

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту Шпікулі Миколі Ігоровичу

1. Тема роботи Розрахунок та конструювання горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну продуктивністю 10 м³/год

Керівник роботи Кравець Олег Ігорович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» 01 2022__ року № 4/7-26

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну

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

1. Аналітична частина

- 1.1. Огляд конструкцій горизонтальних центрифуг
- 1.2. Огляд конструкції горизонтальної центрифуги для казеїну
- 1.3. Огляд літератури
- 1.4. Мета та основні задачі дипломної роботи

2. Технологічна частина

- 2.1. Технологічні розрахунки центрифуги для зневоднення казеїну
- 2.2. Процесові розрахунки центрифуги для зневоднення казеїну

3. Конструкторська частина

- 3.1. Кінематичний аналіз центрифуги
- 3.2.** Кінематичний розрахунок приводів
- 3.3. Структурний аналіз центрифуги
- 3.4. Аналіз структури вузла завантаження-розвантаження
- 3.5. Конструктивний і міцнісний розрахунок

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

Висновки.

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

1. Загальний вигляд горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну 2 листи А1
2. Кінематична схема горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну 1 лист А1
3. Складальні креслення вузла завантаження
5. Деталювання
6. Конструктивні розрахунки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	доц. Лазарюк В.В./ зав. каф. Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	доц. Ворошук В.Я.		

7. Дата видачі завдання 24.01.2022**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	1. Аналітична частина	24.01. 2022- 28.01.2022	
	1.1. Аналіз завдання		
	1.2. Характеристика горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну		
	1.3. Огляд літератури		
	2. Технологічна частина	01.03.2022- 06.03.2022	
	2.1. Технологічні розрахунки горизонтальної центрифуги		
	2.2. Процесові розрахунки горизонтальної центрифуги		
	3. Конструкторська частина	07.03.2022- 11.03.2022	
	3.1. Кінематичний аналіз горизонтальної центрифуги		
	3.2. Конструювання окремого вузла горизонтальної центрифуги		
	3.3. Аналіз технологічності проєктованого вузла		
	4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.		
	Висновки.	6.06.2022- 07.06.2022	
	Графічна частина	24.01.2022- 13.02.2022	
	1. Загальний вигляд горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну	24.01.2022- 13.02.2022	
	2. Кінематична схема горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну	24.01.2022- 13.02.2022	
	3–4. Складальні креслення.	24.01.2022- 13.04.2022	
	5. Деталювання	24.01.2022- 06.06.2022	
	6-7. Моделювання, проєктні розрахунки	24.01.2022- 06.06.2022	

Студент

(підпис)

Шпікула Микола Ігорович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кравець Олег Ігорович

(прізвище та ініціали)

Анотація

Шпікула М.І. Розрахунок та конструювання горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну продуктивністю 10 м³/год.

У дипломній роботі виконано аналіз відомих конструкцій горизонтальних центрифуг; проведено огляд літературних джерел.

Здійснено технологічний розрахунок центрифуги для казеїну, а саме здійснено визначення розміру мінімальної частинки казеїну, яку можна відділити на центрифугі; визначено теоретичну продуктивність центрифуги; розраховано потужність нагнітального шнека та його продуктивність.

Здійснено кінематичний аналіз центрифуги та виконано розрахунок її приводів. Проведено конструктивний і міцнісний розрахунок центрифуги.

Ключові слова: центрифугування, казеїн, зневоднення, вологість, шнек.

Вступ

1. Аналітична частина
 - 1.1. Огляд конструкцій горизонтальних центрифуг
 - 1.2. Огляд конструкції горизонтальної центрифуги для казеїну
 - 1.3. Огляд літератури
 - 1.4. Мета та основні задачі дипломної роботи
2. Технологічна частина
 - 2.1. Вихідні дані для технологічного розрахунку центрифуги для зневоднення казеїну
 - 2.2. Визначення розміру мінімальної частинки казеїну, яку можна відділити на центрифугі
 - 2.3. Визначення теоретичної продуктивності центрифуги для казеїну
 - 2.4. Розрахунок потужності нагнітального шнека центрифуги для казеїну
 - 2.5. Розрахунок продуктивності шнека центрифуги для казеїну
 - 2.6. Визначення продуктивності центрифуги для казеїну
 - 2.7. Місце центрифуги для казеїну в технологічній лінії виробництва казеїну
3. Конструкторська частина
 - 3.1. Кінематичний аналіз центрифуги
 - 3.2. Кінематичний розрахунок приводів
 - 3.2.1. Привід барабану
 - 3.2.2. Привід шнека
 - 3.3. Структурний аналіз центрифуги
 - 3.4. Аналіз структури вузла завантаження-розвантаження
 - 3.5. Конструктивний і міцнісний розрахунок
 - 3.5.1. Конструктивний розрахунок ротора центрифуги
 - 3.5.2. Конструктивний розрахунок шнека
 - 3.5.3. Розрахунок шківів
4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

Висновки

Перелік посилань

Додатки

Специфікації

Вступ

Зневоднення зерен казеїну є важливим етапом технологічного процесу виробництва казеїну. Одним із найбільш поширених способів зневоднення є застосування горизонтальних центрифуг або деканторів. Вони дозволяють забезпечити відносно низький рівень вологості казеїнових зерен на виході.

Ефективність процес зневоднення казеїну на центрифuzі має значний вплив на подальше його сушіння, зокрема на енергетичні затрати на процес сушіння. Адже, як відомо, видалення вологи із матеріалу шляхом сушіння є значно дороговартісним у порівнянні із механічним відтиском. Тому очевидною задачею є забезпечення максимального зневоднення зерен казеїну шляхом центрифугування.

Що стосується конструювання центрифуги для казеїну, що і є метою даної дипломної роботи, то тут слід приділити увагу конструктивному розрахунку таких елементів як вузол завантаження, барабан центрифуги, пустотілий шнек та клинопасова передача.

Якісний конструктивний розрахунок дозволить на виході отримати машину, що зможе забезпечити виконання поставлених перед нею цілей, а саме – забезпечення максимального зневоднення казеїну.

1. Аналітична частина

1.1. Огляд конструкцій горизонтальних центрифуг

В процесі центрифугування відбувається розділення неоднорідних систем під дією відцентрових сил. Для центрифугування використовують центрифуги або декантори.

Найпростішими центрифугами є осаджувальні центрифуги, основною частиною яких є ротор 3 (барабана) (рис. 1.1.), що має суцільні або перфоровані бічні стінки. Барабан кріпиться на вертикальному валу, що приводиться в рух від електродвигуна. В свою чергу барабан розміщується у нерухомому корпусі 1. Внутрішня поверхня ротора обладнана перфорованими стінками на які кріпиться фільтрувальна тканина.

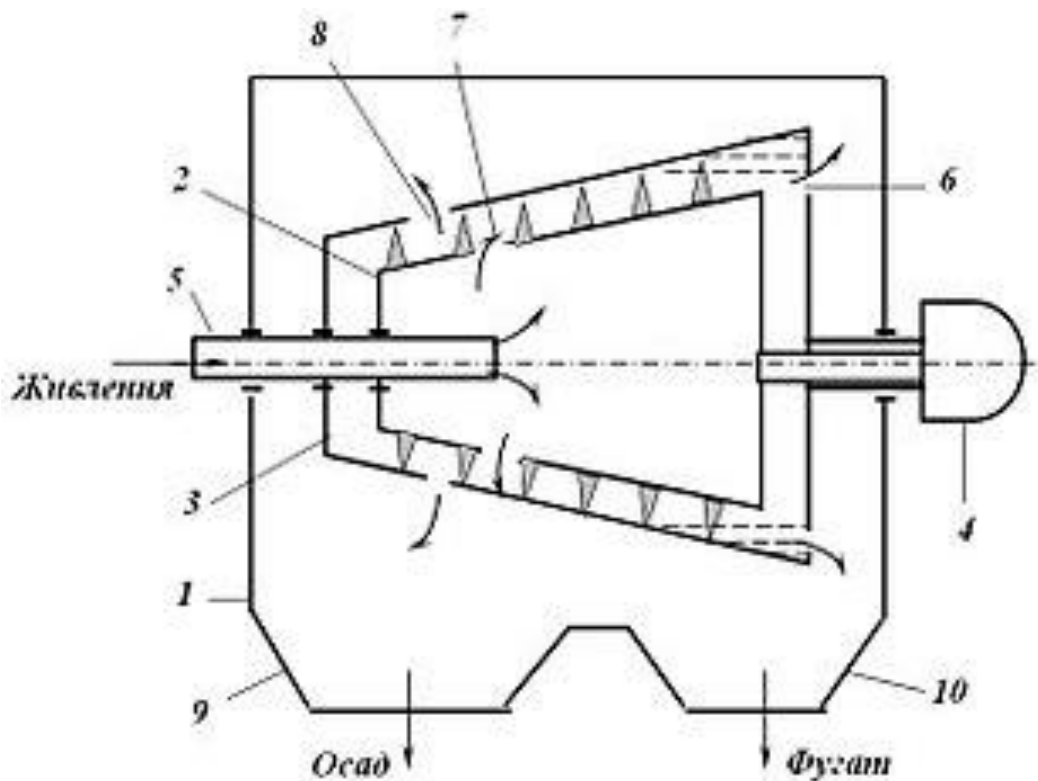


Рисунок 1.1. Принципова схема осаджувальної центрифуги

1-корпус; 2-шнек; 3-конічний ротор; 4-планетарно-дифференціальний механізм;

5-труба подачі суспензії; 6-зливні вікна для освітленої рідини; 7-отвори для суспензії; 8-розвантажувальні вікна; 9-канал для відведення осаду; 10-канал для відведення освітленої рідини

Під дією відцентрової сили суспензія, що потрапляє в барабан, розділяється на осад і рідку фазу.

Розділення суспензій у осаджувальних центрифугах складається із стадій осадження твердих частинок на внутрішніх стінках ротора центрифуги та ущільнення цього осаду. Якщо стадія ущільнення повністю підпорядковується законам гідродинаміки то стадія ущільнення проходить у відповідності із закономірностями механіки ґрунтів.

Процеси розділення суспензій у відстійниках та осаджувальних центрифугах хоча на перший погляд доволі схожі проте мають суттєві відмінності. Наприклад, при осаджуванні твердих частин із суспензії у відстійнику, гравітаційне поле має однорідний характер – на кожну тверду частинку дія однакова сила тяжіння в один бік і сила Архімеда (пропорційна об'єму частинки) в інший бік. У той же час відцентрова сила, що дія на частинку у центрифугі залежить від відстані на якій ця частинка знаходиться від центральної осі центрифуги – чим ближче периферії – тим більша відцентрова сила, як це помітно із загальновідомого виразу відцентрової сили (рис 1.2.):

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

де r – радіус, м;

m – маса частинки, кг;

v – швидкість, м\с.

Тому при обертанні ротора на частинку діє зростаюча відцентрова сила в результаті чого має місце прискорення її руху.

У звичайних відстійниках частинки проходять крізь поперечні перерізи рідини, що мають постійну площу, у той час як у осаджувальних центрифугах частинки осаду переміщуються крізь зростаючі за площею поперечні перерізи кільцевого шару.

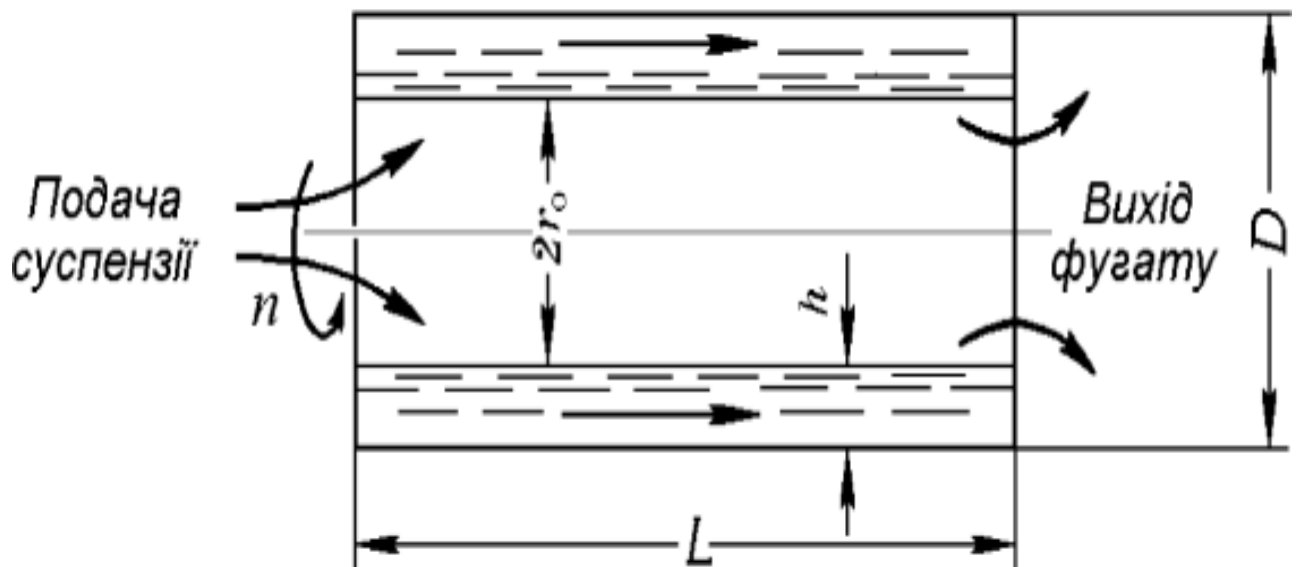


Рисунок 1.1. Схема роботи відстійної центрифуги

У зв'язку із цим закономірності розділення суспензій у звичайних гравітаційних відстійниках не можна поширювати на процеси розділення на осаджувальних центрифугах.

Так само неможливо ототожнювати процеси які відбуваються у фільтруючих центрифугах із процесами фільтрування. Оскільки в центрифугах є істотний вплив відцентрової сили і площі поперечного перерізу кільцевого шару рідини, що збільшуються по радіусу ротора.

Значно складнішими за конструкцією є центрифуги осаджувально-фільтрувальні (рис. 1.2).

