 2014. 235 с.

4. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.

5. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

6. Kravets, O., Shynkaryk, M., & Kravets, V. (2024). Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 114(2), 111-118.

7. Shynkaryk, M., Kravets, O., & Venhrynovych, S. (2021). Features of pressing the juice from viburnum berries. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 101(1), 94-101.

					<i>КРБ 062.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мучка Д.В.</i>			Перелік посилань	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Вітенько Т.М.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>				<i>ТНТУ, каф. ОХ, гр. МО-41</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>						

8. Shynkaryk, M., Kravets, O., Papernyak, R., & Lukiyanchuk, B. (2026). Determining the influence of equipment used in modern cottage cheese production lines on the quantitative and dispersed composition of cheese dust. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(11 (139)), 14.

9. Шинкарик М. М., Кравець О. І. Енергетичні втрати та екологічні наслідки роботи теплотехнічних систем // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: ЛНТУ, 2026. № 1 (26) С.70-76.

10. Шинкарик, М. М., & Кравець, О. І. (2024). Основи теплотехніки: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця ВА. 132с.

11. Кравець О.І. Дослідження компресійно-фільтраційних властивостей казеїну-сирцю / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик, В.І. Кравець, М.А. Стадницький // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.4, 2024. С. 227-237

12. Паперняк Р.В. Комплексний підхід до оцінки машинно-апаратного забезпечення виробництва сиру кисломолочного/ Р.В. Паперняк, М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, Б.Я. Лукіянчук // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. №.5, 2024. С. 214-224

13. Савич, І. А., Кравчук, А. С., Стадницький, М. А., Шинкарик, М. М., & Кравець, О. І. (2025). Підвищення ефективності процесів відтиску та сушіння казеїну. Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції „Стан і перспективи харчової науки та промисловості “присвяченої 30-річчю заснування кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя, 125-126.

14. Стадницький М.А. Зміна вологості казеїну у процесі його сушіння / М.А. Стадницький, В.І. Кравець, М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // мат. Міжнародної науково-практичної конференції: «Біотехнології продовольчих продуктів: проблеми і перспективи» з нагоди 80 – річниці ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод» 25 листопада 2025 р. м. Київ : ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод». 2025. С.125-126.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 062.00.00.000 ПЗ

15. Кравець В.І. Вплив пористості казеїну на процес його компресійно-фільтраційного сушіння / В.І. Кравець, М.А. Стадницький, М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // мат. Міжнародної науково-практичної конференції: «Біотехнології продовольчих продуктів: проблеми і перспективи» 10 грудня 2024 р. м. Київ : ДНУ «УкрНДІспиртбіопрод». 2024. С.41-44.

16. Шинкарик М.М., Кравець О.І., Ворощук В.Я. Спосіб зневоднення казеїну: пат. на корисну модель 156196 Україна: МПК А23J1/22, А23J3/10. u202305280; заявл. 07.11.2023; опубл. 22.05.2024, Бюл. № 21/2024

17. Сушильний комплекс для казеїну : пат. 157765 Україна : А23J 1/22, А23J 3/10. № u 2024 01978 ; заял. 15.04.2024 ; опубл. 20.11.2024, Бюл. № 47/2024

18. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин“, 2021. - с.13

19. Pylypets M. I. Designing uniformly loaded threaded connections M. I. Pylypets, O.M. Pylypets, V. R Pankiv Modern research in technical sciences: the impact of martial law in Ukraine (March 6–7, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024,-p.11-16.

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікації

					КРБ 062.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		