

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання і комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2022 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

на тему Модернізація транспортної системи центрифуги ОГШ-321 для розділення суспензій у спиртовому виробництві

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-8

КРИСТЕНКОВ Віталій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник ПУШАНКО Микола Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Якимчук М.В.

“ ____ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Крістенков Віталій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація транспортної системи центрифуги ОГШ-321 для розділення суспензій у спиртовому виробництві
керівник проекту (роботи) Пушанко Микола Миколайович, проф., доктор тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» березня 2022 р. № 167 -кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2022р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Анотація. Зміст. Вступ. Обладнання для розділення суспензій під дією відцентрової сили; Техніко-економічне та соціальне обґрунтування переробки післяспиртової барди; Технологічна характеристика післяспиртової барди, фугату та кеку; Будова та принцип роботи модернізованої центрифуги ОГШ-321; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Монтаж, ремонт та експлуатація модернізованої центрифуги, Автоматизація управління центрифугою ОГШ-321; Правила техніки безпеки при роботі з центрифугою ОГШ-321; Дотримання концепції сталого розвитку; Висновки; Список використаних джерел; Специфікації.

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

Загальний вигляд центрифуги ОГШ-321 1 аркуш; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Апаратурно-технологічна схема переробки післяспиртової барди – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 19.04.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Анотація. Зміст. Вступ.	22.04.2022	
2.	Обладнання для розділення суспензій під дією відцентрової сили;	27.04.2022	
3.	Техніко-економічне та соціальне обґрунтування переробки післяспиртової барди; Технологічна характеристика післяспиртової барди, фугату та кеку;	03.05.2022	
4.	Будова та принцип роботи модернізованої центрифуги ОГШ-321;	06.05.2022	
5.	Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів;	13.05.2022	
6.	Монтаж, ремонт та експлуатація модернізованої центрифуги,	16.05.2022	
7.	Автоматизація управління центрифугою ОГШ-321;	16.05.2022	
8.	Правила техніки безпеки при роботі з центрифугою ОГШ-321;	19.05.2022	
9.	Дотримання концепції сталого розвитку;	23.05.2022	
10.	Висновки;	25.05.2022	
11.	Список використаних джерел;	25.05.2022	
12.	Специфікації.	27.05.2022	
13.	Графічна частина проекту (4 аркуші формату А3)	27.05.2022	
14.	Подача кваліфікаційної роботи на кафедру	01.06.2022	

Здобувач

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Віталій КРИСТЕНКОВ

(прізвище та ініціали)

Микола ПУШАНКО

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті на тему «Модернізація транспортної системи центрифуги ОГШ-321 для розділення суспензій у спиртовому виробництві» розглянуто питання удосконалення центрифуг з метою їх використання у спиртовій промисловості для забезпечення надійного розділення післяспиртової барди. В модернізованому шнековому пристрої звичайні лопаті замінено на пластинчасті які виконані із сучасного якісного матеріалу. Таке конструкційне виконання лопатей підвищить продуктивність центрифуги та збільшить термін експлуатації шнека отже запропонована модернізація дозволить підвищити працездатність та термін служби центрифуги.

Для раціонального використання барди її необхідно сконцентрувати центрифугуванням. Після центрифугування кек (тверда фаза післяспиртової барди) зберігає всі цінні компоненти нативної барди, а після додаткового сушіння його можна використовувати як кормову добавку для худоби чи у якості органічного добрива.

Переробка післяспиртової барди є економічно вигідною, оскільки всі витрати компенсуються підвищенням продуктивності тваринництва та подальшим продажем зневодненого кеку.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки, що містить 10 розділів та графічної частини, у якій представлено загальний вигляд модернізованої центрифуги, її складальне креслення, складальне креслення модернізованого шнекового пристрою та апаратурно-технологічну схему переробки післяспиртової барди.

Ключові слова: горизонтальна центрифуга, нативна барда, кек, шнековий пристрій, абразивне зношення.

SUMMARY

The diploma project on "Modernization of the transport system of the centrifuge OGSН-321 for the separation of suspensions in alcohol production" addressed the issue of improving centrifuges for use in the alcohol industry to ensure reliable separation of post-alcohol bards. In the modernized screw device, ordinary blades have been replaced by plate blades made of modern high-quality material. This design of the blades will increase the productivity of the centrifuge and increase the service life

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва	200378.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено	АНОТАЦІЯ	Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

of the auger, so the proposed upgrade will increase the efficiency and service life of the centrifuge.

For the rational use of the bard, it must be concentrated by centrifugation. After centrifugation, the cake (solid phase of the post-alcoholic bard) retains all the valuable components of the native bard, and after additional drying it can be used as a feed additive for livestock or as an organic fertilizer.

Post-alcohol bard processing is cost-effective, as all costs are offset by increased livestock productivity and the subsequent sale of dehydrated cake.