Вони створені на базі осаджувальних але відрізняються від них наявністю фільтрувальної частини. В цих центрифугах шнек 8 фільтрувальної частини закріплений на конічній ділянці ротора 2. В якості фільтрувальної поверхні використовується шпальтове сито. У осаджувально-фільтрувальних центрифугах осад із осаджувальної частини направляється у фільтрувальну, де він додатково зневоднюється. Такі центрифуги є більш ефективними: вони дозволяють отримати осад значно нижчої вологості та освітлену рідину із низьким вмістом дисперсних частинок.

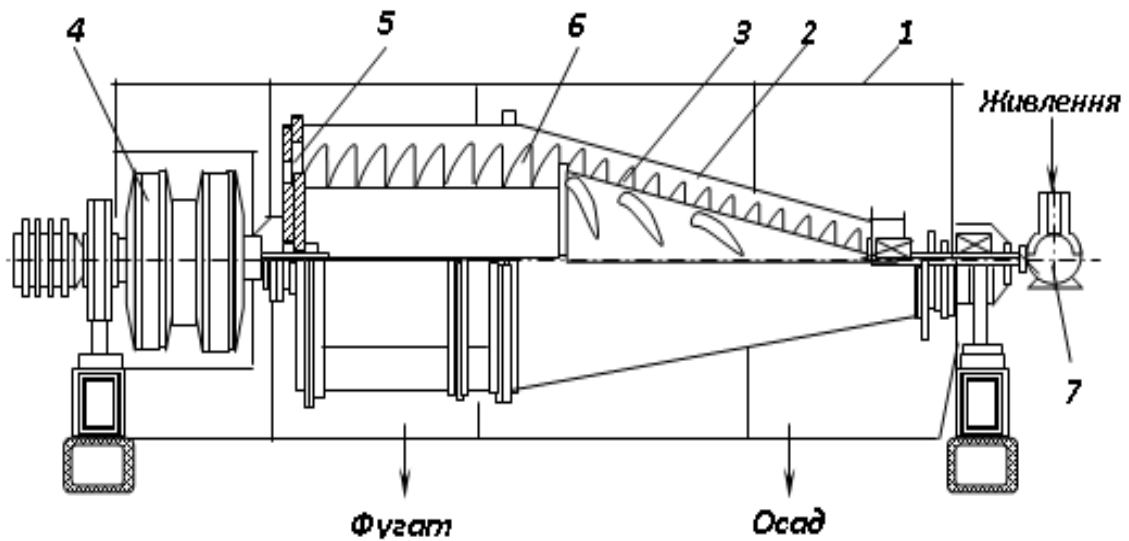


Рис. – Осаджувальна шнекова центрифуга типу ОГШ.
 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – шнек; 4 – планетарний редуктор; 5 – зливні вікна; 6 – спіраль; 7 – завантажувальний пристрій.

Ще складнішими конструктивно є осаджувально-фільтрувальної центрифуги з двома приводами (1.3).

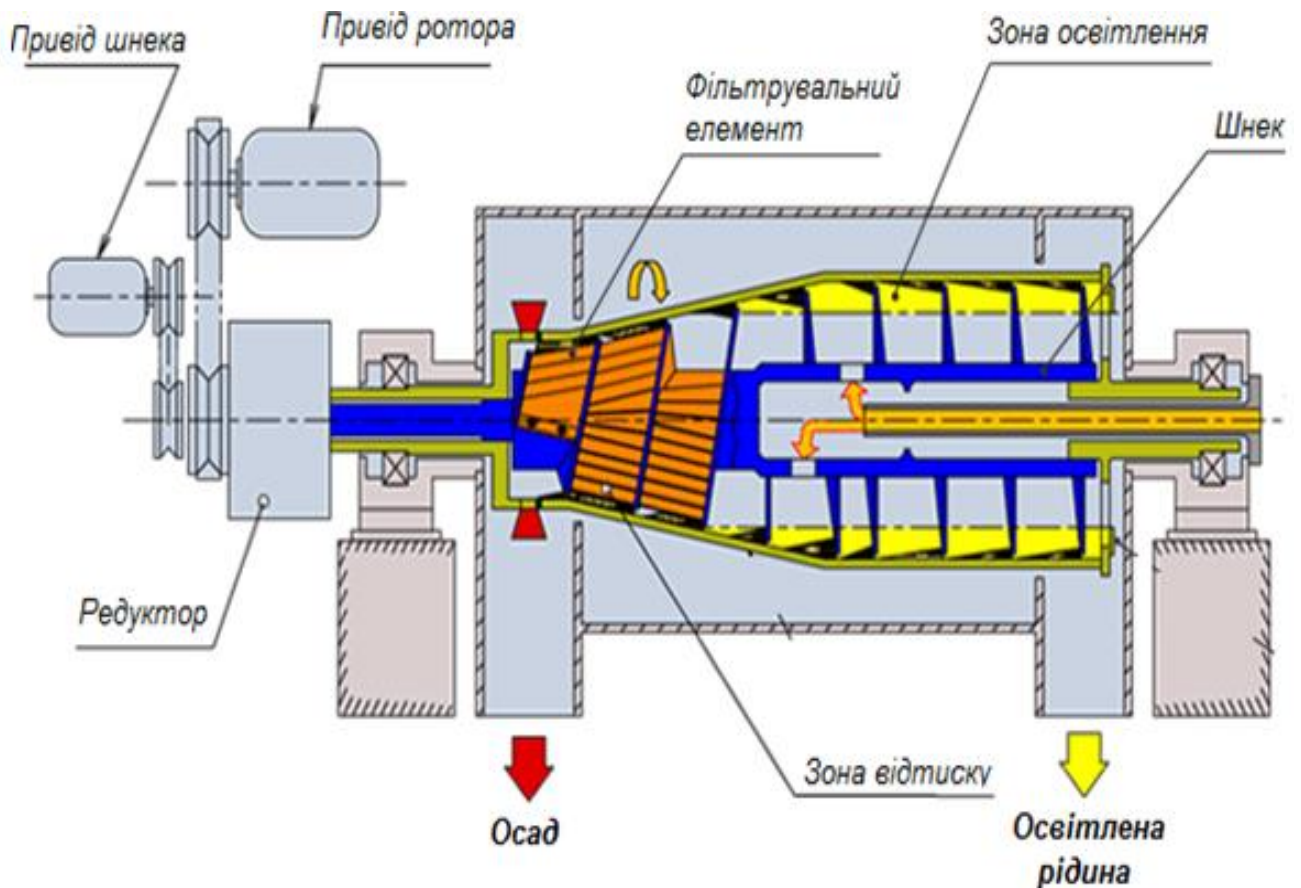


Рисунок 1.3. Схема осаджувально-фільтрувальної центрифуга з двома приводами

В цих апаратах основний привід використовується для приводу ротора, а додатковий привід служить для приведення в рух шнека, який обертається навколо власної осі з відносно невеликим числом обертів у порівнянні з ротором. Різниця швидкості обертання ротору і шнека визначає час перебування осаду в центрифугі, а отже визначає кінцеву вологість осаду.

1.2. Огляд конструкції горизонтальної центрифуги для казеїну

Горизонтальна центрифуга для казеїну, що є об'єктом конструювання у даній дипломній роботі відноситься до центрифуг з двома приводами (привід ротора та привід шнека.)

Конструкція даної центрифуги передбачає співвісне розташування барабану та пустотілого шнеку (рис. 1.2.).

Для вивантаження зневодненого казеїну, що поступає крізь пустотілий вал шнека, швидкість обертання останнього дещо, відмінна від швидкості з якою обертається барабан (як правило на 3%).

Рухомий барабан горизонтальної центрифуги складається з двох ділянок: циліндричної ділянки і конічної ділянки. У циліндричній двлянці барабану відбувається освітлення суспензії в результаті дії відцентрової сили. При цьому частинки казеїну поступово накопичуються на внутрішній стінці обертового барабану.

У результаті наявної різниці в швидкостях обертання барабана та шнека, останній подає згусток в ділянку зону зневоднення, що розміщена в конічній частині барабану, а потім, на вивантаження.

Освітлена рідина відводиться із обертового барабану самопливом або доцентровим диском. При використанні доцентрового диску освітлена рідина виводиться з центрифуги під тиском.

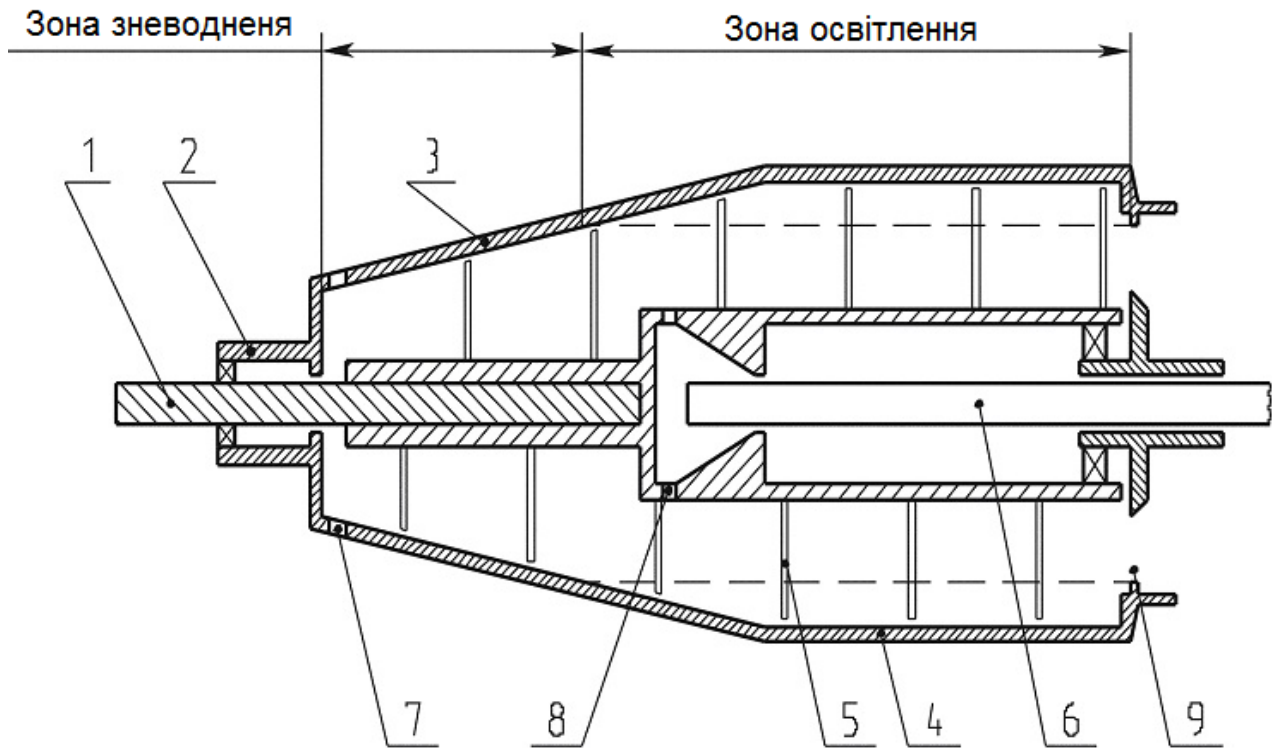


Рисунок 1.3. Схема центрифуги для казеїну

1-привід шнека; 2-привід рухомого барабану; 3-конічна частина барабана;
 4-циліндрична частина; 5-шнек з пустотілим валом; 6-канал для подачі суспензії; 7-канал для відведення зневодненого казеїну; 8 – канал для подача суспензії в обертовий барабан; 9 - відведення освітленої рідини.

1.3. Огляд літератури

При зневодненні казеїну в центрифугі велике значення мають його компресійно-фільтраційні властивості. В роботі [1] проведено дослідження компресійних та фільтраційних властивостей технічного казеїну. Зокрема отримано встановлено залежність питомого опору фільтруванню казеїну від величини тиску (рис. 1.4.). Автори стверджують, ефективність процесу відтиску казеїну стрімко знижуються при значеннях тиску, що перевищує 20 кПа.

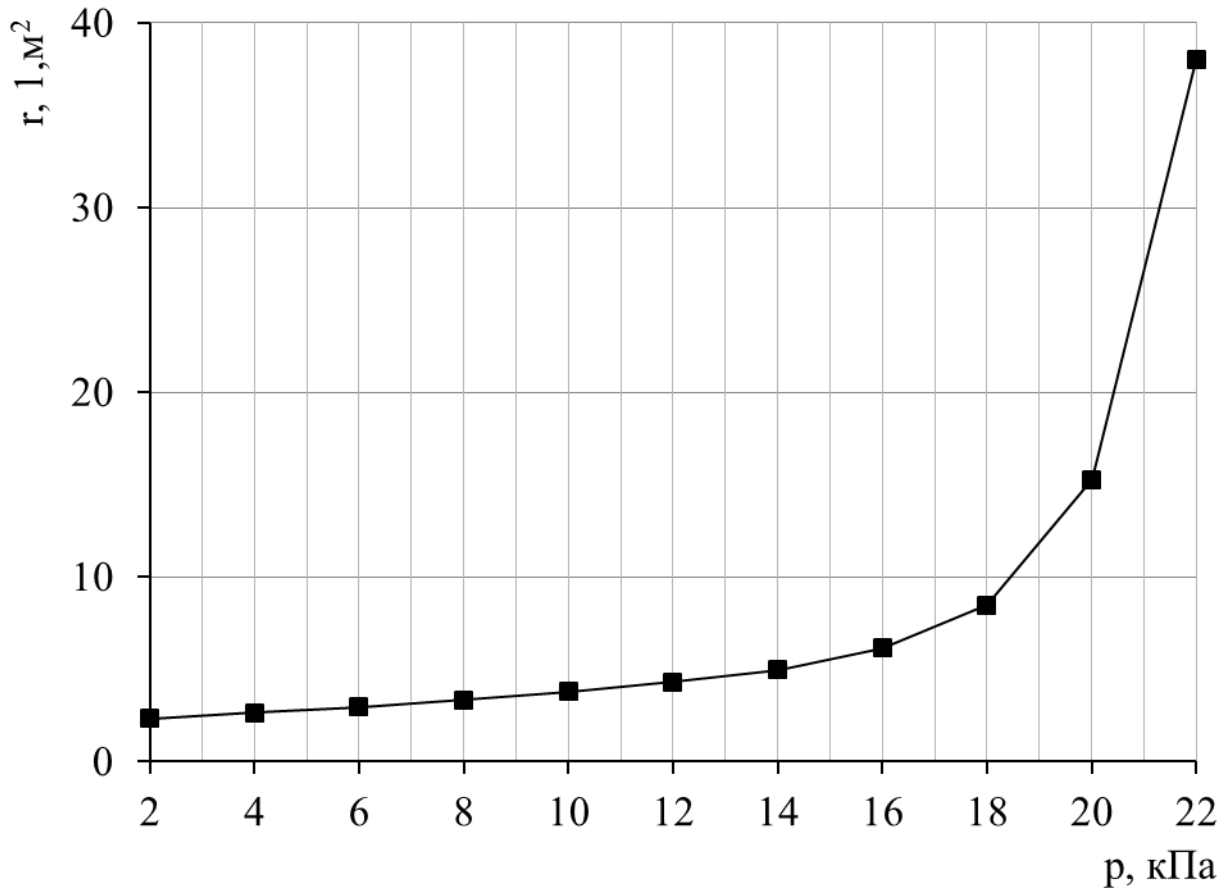


Рисунок 1.4. Залежність питомого опору фільтруванню казеїну від тиску

Тому при тиску понад 20 кПа і більше проводи зневоднення казеїну не доцільно. На думку авторів це пов'язано із надмірним ущільненням шару казеїну та так званим «запресовуванням пор» казеїну, коли волога все ще залишаючись у товщі матеріалу не може бути звідти видалена навіть при високих значеннях тиску відтиску, оскільки відсутні необхідні для цього капіляри. Таким чином при великих значеннях тиску (> 20 кПа) останній негативно впливає на зневоднення казеїну.

В роботі [2] авторами досліджено гранулометричний склад казеїну перед його потраплянням в центрифугу та після неї.

Отримані дані свідчать, що максимальна масова частка перед центрифугуванням відповідає фракції з середнім розміром 4,0 мм (рис. 1.6). Частка цієї фракції становить 21,7% від всього казеїну

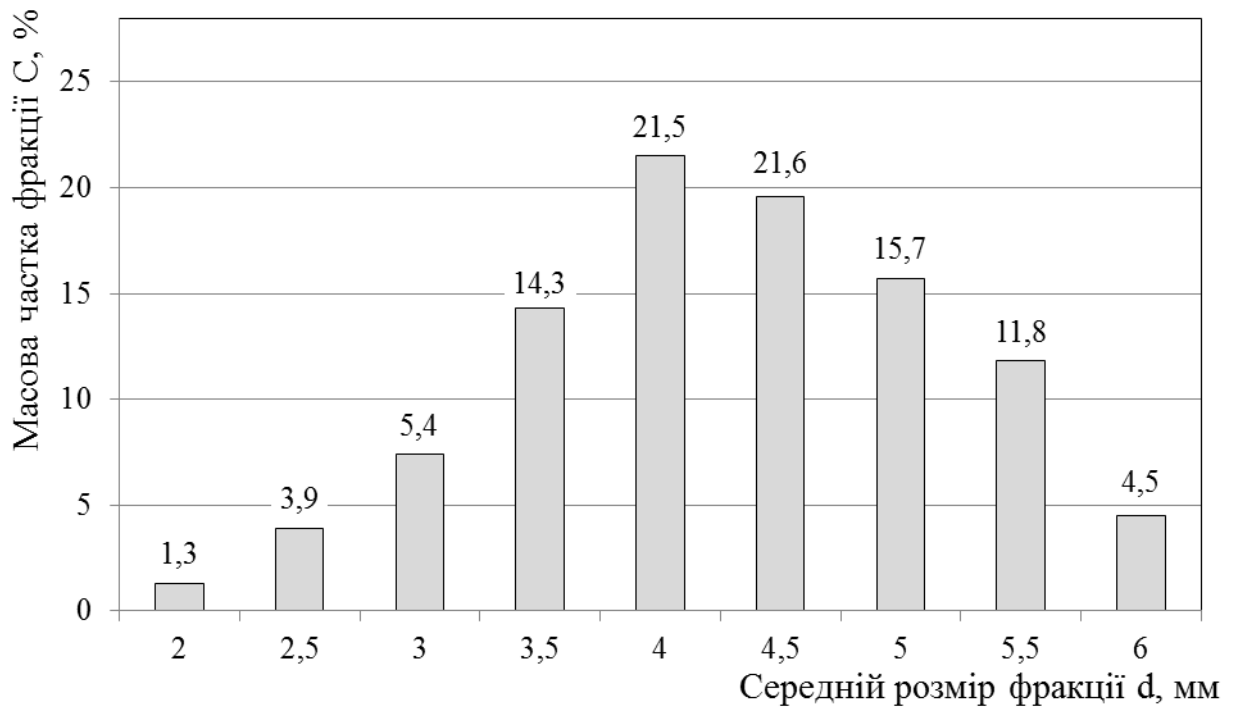


Рисунок 1.6. Відносна масова частка фракцій казеїну до центрифугування

Після центрифугування максимальна масова частка все ще відповідає фракції з середнім розміром 4,0 мм (рис. 1.7.), проте частка цієї фракції дещо змінилася і становить 23%.

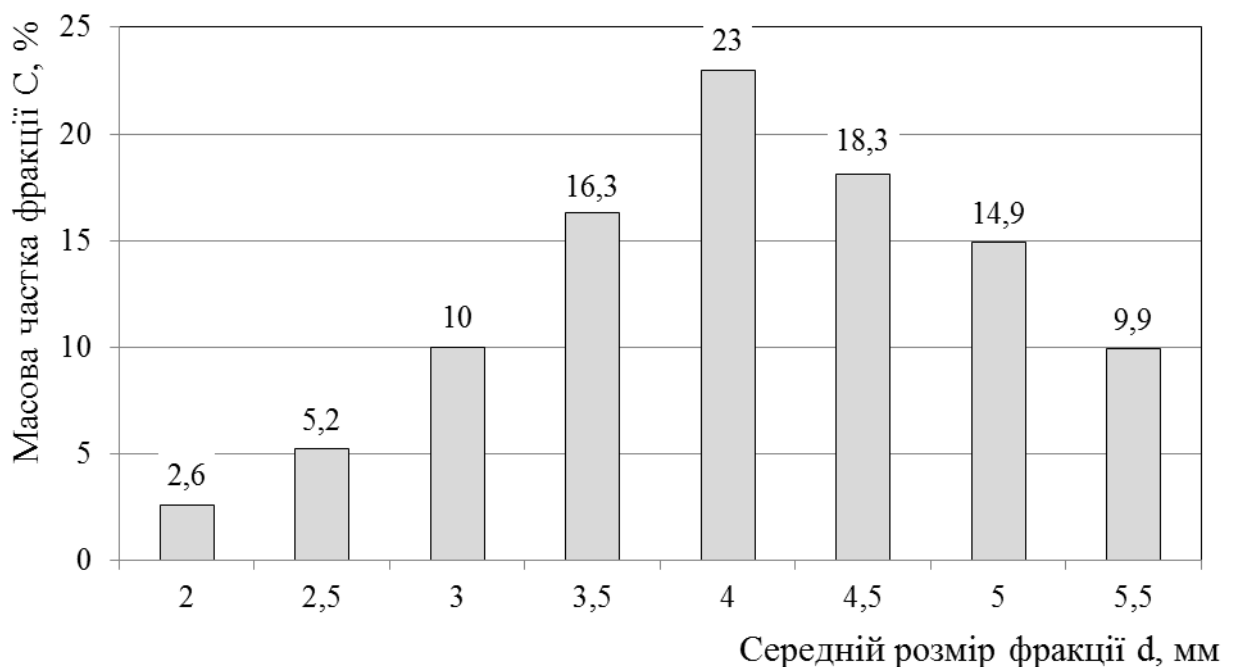


Рисунок. 1.7. Відносна масова частка фракцій казеїну після центрифугування

В роботі [3] досліджено, як змінюється вологість казеїну в в деканторі в залежності від числа обертів барабану. Автори встановили, що на вході у декантер вологість казеїну становить 42%. Зміну вологості в процесі зневоднення автори представили у вигляді графіка (рис. 1.8.)

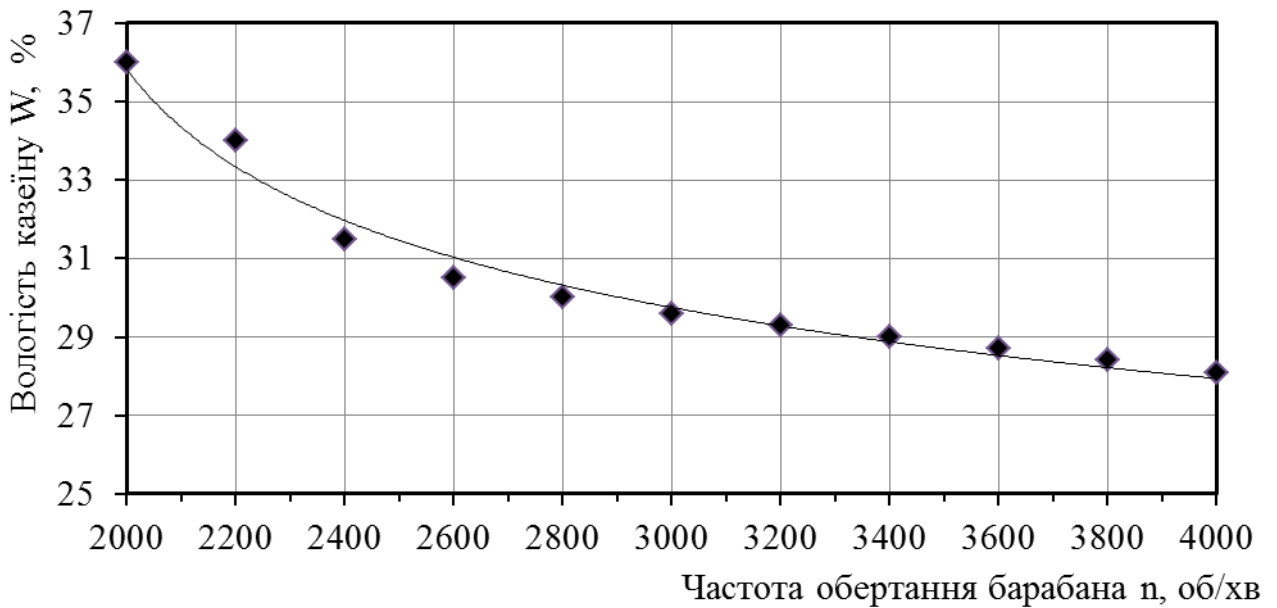


Рисунок. 1.8. Залежність вологості казеїну від числа обертів барабану декантера

Використовуючи отримані дані авторами були розраховані енергетичні витрати на процес сушіння, що відповідають кожному значенню вологості казеїну (рис. 1.9)



Рисунок. 1.9. Залежність енергетичних затрат на сушіння казеїну в залежності від вологості казеїну, що йде на сушіння

Ці дані дозволили авторам зробити висновок, що підвищення частоти обертання барабана центрифуги має економічний ефект лише до величини 4000 об/хв.

1.4. Мета та основні задачі дипломної роботи

Мета роботи: розрахунок та конструювання горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну продуктивністю 10 м³/год

Для виконання поставленої мети були поставлені наступні задачі роботи:

- провести технологічний розрахунок центрифуги (визначення розміру мінімальної частинки казеїну, яку можна відділити на центрифугі; визначення теоретичної продуктивності центрифуги для казеїну; розрахунок потужності нагнітального шнека; розрахунок продуктивності шнека)
- виконати кінематичний аналіз центрифуги та розрахунок приводів;
- виконати структурний аналіз центрифуги;
- провести конструктивний і міцнісний розрахунок центрифуги.

2. Технологічна частина

2.1. Вихідні дані для технологічного розрахунку центрифуги для зневоднення казеїну

Основні технічні характеристики центрифуги, що використовуються в технологічному розрахунку представлені у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики центрифуги для казеїну

Параметр	Розмірність	Величина
Макс.частота обертів ротора	об/хв	4200
Внутрішній діаметр барабану	м	1,1
Максимальна густина осаду	г/см ³	1,4
Максимальна температура експлуатації,	° С	100
Довжина барабану	м	1,9
Швидкість обертання барабана	об/хв	4000
Швидкість обертання балансу шнека(диференційована швидкість)	об/хв	1,5-30
Потужність приводу барабану	Вт	15000
Потужність приводу шнека	Вт	10000
Маса центрифуги	кг	3000
Ширина	м	1,3
Довжина	м	3,5
Висота	м	1,3

При розділенні в горизонтальній центрифугі суспензія під дією відцентрової сили розділяється на осад і рідку фазу. Остання називається фугатом.

У центрифугі для зневоднення казеїну співвісно розташовані барабан та шнек із пустотілим валом (рис. 2.1.).

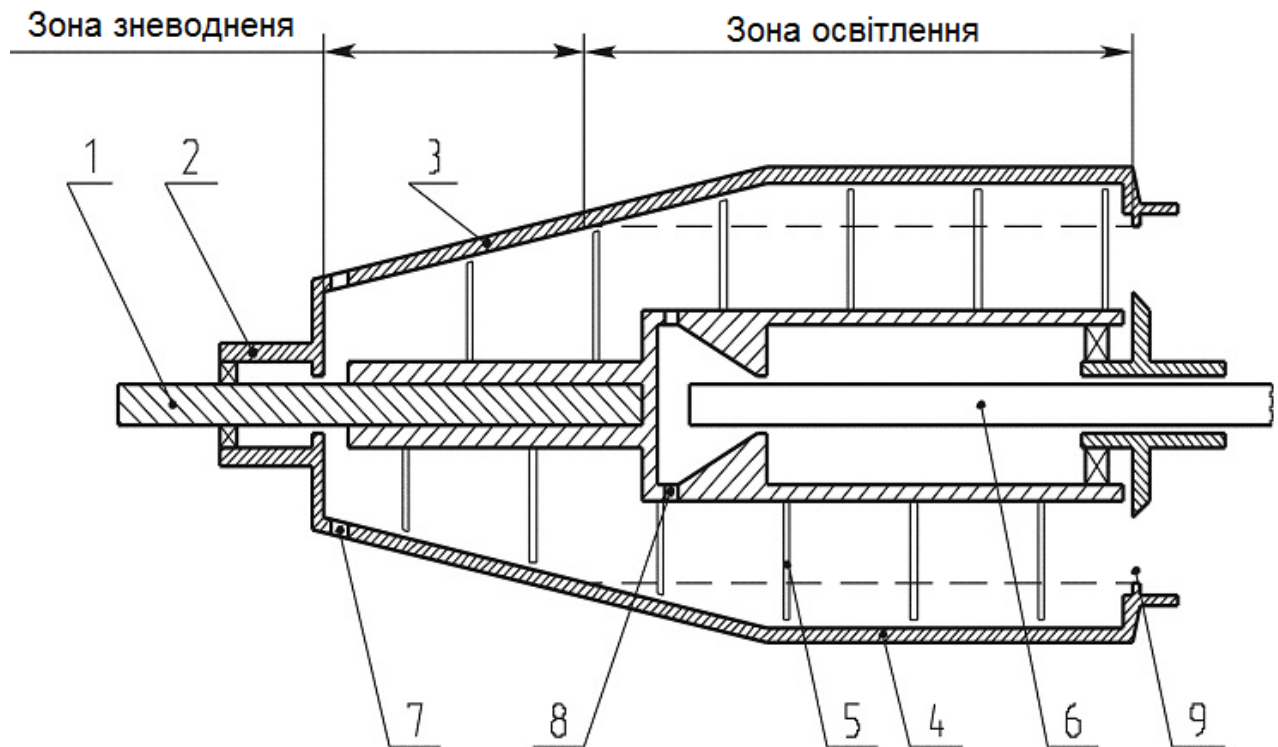


Рисунок 2.2. Схема центрифуги для казеїну

1-привід шнека; 2-привід рухомого барабану; 3-конічна частина барабану;
4-циліндрична частина; 5-шнек з пустотілим валом; 6-канал для подачі суспензії; 7-канал для відведення зневодненого казеїну; 8 – канал для подачі суспензії в обертювий барабан; 9 - відведення освітленої рідини.

Для вивантаження зневодненого казеїну, що поступає крізь пустотілий вал шнека, швидкість обертання останнього дещо, відмінна від швидкості з якою обертається барабан (як правило на 3%). Рухомий барабан горизонтальної центрифуги складається з двох ділянок: циліндричної ділянки і конічної ділянки. У циліндричній ділянці барабану відбувається освітлення суспензії в

результаті дії відцентрової сили. При цьому частинки казеїну поступово накопичуються на внутрішній стінці обертового барабану.

У результаті наявної різниці в швидкостях обертання барабана та шнека, останній подає згусток в ділянку зону зневоднення, що розміщена в конічній частині барабану, а потім, на вивантаження.

Освітлена рідина відводиться із обертового барабану самопливом або доцентровим диском. При використанні доцентрового диску освітлина рідина виводиться з центрифуги під тиском.

Ефективність роботи центрифуги для казеїну визначається такими параметрами як частота обертання барабану та шнека, діаметром обертового барабану та співвідношенням між довжиною циліндричної і конічної ділянок.

2.2. Визначення розміру мінімальної частинки казеїну, яку можна відділити на центрифугі

Визначаємо густину суспензії із виразу:

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

де \bar{x} - махова частка казеїну;

ρ_c – густина суспензії, кг/м³;

ρ_k – густина казеїну, $\rho_k = 1100$ кг/м³;

ρ_p – густина рідини (молочна сироватка), $\rho_p = 1022$ кг/м³;

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

Після підстановки відомих значень густин отримаємо:

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

Отже, густина суспензії казеїн-сироватка, що підлягає частковому розділенню в центрифугі становить 1037 кг/м³.

Динамічний коефіцієнт визначимо із формули:

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

де x – об'ємна частка казеїну.

M_b – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па·с.

Визначаємо об'ємну частку казеїну:

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

Отримаємо:

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

Динамічний коефіцієнт в'язкості рідини прийmemo:

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

Тоді динамічний коефіцієнт суспензії становитиме:

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

Далі за законом Стокса визначимо мінімальний розмір частинок казеїну, які можна відділити в центрифuzі:

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

Після підстановки у дане рівняння визначних вище характеристик суспензії отримаємо:

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

Таким чином мінімальний розмір частинки казеїну, яку можна відділити в центрифuzі становить 0,5 мм.

2.3. Визначення теоретичної продуктивності центрифуги для казеїну

Теоретична продуктивність центрифуги по казеїну визначається за наступною формулою:

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

де:

W_{Π} – вологість казеїну (суспензії) до процесу центрифугування, %

W_K – вологість зневодненого казеїну, %

G – продуктивність центрифуги по суспензії, кг/год.

Продуктивність по суспензії:

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

де V – загальний об'єм камер центрифуги, м^3 ;

k – коефіцієнт, що характеризує ступінь заповнення камер центрифуги суспензією, $k = 0,5$;

τ – тривалість перебування суспензії в центрифугі, хв, $\tau = 20$ хв.;

ρ – густина суспензії, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho = 890$ $\text{кг}/\text{м}^3$.

В свою чергу загальний об'єм камер центрифуги можна визначити за формулою:

$$V = \frac{\Pi_{\text{гор}} \cdot \tau}{\rho k},$$

де $\Pi_{\text{гор}}$ – продуктивність горизонтальної центрифуги по залишку, $\Pi_{\text{гор}} = 30$ кг/год.

Після підстановки отримаємо:

$$V = \frac{1500 \cdot 0,3}{890 \cdot 0,5} = 0,0199, \text{ м}^3$$

Підставимо отримані дані у вираз для визначення продуктивності та отримаємо:

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

Тепер у нас є всі необхідні дані для визначення теоретичної продуктивності центрифуги:

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

Отже встановили, що продуктивність центрифуги по казеїну становить 1500 кг/год.

2.4. Розрахунок потужності нагнітального шнека центрифуги для казеїну

При роботі шнека тиск в камерах центрифуги змінюється за синусоїдальною залежністю.

Тиск, що діє на навивку шнека перед кожною навивкою менший, а за нею більший від значення середнього тиску.

При розрахунку припустимо, що нагнітальний шнек має плоску гвинтову поверхню. Середній кут підйому навивки становить $\alpha_{\text{ср}}$.

До основних параметрів шнека також відносяться крок t , діаметри шнека D та вала d , та товщина гвинтової навивки δ . Схематичне представлення шнека зображене на рисунку 2.3.

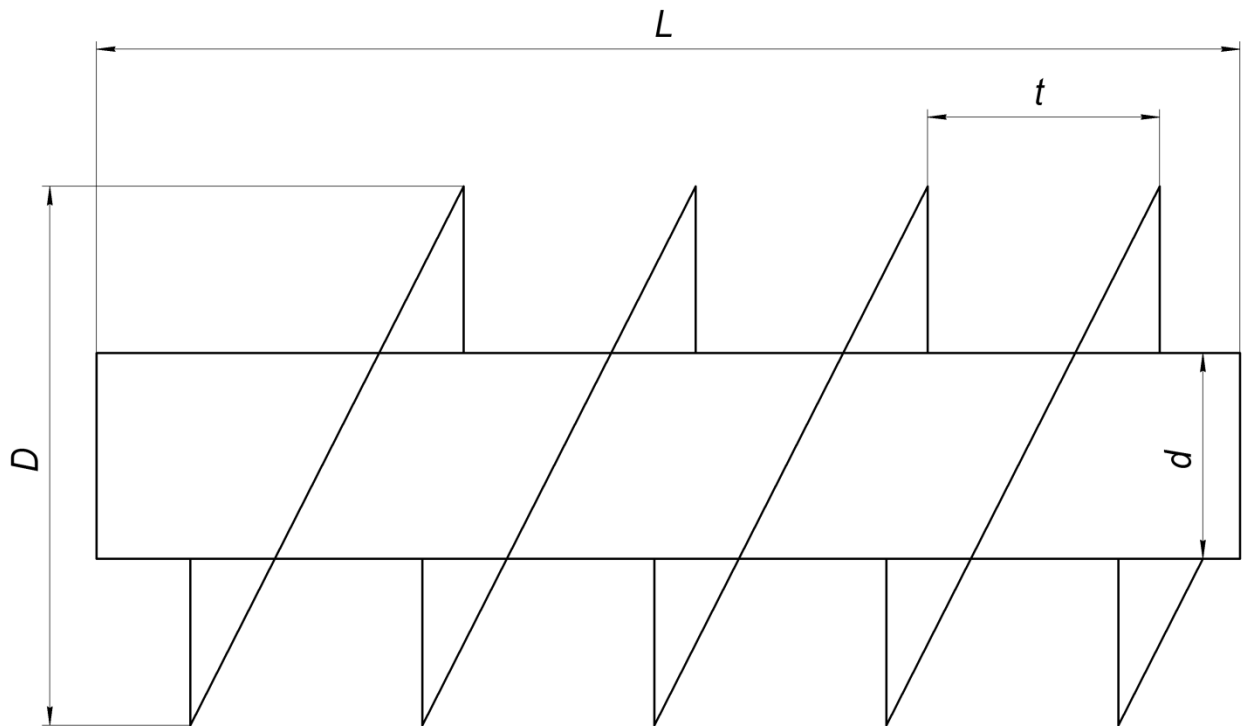


Рисунок 2.3. Схема шнека

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

де f – коефіцієнт тертя казеїну.

Продуктивність шнека можна визначимо за формулою:

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

де t – крок гвинтової навивки шнека, м;

d – діаметр валу шнека, м;

D – діаметр навивки шнека, м;

δ – товщина навивки шнека, м;

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

ρ – густина суспензії, кг/м³;

Ψ – коефіцієнт подачі суспензії, $\Psi=0,2 - 0,3$.

Густину суспензії визначимо виходячи із пропорції її складу:

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

Потужність, яка потрібна для приведення в рух шнека, визначимо із виразу:

$$N = M_{кр} \cdot \omega$$

де $M_{кр}$ – крутний момент, Н·м.

Крутний момент:

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

де m – кількість кроків шнека.

2.5. Розрахунок продуктивності шнека центрифуги для казеїну

Продуктивність шнека, це маса суспензії, що він переміщує за одиницю часу до дільяеки розділення.

Продуктивність шнека можна визначити за формулою:

$$G = 3600\pi \rho m A n (R_2^2 - R_1^2) (t - (b_1 - b_2)) / (2 \cos \alpha) k_3 k_n k_p$$

де A – кількість шнеків, $A = 1$;

n - частота обертання шнека центрифуги, об/с;

$$n = 43 / 60 = 0.717 \text{ об/с}$$

m - кількість заходів шнека центрифуги, становить 1;

R_1 - внутрішній радіус шнека, $R_1 = 0,01$ м;

R_2 - зовнішній радіус шнека центрифуги, $R_2 = 0,036$ м;

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

b_2 – ширина гвинтової лопаті нагнітаючого шнека, $b_2 = 0.007$ м;

ρ – густина суспензії, $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$;

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

k_3 – коефіцієнт, що характеризує ступінь заповнення порожнини шнека суспензією $k_3=0,9$;

k_3 – коефіцієнт, що характеризує ступінь зниження подачі суспензії у наслідок зміни її реологічних властивостей в процесі обробки, $k_3 = 0,93$;

k_{π} – коефіцієнт розділення, $k_{\pi} = 0,56$;

α – кут підйому навивки шнека.

Кут підйому навивки шнека можна визначити із виразу:

$$\operatorname{tg} \alpha = t / \pi D_c$$

де D_c — середнє значення діаметра шнека, м.

Отримаємо значення тангенса шуканого кута:

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.038 / 3.14 \cdot 0.02 = 0,6.$$

Це значення відповідає куту $\alpha = 31^\circ$.

Тепер отримані дані підставимо у вираз для визначення продуктивності шнека:

$$\begin{aligned} G_{\phi} &= 3600 \cdot 3.14 \cdot 1050 \cdot 0.717 \cdot (0.036^2 - 0.01^2) \cdot (0.038 - (0.007 + 0.007) / 2 \cos 12) \cdot 0.9 \cdot 0.56 \cdot 0.93 = \\ &= 240 \text{ кг/год} \end{aligned}$$

Тепер визначимо потужність, яка необхідна для приводу шнека. Вона затрачається на нагнітання суспензії, створення необхідної відцентрової сили для осадження та на прошовування суспензії крізь отвори. Визначити цю потужність можна із виразу:

$$N = 215 P n \operatorname{tg} \alpha (R_2^3 - R_1^3)$$

де P – тиск суспензії, $P = 0.15 \cdot 10^3$ Па.

Тоді:

$$N = 215 \cdot 0.15 \cdot 10^3 \cdot 0.717 \cdot \operatorname{tg} 12 (0.036^3 - 0.01^3) = 950 \text{ Вт}$$

2.6. Визначення продуктивності центрифуги для казеїну

Продуктивність центрифуги визначимо із виразу для шнекових центрифуг:

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

де r_{cp} – середній радіус каналу по якому рухається суспензія в роторі, м;

l_0 – довжина зони осадження, м;

ω_p – кутова швидкість ротора.

Кутова швидкість ротора становить:

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

середній радіус каналу по якому рухається суспензія в роторі визначимо із виразу:

$$r_{cp} = r_p - 0,5h,$$

де h – глибина потоку в роторі, м;

r_p – максимальний радіус ротора, $r_p = 1,1$ м

Отримаємо:

$$r_{cp} = 1,1 - 0,5 \cdot 0,4 = 0,9 \text{ м}$$

2.7. Місце центрифуги для казеїну в технологічній лінії виробництва казеїну

При виробництві казеїну знежирене молоко надходить з ємності 1 (рис. 2.4.) в пластинчастий теплообмінник 2, де нагрівається до необхідної температури.

Процес формування казеїнових зерен розпочинається із змішування знежиреного молока з коагулянтном. Після цього отримані казеїнові зерна

подаються в центрифугу №1, де проходить часткове відділення сироватки від зерна казеїну.

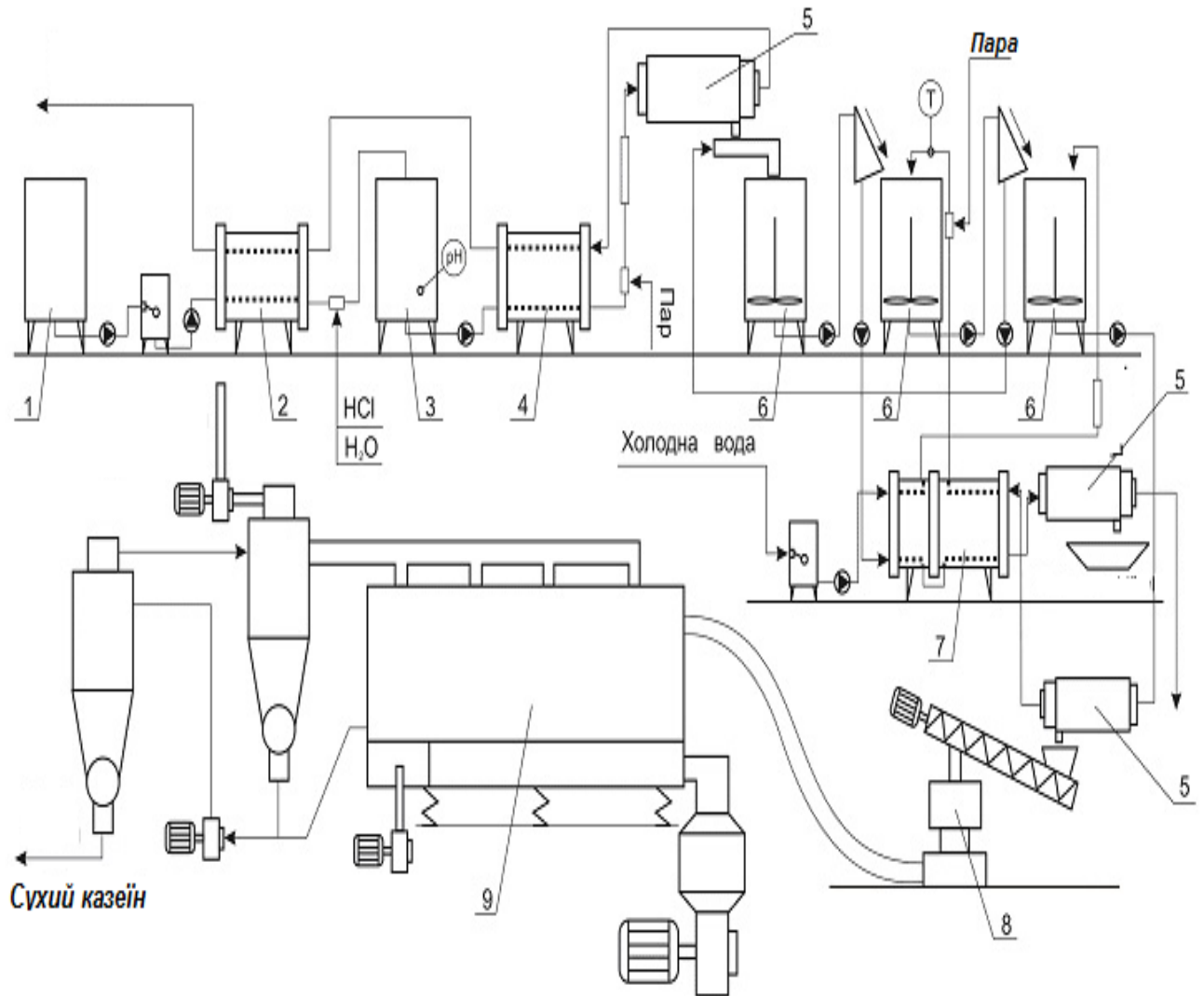


Рисунок 1.6. Схема технологічної лінії виробництва казеїну безперервним способом з використанням горизонтальної центрифуги.

1. Ємність. 2. Пластинчастий теплообмінник. 3. Ємність для змішування. 4. Пластинчастий теплообмінник для нагрівання знежиреного молока та коагулянту. 5. Центрифуга. 6. Промивні ємності. 7. Пластинчастий теплообмінник для пастеризації та підігріву промивної води.
8. Гранулятор. 9. Сушарка у псевдозрідженому стані.

Після центрифуги казеїн спрямовується на промивку.

Після потрібного промивання казеїнові зерна потрапляють в центрифугу №2, а після цього йдуть у зерноформувочний апарат.

Далі зерна розміром 2,0-5,0 мм спрямовуються в сушарку. Процес сушіння проводиться при температурі псевдозрідженого шару 45-56°C. в якості сушильного агенту використовуються повітря, що було попередньо нагріте до температури 105-130°C.

Після сушіння казеїнові зерна, що мають задовільні розміри спрямовуються в млин-дробарку, де вони подрібнюються до розмірів у 2-3 мм. Після цього подрібнений казеїн за допомогою пневмотранспорту подається у бункер для фасування.

3. Конструкторська частина

3.1. Кінематичний аналіз центрифуги

Барабан 8 горизонтальної центрифуги приводиться в рух від електродвигуна 1 через клинопасову передачі 3-4. Потужність електродвигуна 15 кВт. Частота обертів барабану 4000 обертів за хвилину.

Шнек 8 приводиться в рух від електродвигуна 2, потужністю 10 кВт через клинопасову передачу 5-6.

Вал шнека 8 встановлений на опорах 9.

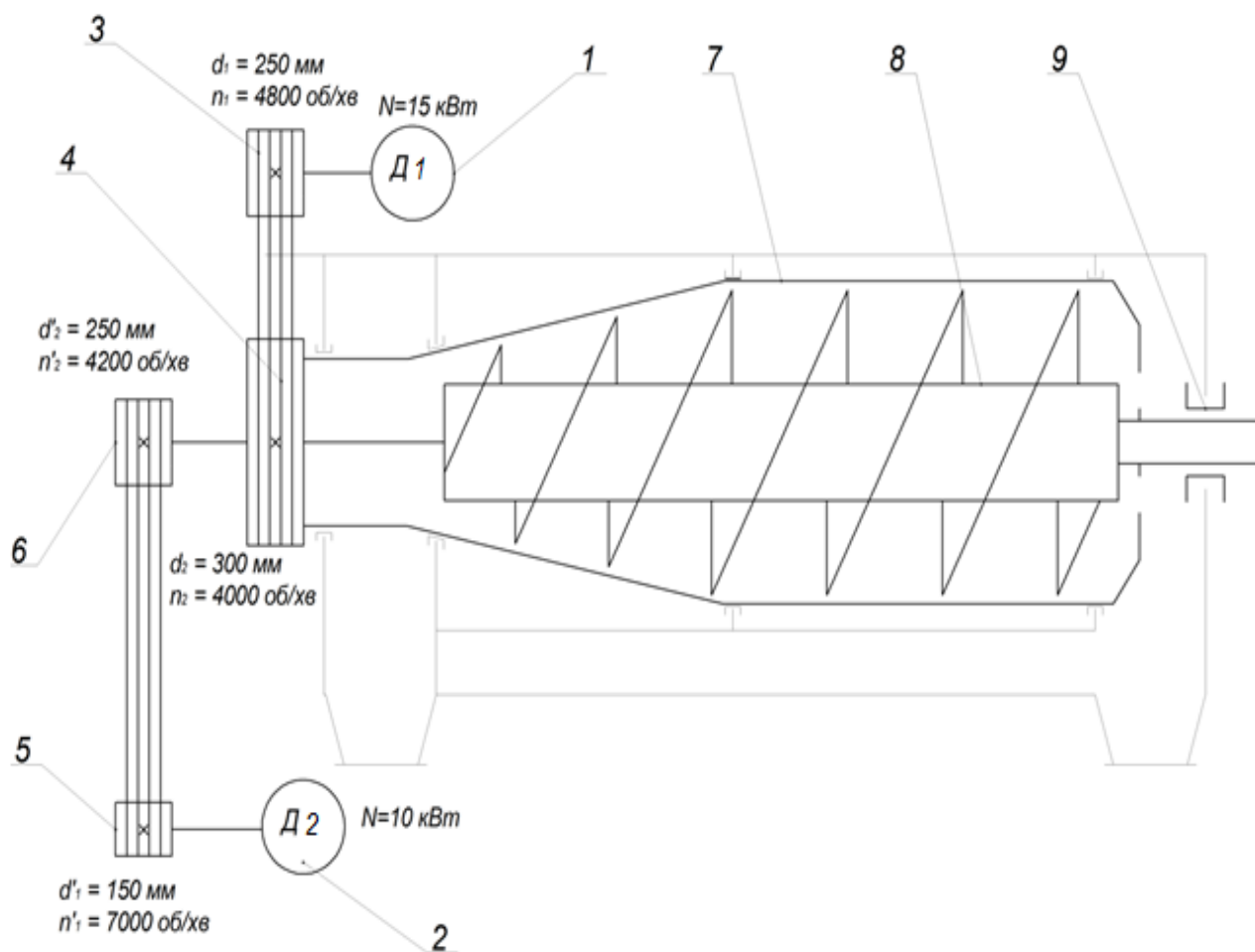


Рисунок 3.1. Кінематична схема центрифуги

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

3.2. Кінематичний розрахунок приводів

3.2.1. Привід барабану

Частота обертання двигуна Д1:

$$n_1 = 4800 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання барабану:

$$n_2 = 4000 \text{ об/хв.}$$

При значенні потужності 15 кВт та частоті обертання 4000 об/хв обираємо пас із січенням Б.

Передаточне відношення клинопасової передачі, що з'єднує двигун із барабаном центрифуги становить:

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

Так як максимально можлива кількість пасів 3, то необхідно, щоб потужність, яка передається одним пасом становила:

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

Із довідника знаходимо, що передаточному відношенню 1,2 і потужності $N_0 = 5$ кВт $d_1 = 250$ мм.

Діаметр більшого шківів при значенні відносного коефіцієнта ковзання $\xi = 0,02$:

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

Приймаємо $d_2 = 355$ мм. Тоді дійсне передаточне число становитиме:

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

Частота обертання барабану:

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

Таким чином відхилення становить:

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

що цком ілзадовольняє умову.

Виконаємо перевірку міжосевої віддалі.

Віддаль між шківками повинна задовольняти умову:

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

Підставимо конкретні значення:

$$a_{\min} = 0,55(250 + 300) + 10,5 = 313 \text{ мм.}$$

Можемо прийняти $a = 500$ мм.

Тоді розрахункова довжина пасу передачі:

$$\begin{aligned} L_p &= \frac{2a + \pi(d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = \\ &= \frac{2 \cdot 500 + 3,14(300 + 250)}{2} + \frac{(300 - 250)^2}{4 \cdot 500} = 1365 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Враховуючи отримані дані відповідно до ГОСТ1284.1-80 приймемо дійсну довжину пасу передачі 1800 мм.

Тепер визначимо дійсну між осеву віддаль:

$$\begin{aligned} a &= \frac{2L - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2L - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8} = \\ &= \frac{2 \cdot 1800 - 3,14(300 + 250) + \sqrt{[2 \cdot 1800 - 3,14(300 + 250)]^2 - 8(300 - 250)^2}}{8} \\ &= 272 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Визначимо кут обхвату ведучого шківки пасом:

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

Із таблиці $C_\alpha = 0,87$.

Потужність, що передається одним пасом:

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

де C_L – коефіцієнт, що враховує довжину пасу, $C_L = 0,98$.

C_α – коефіцієнт, що враховує нерівномірності розподілення навантаження, $C_\alpha = 0,95$;

C_p – коефіцієнт, що враховує режим роботи передачі, $C_p = 1,00$.

Визначимо необхідне число пасів:

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

Визначимо швидкість руху пасу :

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

Частота обертання :

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

таке значення задовільняє умову $v = 10 \div 15 \text{ с}^{-1}$.

Визначимо зусилля , що передається передачею:

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

Визначимо силу, що діє на вал :

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

3.2.2. Привід шнека

Частота обертання двигуна Д2:

$$n_1 = 7000 \text{ об/хв.}$$

Частота обертання барабану:

$$n_2 = 4200 \text{ об/хв.}$$

При значенні потужності 10 кВт та частоті обертання 7000 об/хв обираємо пас із січенням Б.

Тоді передаточне число передачі, що з'єднує двигун із шнеком становить:

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

Оскільки відомо, що максимальноможлива кількість пасів 3, то потужність, яка має передаватися одним пасом становила:

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

При передаточному числі $u = 1,67$ і потужності $N_0 = 3,3$ кВт $d_1 = 150$ мм Знаходимо діаметр більшого шківів при відносному коефіцієнті ковзання $\xi = 0,02$:

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

Відповідно до ГОСТ2089580 приймаємо $d_2 = 250$ мм. Тоді дійсне передаточне відношення буде становити:

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

Частота обертання колінвала:

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

Відхилення становить:

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

Умова міжосевої віддалі між шківів:

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

Підставивши отримаємо:

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

Прийmemo $a = 500$ мм.

Визначимо розрахункова довжина пасу:

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

Прийmemo дійсню довжину $L = 1800$ мм.

Дійсна міжосева віддаль:

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

Кут обхвату ведучого шківa:

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

Потужність , що передається одним пасом:

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

Число пасів:

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

Швидкість руху пасу :

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

Частота:

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

це задовільняє умову $v = 10 \div 15 \text{ с}^{-1}$.

Сила , що передається :

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

Зусилля, яке діє на вал :

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

3.3 Структурний аналіз центрифуги

Об'єкт розділення подається в центрифугу через розташовану в центрі вхідний трубопровід 1 (рис. 1.3). Далі суспензія направляється в прийомну камеру шнека 2. Після попереднього прискорення рідина через розподільні отвори спрямовується в барабан. Після цього тверді частинки осідають на внутрішній поверхні барабану 4, а рідина збирається в центрі барабану 5. Рідина виводиться з центрифуги через вихідний трубопровід 3.

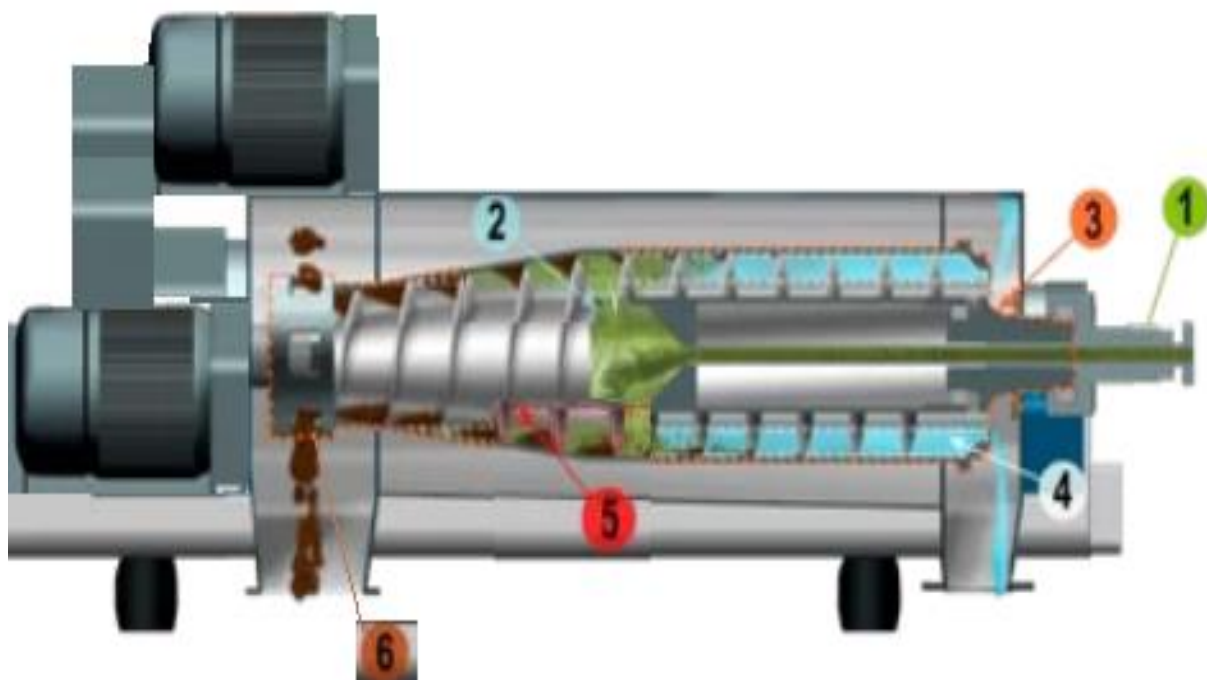


Рисунок 1.3. Конструкція горизонтальної центрифуги для зневоднення казеїну

Барабан центрифуги 3 має циліндрично-конічну форму. Він обертається з числом обертів, що відповідає поставленій задачі. У барабані центрифуги рідина досягає повної швидкості, під дією відцентрової сили вона прилягає у вигляді циліндричного кільця до внутрішньої поверхні барабана центрифуги. В результаті цього тверді речовини рідини осідають на внутрішній поверхні барабану 4.

Шнек центрифуги рухається з невеликим числом обертів у порівнянні з барабаном і подає казеїн у напрямку конічної частини барабану 5. Різниця швидкості обертання барабану і шнека визначає час перебування твердих речовин всередині барабану. Цей параметр серед іншого має вирішальне

значення для вологості казеїну і може змінюватися шляхом зміни різниці числа обертів шнека і барабана відповідно до певних завдань розділення.

Лише за рахунок заміни шнека центрифугу можна пристосувати до інших умов роботи.

При роботі центрифуги тверді речовини з необхідною вологістю відкидаються через вихідні отвори у конічній частини барабана в резервуар для твердих речовин і вивантажуються звідти 6.

В свою чергу очищена рідина надходить до циліндричної задньої частини барабана і далі виводиться через отвори в кришці барабану 7 (рис. 1.4). В даних отворах знаходяться переливні перегородки 8, якими регулюється рівень рідини в барабані.

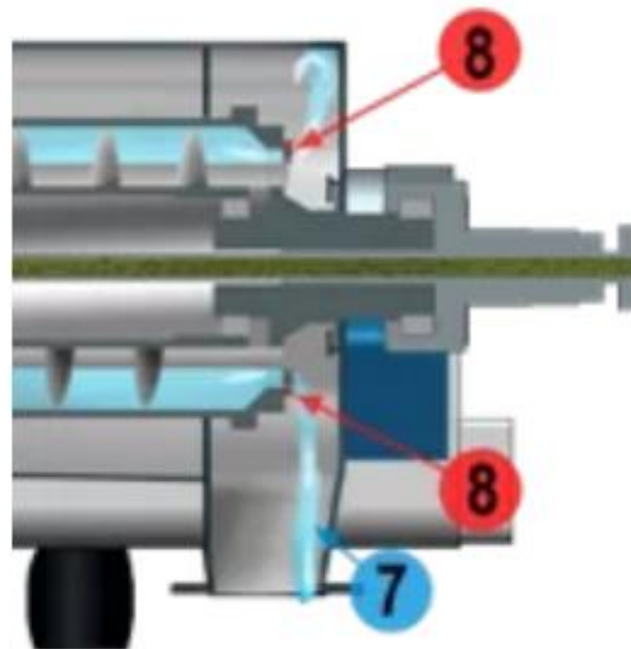


Рисунок 1.4. Відведення освітленої рідини із центрифуги

Також розділена рідина може виводитися за допомогою диска поділу фаз 9 (рис. 1.5). Регульований диск поділу фаз дозволяє плавно змінювати рівень рідини під час розділення і таким чином швидко пристосовуватися до нових параметрів, не виводячи центрифугу із експлуатації.

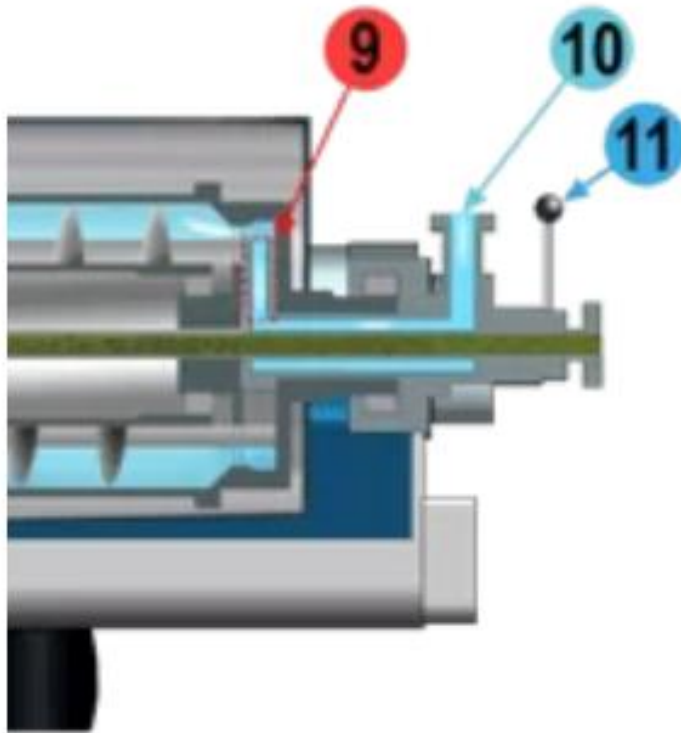


Рисунок 1.5. Робота диску розділення центрифуги

3.4. Аналіз структури вузла завантаження-розвантаження

Вузол завантаження-розвантаження центрифуги для казеїну призначений для подачі в барабан центрифуги суспензії та відведення звідти освітленої рідини (сироватки). При цьому зневоднений казеїн відводиться з центрифуги на протилежному кінці барабану.

Основним елементом вузла завантаження-розвантаження є регульований диск 3 (рис. 4.2.), який за допомогою рукоятки 7 можна налаштувати таким чином, щоб на виході отримати продукт певної вологості (в певних межах). Цей диск дозволяє плавно змінювати рівень рідини під час розділення і таким чином швидко пристосовуватися до нових параметрів, не виводячи центрифугу із експлуатації.

Суспензія направляється в барабан крізь канал 1 що за допомогою фіксатора 9 напрями з'єднаний із патрубком 8.

Відведення освітленої рідини з барабану здійснюється за допомогою

каналу 2 та патрубку 6.

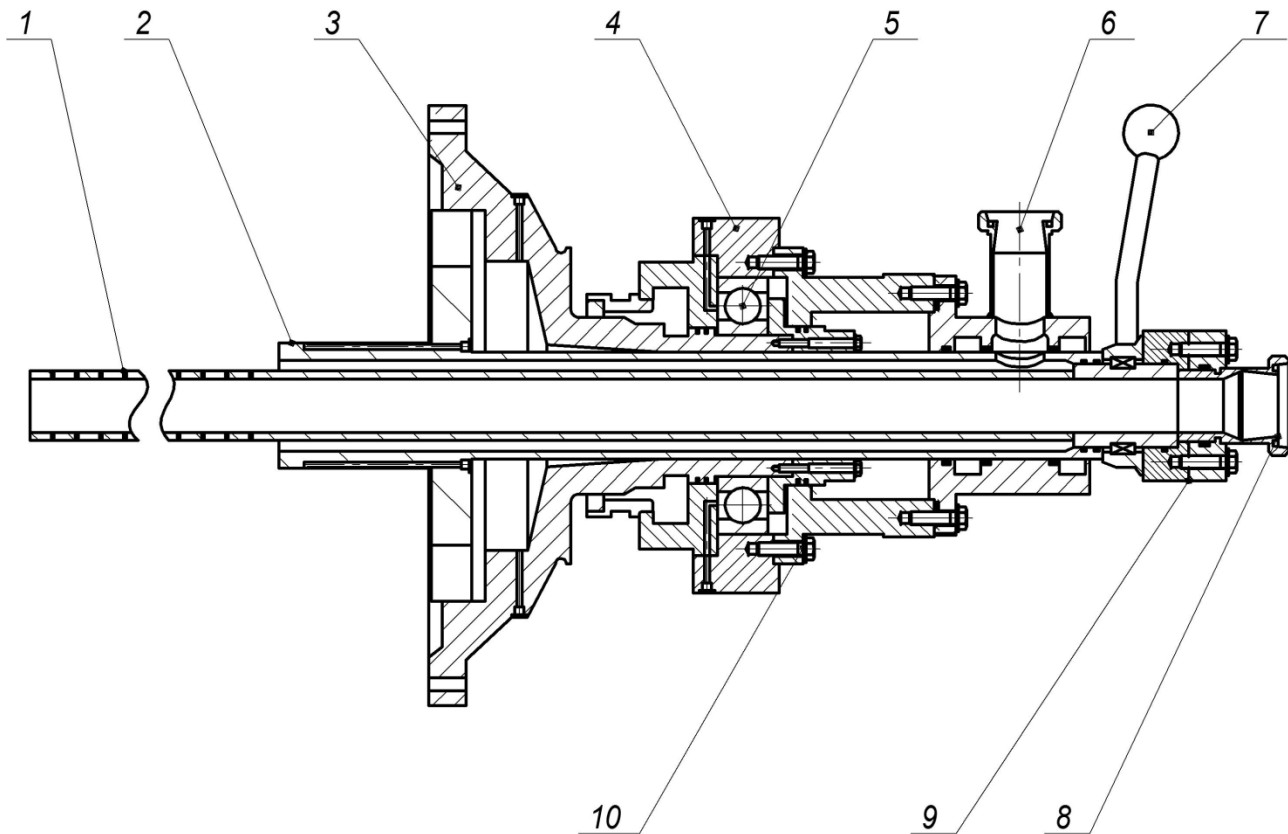


Рисунок 3.2. Вузол завантаження-розвантаження центрифуги

1 – канал подачі суспензії всередину барабану; 2 – канал відведення освітленої рідини з барабану; 3 – регульований диск; 4 – вузол підшипника; 5 – підшипник; 6 – патрубок відведення освітленої рідини; 7 – рукоятка регулювання диску розділення; 8 – патрубок подачі суспензії; 9 – фіксатор; 10 – болти.

3.5. Конструктивний і міцнісний розрахунок

3.5.1. Конструктивний розрахунок ротора центрифуги

Ротор центрифуги для казеїну по суті є збірною конструкцією, що складається з наступних елементів: циліндрична обичайка 2 (рис. 3.3.), конічна обичайка 1, бортове кільце 3.

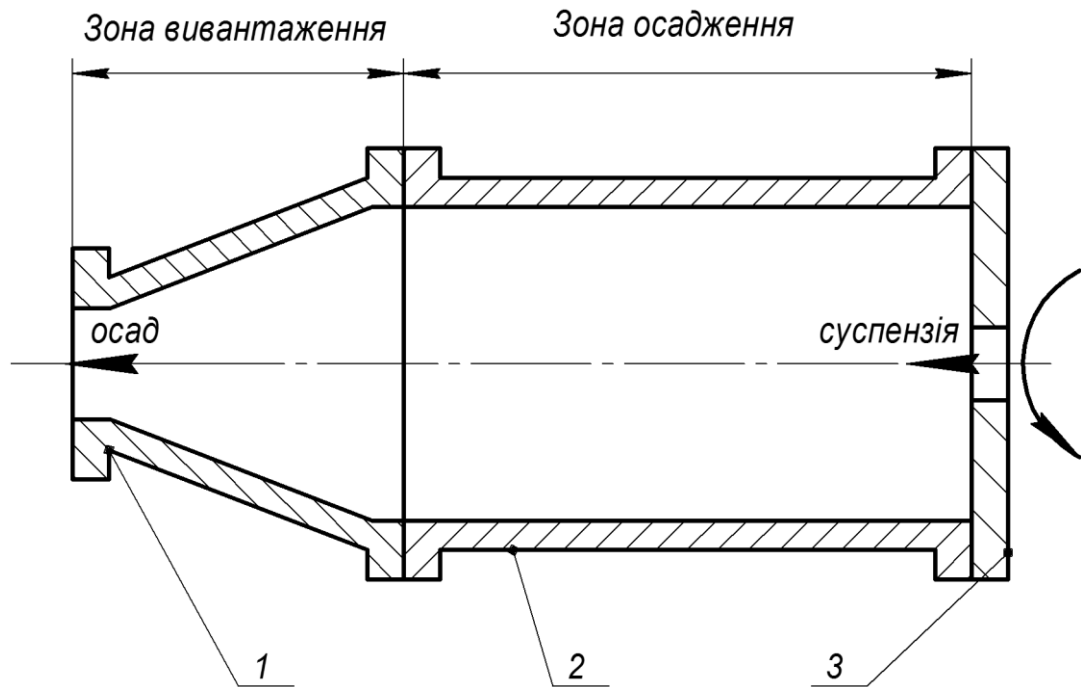


Рисунок 3.3. Схема ротора центрифуги марки ОГШ-352

1 – конічна обечайка; 2 – циліндрична обечайка; 3 – бортове кільце

Ротор горизонтальної центрифуги є найбільш навантаженою її частиною. На ротор одночасно діє радіальне інерційне навантаження його маси та гідродинамічний тиск від обертанням суспензії.

Виконаємо розрахунок конічної та циліндричної обечайок. При цьому обечайки будемо розглядати як тонкостінні та однорідні оболонки.

Як вже було відмічено вище на обечайку (зокрема на її циліндричну частину) діють одночасно дві сили: інерційне навантаження маси обечайки та гідродинамічний тиск рідини, яка знаходиться в роторі (рис. 3.4.)

Схему навантаження циліндричної обечайки представлена на рисунку 2.4.

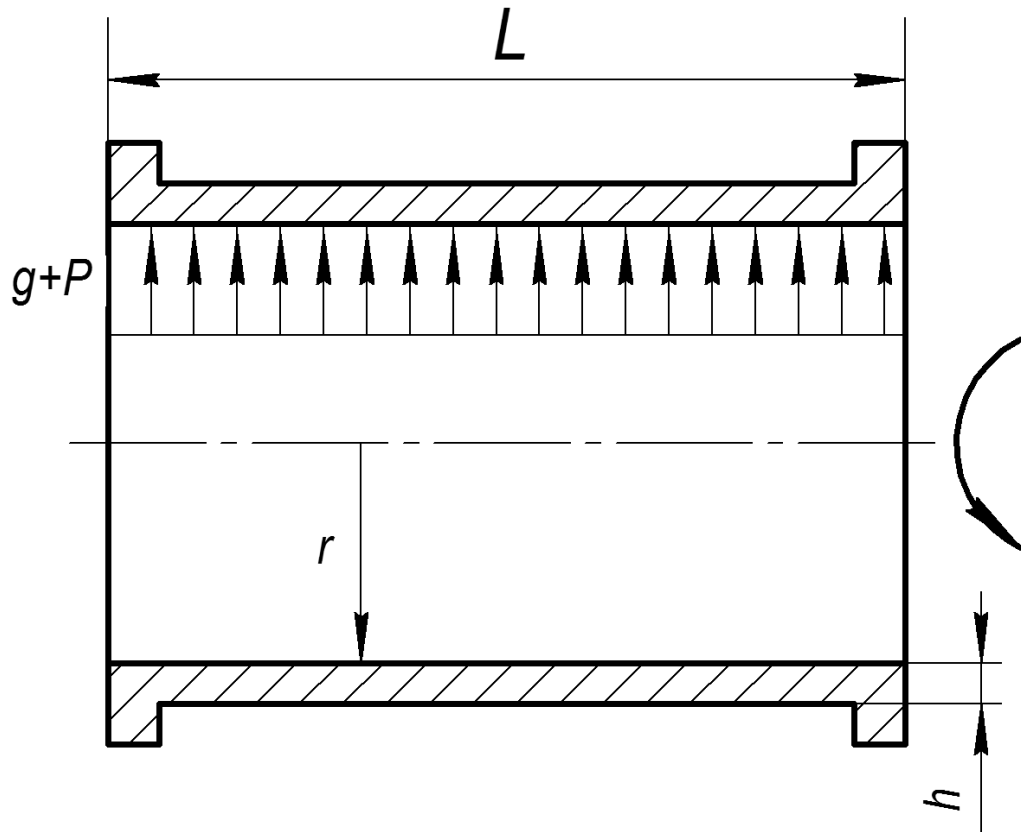


Рисунок 3.4. Схема навантажень циліндричної обечайки ротора.

Частота обертання ротора центрифуги:

$$n=1800 \text{ об/хв.}$$

Ступінь заповнення ротора центрифуги:

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

Кругова швидкість ротора:

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

Відношення густини суспензії та густини матеріалу, з якого виконано обечайку, становить:

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

Тиск, що діє на обечайку в наслідок інерційних сил:

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

Коефіцієнт запасу міцності приймаємо 2.

Тоді товщина стінки циліндричної обичайки становитиме:

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

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

Визначаємо напруження:

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

Визначаємо значення сумарного колового напруження:

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

Оскільки отримане значення еквівалентного напруження є меншим ніж допустиме то умови міцності виконуються.

Схематичне зображення навантаження на конічну обичайку зображено на рисунку 2.4.

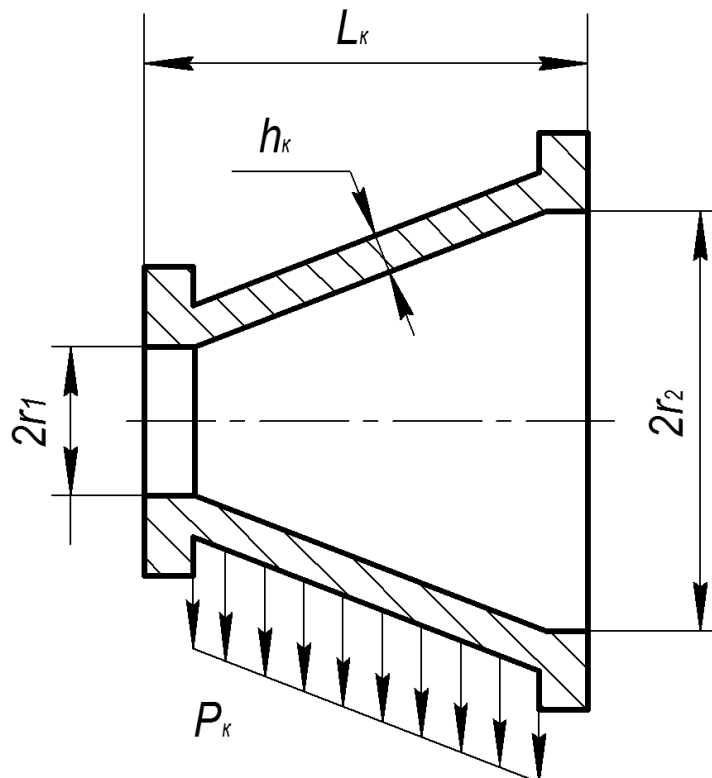


Рисунок 3.5. Схема навантаження конічної обичайки ротора центрифуги

Визначимо ступінь заповнення ротора центрифуги:

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

Колова швидкість ротора:

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

Відношення густини суспензії до густини матеріалу з якого виготовлено обичайку:

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

Визначимо напруження в обичайці від інерційних сил:

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

Визначимо також допустимі напруження:

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

За таких умов товщина стінки конічної обичайки становить:

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

Приймаємо: $h = 0,005 \text{ м}$

Напруження:

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

Сумарне напруження становить:

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

Таким чином ми встановили, що еквівалентне напруження становить менше значення ніж допустиме. Отже, умови міцності виконуються.

При встановленні товщини бортового кільця приймемо останню рівною 1,5 товщини обичайки ротора центрифуги.

3.5.2. Конструктивний розрахунок шнека

Проведемо розрахунок вала шнека центрифуги. Він є пустотілим та складається з двох частин: ділянки осадження та ділянки вивантаження осаду (3.6).

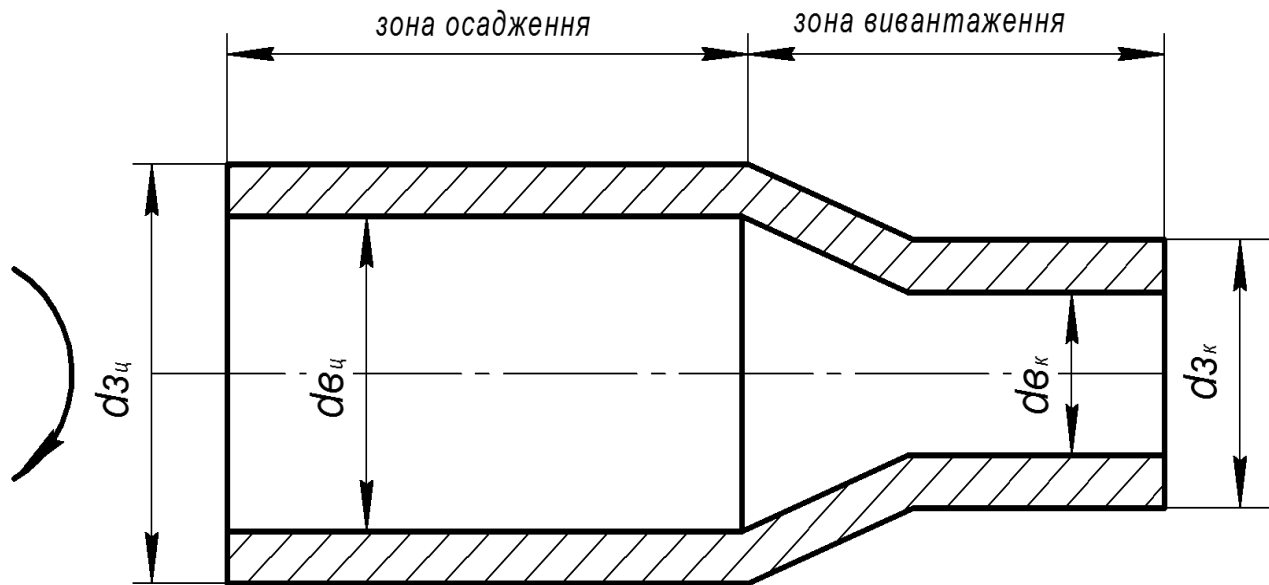


Рисунок 3.6. Схема шнека центрифуги для казеїну

Максимальний тиск у внутрішній частині пустотілого шнеку становить $P_{\max}=130000\text{Па}$.

Матеріал пустотілого валу шнека – сталь марки 15хН. Для цієї сталі границя текучості становить $\sigma_t = 230 \cdot 10^6$ Па. Коефіцієнт внутрішнього тертя казеїну становить $f = 0,5$.

За таких умов приймемо коефіцієнт запасу міцності $nt=2$.

Допустиме напруження становить $\sigma_d = 1,15 \cdot 10^8$ Па.

Визначимо кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека:

$$\alpha D_0 = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot D_0}\right),$$

після підстановки даних:

$$\alpha D_0 = 0,099 \text{ рад}, \quad \alpha D_0 \cdot \frac{180}{\pi} = 5,659$$

Кут підйому зі сторони вала становить:

$$\alpha d_0 = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot d_0}\right),$$

підставимо дані та отримаємо:

$$\alpha D_d = 0,142 \text{ рад}, \quad \alpha d_0 \cdot \frac{180}{\pi} = 8,131$$

Також визначимо середнє значення кута гвинтових ліній:

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

отримаємо:

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

Далі визначимо крутний момент.

$$Mkp_0 = 0,131 \cdot Z \cdot P \max \cdot (D_0^3 - d_0^3) \cdot \tan(\alpha_{0cp}),$$

отримаємо:

$$Mkp_0 = 1,962 \cdot 10^3 \text{ Нм}$$

Осьове зусилля:

$$f_0 = 0,392 \cdot Z \cdot (D_0^2 - d_0^2) \cdot P \max ,$$

становить:

$$f_0 = 6,1 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Нормальне напруження пустотілого вала визначимо із виразу:

$$\sigma = \frac{4 \cdot S_0}{\pi \cdot (d_0^2 - db_0^2)},$$

отримаємо:

$$\sigma = 3,119 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{16 \cdot Mkp_0 \cdot d_0}{\pi (d_0^4 - db_0^4)},$$

буде:

$$\tau = 5,004 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Тепер визначимо значення еквівалентного напруження за формулою:

$$\sigma_{ek} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2},$$

після підстановки:

$$\sigma_{ek} = 3,276 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Отримані дані свідчать, що еквівалентне напруження становить менше допустимого. Отже, умови міцності виконуються.

Тепер розглянемо ділянку вивантаження осаду. Вона характеризується змінним діаметром шнека.

Оскільки діаметр шнека на цій ділянці змінний, то розрахунок проведемо для найтоншого його місця, оскільки воно є найбільш навантаженим.

Зовнішній діаметр конічної частини шнека в найтоншому місці становить $D_b = 0,37$ м. Для вала зовнішній діаметр у найтоншому місці складає 0,28 м, внутрішній – 0,25 м. Границя текучості для обраного матеріалу $\sigma = 230 \cdot 10^6$ Па.

Тепер приймемо коефіцієнт запасу міцності 2.

Визначимо значення допустимого напруження:

$$\sigma_d = \frac{\sigma}{nt},$$

отримаємо:

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

Визначимо кут підйому гвинтових ліній у конічній частині із зовнішньої сторони шнека:

$$\alpha Db = a \tan\left(\frac{H}{\pi \cdot Db}\right),$$

підставимо дані:

$$\alpha Db = 0,165 \text{ рад, } \alpha Db \cdot \frac{180}{\pi} = 9,427$$

Зі сторони вала:

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

буде:

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

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній на конічній частині:

$$\alpha_{b_{cp}} = 0,5 \cdot (\alpha_{Db} + \alpha_{db}),$$

отримаємо:

$$\alpha_{b_{cp}} = 0,19 \text{ рад}, \quad \alpha_{b_{cp}} \cdot \frac{180}{\pi} = 10,901.$$

Визначимо крутний момент в конічній частині на валу шнека:

$$M_{kpb} = 0,131 \cdot Z \cdot P_{\max} \cdot (Db^3 - db^3) \cdot \tan(\alpha_{b_{cp}})$$

після підстановки значень:

$$M_{kpb} = 564,802 \quad \text{Н} \cdot \text{м}$$

Осьове зусилля на конічній частині шнеку:

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

Нормальне напруження вала в конічній частині:

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

Визначимо також дотичне напруження в конічній частині:

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

Тепер визначимо еквівалентне напруження в конічній частині вала. Для цього скористаємося теорією найбільших дотичних напружень:

$$\sigma_{ek} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2},$$

отримаємо:

$$\sigma_{ek} = 1,603 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Таким чином встановили, що еквівалентне напруження в конічній частині вала є меншим допустимого. Значить умови міцності виконуються.

3.5.3. Розрахунок шківів

Підбір матеріалу шківів

Вибір матеріалу шківа передачі напряму залежить від колової швидкості яку він розвиває. Тому клинові паси можуть працювати при швидкостях до 30 м/с. В нашому випадку швидкість пасу становить 6,5 м/с. В якості матеріалу рекомендується використовувати чавун марки С4212.

Визначення основних конструктивних елементів шківів.

За таблицею знаходимо параметри шківів для запроєктованих пасів. Значення даних параметрів шківів представлено у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 11.2.

Параметри шківів

Параметри	Позначенн я	Значенн я
Розрахункова ширина канавки шківа, мм	l_p	14,0
Ширина канавки по зовнішньому діаметру, мм	b	$4,2 \pm 0,4$
Глибина канавки розрахункової ширини, мм	h	14,3
Віддаль між осями канавок, мм	l	19,0
Відстань між віссю крайньої канавки і торцем шківа, мм	f	$12,5 \pm 2$
Радіус заокруглення, мм	r	1,0
Кут канавки ?	α	34

Визначимо зовнішній діаметр шківа:

$$d_e = d_p + 2b = 250 + 2 \cdot 4,2 = 258,4 \text{ мм.}$$

Визначимо ширину ободу:

$$M = (n - 1)l + 2f = (4 - 1) \cdot 19,0 + 2 \cdot 12,5 = 82 \text{ мм.}$$

Визначимо довжину ступиці шківа:

$$l_c = \frac{M}{3} + d_b = \frac{82}{3} + 25 = 52 \text{ мм,}$$

де d_b – діаметр вала шківа.

Число спиць шківів:

$$k_c = \left[\frac{1}{6} \div \frac{1}{7} \right] \sqrt{d} = \frac{1}{6\sqrt{555}} = 3,14.$$

Призначенні $k_c > 3$ диск виготовляють із спицями.

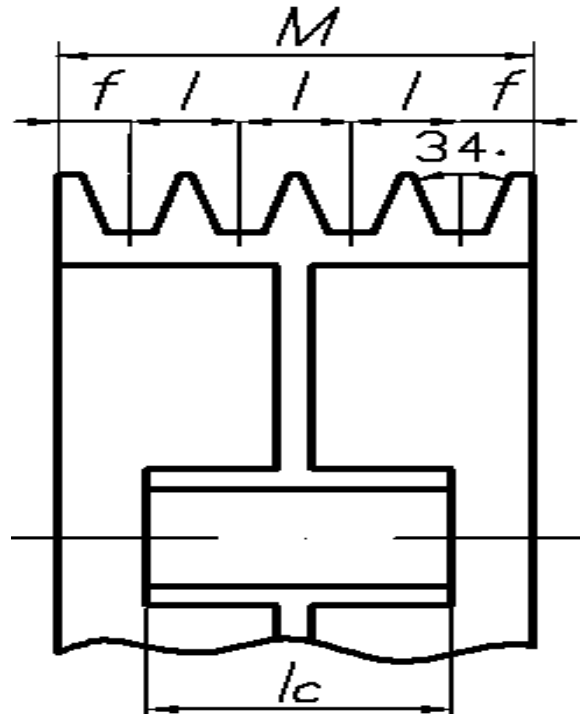


Рис. 3.7. Ескіз шківів

Спиці шківів слід розраховувати на згинання від колової швидкості F_t . При розрахунку спиці умовно вважають консольними балками, що закладені в ступицю по її діаметральному січенню. При цьому слід врахувати нерівномірність навантаження. Вважаємо, що колова швидкість сприймається третиною від усіх ступиць.

Також визначимо ширину спиці в розрахунковому січені:

$$h = 3,4^3 \sqrt{F_t \cdot d / k_e [\sigma_u]}$$

Відомо, що допустиме напруження для чавуну становить:
 $[\sigma_u] = 30 \div 45$ МПа.

тоді:

$$h = 3,4^3 \sqrt{1,68 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,355}{3,14} \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = 0,01 \text{ м}$$

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Долікарська допомога при ураженні електричним струмом

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання. Дотик до струмопровідних частин у більшості випадків призводить до судом м'язів, тобто людина самостійно не в змозі відірватися від провідника. Тому необхідно швидко відключити ту частину електрообладнання, до якої доторкається людина.

Долікарську допомогу потерпілому надають на місці нещасного випадку. Констатувати смерть має право тільки лікар.

Способи штучного дихання бувають ручні та апаратні. Ручні менш ефективні, але можуть застосовуватись негайно при порушенні дихання у потерпілого. При виконанні штучного дихання “з рота в рот”, та “з рота в ніс” в рот або в ніс потерпілого рятівник видихає зі своїх легенів в легені потерпілого об'єм повітря в кількості 1000-1500 мл. Цей метод найбільш ефективний, однак можлива передача інфекції, тому використовують носовичок, марлю, спеціальну трубку.

Підготовка до штучного дихання:

- звільнити потерпілого від одягу – розв'язати галстук, розстебнути комір сорочки тощо.

- покласти потерпілого на спину на горизонтальну поверхню – стіл або підлогу.

відвести голову потерпілого максимально назад, доки його підборіддя не стане на одній лінії з шиєю. При цьому положенні язик не затуляє вхід до гортані, вільно пропускає повітря до легенів. Разом з тим при такому положенні голови рот розкривається.

- пальцями обслідувати порожнину рота і якщо там є кров, слиз тощо, їх необхідно видалити, вийнявши також зубні протези; за допомогою носовичка

або краю сорочки вичистити порожнину рота (рис. 7.19). Обов'язково провести штучне дихання.

При виконання штучного дихання голову потерпілого відводять максимально назад і пальцями затискають ніс (або губи). Роблять глибокий вдих, притискають свої губи до губ потерпілого і швидко роблять глибокий видих йому до рота. Вдування повторюють кілька разів, з частотою 12-15 разів на хвилину. З гігієнічною метою рекомендується рот потерпілого прикрити шматками тканини.

Якщо пошкоджене обличчя проводити штучне дихання “із легенів у легені” неможливо, треба застосувати метод стиснення і розширення грудної клітки шляхом складання і притискання рук потерпілого до грудної клітки з їх наступним розведенням у боки. Контроль за надходженням повітря з легенів потерпілого здійснюється за розширенням грудної клітки при кожному вдуванні. Якщо після вдування грудна клітка потерпілого не розправляється, – це ознака непрохідності шляхів дихання. Найкраща прохідність шляхів дихання забезпечується за наявності трьох умов: максимального відведення голови назад; відкривання рота; висунання вперед нижньої щелепи.

При появі у потерпілого перших слабких вдихів слід поєднати штучний вдих з початком самостійного вдиху. Штучне дихання слід проводити до відновлення глибокого ритмічного дихання.

Штучне дихання у більшості випадків треба робити одночасно з масажем серця.

Зовнішній масаж серця – це ритмічне стиснення серця між грудниною та хребтом. Треба знайти розпізнавальну точку – мечоподібний відросток груднини, – він знаходиться знизу грудної клітини над животом. Стати треба з лівого боку від потерпілого і покласти долоню однієї руки на нижню третину груднини, а поверх – долоню другої руки. Тепер ритмічними рухами треба натискати на груднину (з частотою 60 разів на хвилину). Сила стиснення має бути такою, щоб груднина зміщувалась в глибину на 4-5 см. Масаж серця доцільно проводити паралельно зі штучним диханням, для чого після 2-3 штучних вдихів роблять 15 стискань грудної клітки. При правильному масажі

серця під час натискання на груднину відчуватиметься легкий поштовх сонної артерії і звузяться протягом кількох секунд зіниці, а також порожевіє шкіра обличчя і губи, з'являться самостійні вдихи. Щоб не пропустити повторного припинення дихання, треба стежити за зіницями, кольором шкіри і диханням, регулярно перевіряти частоту і ритмічність пульсу.

4.2. Види та порядок проведення інструктажів з охорони праці

Порядок проведення інструктажів з питань охорони праці на підприємстві визначає шоста глава «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 р. № 15.

Інструктажі залежно від характеру та часу проведення поділяються на наступні види: вступний; первинний; повторний; позаплановий; цільовий.

Вступний інструктаж проводиться:

- з усіма працівниками, які приймаються на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження трудового або професійного навчання;
- з екскурсантами у разі екскурсії на підприємство.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству, який в установленому Типовим положенням порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Даний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці або в приміщенні, що спеціально для цього обладнано, з використанням сучасних

технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці (додаток 5 Типового положення), який зберігається службою охорони праці або працівником, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у наказі про прийняття працівника на роботу.

Первинний інструктаж проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником:

- новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство або до фізичної особи, яка використовує найману працю;
- який переводиться з одного структурного підрозділу підприємства до іншого;
- який виконуватиме нову для нього роботу;
- відрядженим працівником іншого підприємства, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві.

Первинний інструктаж проводиться з учнями, курсантами, слухачами та студентами навчальних закладів:

- до початку трудового або професійного навчання;
- перед виконанням кожного навчального завдання, пов'язаного з використанням різних механізмів, інструментів, матеріалів тощо.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться індивідуально або з групою осіб одного фаху за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до виконуваних робіт.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, які діють у галузі, або роботодавцем (фізичною особою, яка використовує найману працю) з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою — 1 раз на 3 місяці;
- для решти робіт — 1 раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів — для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт — понад 60 днів.

Позаплановий інструктаж з учнями, студентами, курсантами, слухачами проводиться під час проведення трудового і професійного навчання при порушеннях ними вимог нормативно — правових актів з охорони праці, що можуть призвести або призвели до травм, аварій, пожеж тощо.

Позаплановий інструктаж може проводитись індивідуально з окремим працівником або з групою працівників одного фаху. Обсяг і зміст

позапланового інструктажу визначаються в кожному окремому випадку залежно від причин і обставин, що спричинили потребу його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварії або стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, що виконуватимуться.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник структурного підрозділу, майстер) або фізична особа, яка використовує найману працю.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та їх допуск до роботи, особа, яка проводила інструктаж, уносить запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці. Сторінки журналу реєстрації інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

Висновки

В процесі виконання дипломної роботи виконано технологічний розрахунок центрифуги для казеїну, а саме:

- здійснено визначення розміру мінімальної частинки казеїну, яку можна відділити на центрифугі;

- визначено теоретичну продуктивність центрифуги; - розраховано потужність нагнітального шнека та його продуктивність.

Здійснено кінематичний аналіз центрифуги та виконано розрахунок її приводів.

Проведено конструктивний і міцнісний розрахунок: ротора та шнека центрифуги.

Здійснено розрахунок та підбір елементів клинопасової передачі.

Розроблено заходи з безпека життєдіяльності та основ охорони праці

Перелік посилань

1. Шинкарик М.М. Дослідження компресійно-фільтраційних характеристик білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2012. – №1(15). – С.476-484.
2. Шинкарик М.М. Аналіз гранулометричного складу білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2011. – Т. 2, № 40. – С. 266-269.
3. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв. | Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворощук В.Я.-Ц.:ЦНЛ "Інкос", 2007. – 344с.
4. Храмцов А.Г. Промышленная переработка вторичного молочного сырья / А.Г. Храмцов, С.В. Василин – М.: ДеЛи принт, 2003. – 100 с.
5. Чубик Н. А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / Н. А. Чубик, Л. Н Маслов. – М: Пищевая промышленность, 1970. – 184с.
6. Зимон А. Д. Адгезия пищевых масс. – М.: Агропромиздат, 1985. – 272с.
7. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
8. Цытович Н.А. Механика грунтов . – М.: Высшая школа, 1979. – 272с.
9. Жигарев В. Г. Приближенное аналитическое описание гранулометрического состава дисперсного продукта методом ситового анализа / Жигарев В. Г., Казакова Е. Е. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2006. – №10. – с. 11-12.
10. Власенко В.В. «Технологія виробництва і переробки молока і молочних продуктів» - В. 2000г.
11. Гончаров Н.Н. Справочник механика молочной пром-ти – М. 1959 г.
12. Цытович Н.А. Механика грунтов . – М.: Высшая школа, 1979. – 272с.
13. Исаев Н.Н. Прессование дисперсных продуктов с заданной степенью осадки . Изв. вузов. – Пищевая технология. – 1977. – №5 – 102с.

14. Антипов С.Т. Ученик XXI век «Машины и аппараты пищевых производств» - М. «Высшая школа», 2001 г.
15. Барабанщиков Н.В. «Молочное дело», - М. «Колос» 1983 г.
16. Бредихин С.А., Космодемгенский Ю. В., Юрин В.Н. «Технология и техника переработки молока» - М. «Колос» 2003 г.
17. Гальперин Д. М. «Оборудование молочных предприятий, монтаж, накладка, ремонт» - М. «Агропромиздат» 1990 г.
18. Гурьянов А.И. Компрессионные и фильтрационные исследования процесса прессования творожного згустка / А.И. Гурьянов, Н.Н. Липатов // Молочная промышленность. – 1967. – №12. – С. 14-18.
19. Дослідження компресійно-фільтраційних характеристик сирів з підплавлення сирної маси / Шинкарик М., Єресько Г, Формазюк Л., Ворощук В. // Наукові праці українського державного університету харчових технологій. – 2003. – №10 С. 111-114.
20. Дилажен З.Х. «Молочное дело» -М. «Колос» 1979 г. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. — 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. — К., 2010. — 487 с.
21. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.
22. Запольський А.К., Українець А.І. Екологізація харчових виробництв: Підручник. -К: Вища школа, 2005.-433 с.