The diploma project consists of an explanatory note containing 10 sections and a graphic part, which presents a general view of the modernized centrifuge, its assembly drawing, assembly drawing of the modernized screw device and hardware-technological scheme of post-alcohol bard processing.

Key words: horizontal centrifuge, native bard, cake, screw device, abrasive wear.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	7
1. Обладнання для розділення суспензій під дією відцентрової сили.....	9
1.1. Класифікація центрифуг.....	10
1.1.1. Горизонтальні центрифуги.....	10
1.2. Декантерні центрифуги в спиртовому виробництві.....	13
1.2.1. Центрифуги українського виробництва	13
1.2.2. Центрифуги закордонного виробництва	14
2. Техніко-економічне та соціальне обґрунтування переробки післяспиртової барди.....	17
3. Технологічна характеристика післяспиртової барди, фугату та кеку	19
3.1. Апаратурно-технологічна схема переробки післяспиртової барди.....	19
4. Будова та принцип роботи модернізованої центрифуги ОГШ-321	22
4.1. Опис запропонованого технічного рішення.....	22
4.2. Будова і при дії відстійної центрифуги ОГШ – 321	22
5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	27
5.1. Технологічний розрахунок.....	27
5.2. Енергетичний розрахунок	29
5.3. Механічний розрахунок.....	31
6. Підбір конструкційних матеріалів.....	36
7. Монтаж, ремонт та експлуатація модернізованої центрифуги	38
7.1. Підготовка до монтажу.....	38
7.2. Монтаж центрифуги.....	38
7.3. Підготовка до пуску і пуск центрифуги	38

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	200378.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш

7.4. Ремонт центрифуги	39
8. Автоматизація управління центрифугою ОГШ-321	41
8.1. Переваги шаф управління центрифугами на базі частотних регуляторів швидкості та програмованих логічних реле	41
9. Правила техніки безпеки при роботі з центрифугою ОГШ-321	42
10. Дотримання концепції сталого розвитку	43
ВИСНОВКИ.....	45
Список використаних джерел	46
ДОДАТКИ.....	49

ВСТУП

Виробництво спирту в Україні продовжує неухильно зростати – більш ніж 150 галузей промисловості використовує його для різних цілей і кількість споживачів постійно зростає. Економічність виробництва етилового спирту визначається витратами енергії, енергоефективністю обраного обладнання та технологій, використанням заходів ресурсо- і енергозбереження протягом усього процесу, а також розробленням екологічно чистих технологій.

Стічні води спирт заводів, які переробляють крохмальовмісну сировину, належать до висококонцентрованих за органічним забрудненням. Їх хімічний склад і кількість залежать від технології виробництва спирту, а необхідна ефективність очистки зумовлена ступенем їх забруднення. Слід зазначити, що в середньому на 1 дал. спирту із зерна або картоплі одержують 0,14 м³ барди.

В 1 т такої барди знаходиться 18,6 кг сирого протеїну, який при обробці перетворюється в протеїн дріжджів, і з урахуванням азоту, що вводиться в корми, вміст перетравлюваного тваринами протеїну збільшується у два рази [1]. Утилізація післяспиртової барди, крім важливого економічного ефекту, має велике екологічне значення. Майже всі спиртові заводи європейських країн мають відділення з утилізації барди, з подальшою переробкою на сухий кормовий продукт [1].

Зернова, картопляна чи мелясна барда різні за своїм складом, концентрації та номенклатурі сухих речовин, отже, і по кормовій цінності. Перевозити свіжу (нативну) барду не має сенсу: великий об'єм рідини й досить низький вміст поживних речовин робить її транспортування нерентабельним.

Комбінована схема переробки барди розроблена відносно недавно і передбачає переробку післяспиртової барди в сухий дріжджовий кормовий концентрат – суміш твердої фази барди, з вирощеними на основі фугату кормовими дріжджами [2]. Така схема дозволяє значно заощаджувати енергоресурси під час переробки барди. Окрім виробництва сухого концентрату барди іноді вигідно одержувати згущену барду, що може транспортуватися на великі відстані. В цьому випадку згущена мелясна барда використовується у якості добрива [3].

Всі шляхи переробки після спиртової барди включають наступні операції: центрифугування, підігрів, випарювання.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва ВСТУП		200378.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено						

Центрифугування дозволяє розділити після спиртову барду на тверду (кек) і рідку (фугат) фази. Вміст сухих речовин в кеку повинен бути не нижчим за 40 % а в фугаті – до 8 %. Для центрифугування післяспиртової барди використовуються декантерні центрифуги – горизонтальні автоматизовані центрифуги безперервної дії. Сучасні конструкції таких центрифуг мають ряд недоліків, зокрема високий вміст твердої фази у фугаті, складна конструкція, висока матеріалоємність та ціна. Так, маса найменш потужного (30 кВт), а отже й найменш продуктивного декантера фірми Alfa Laval – одного зі світових лідерів в галузі розробки та випуску даного обладнання – складає 2750 кг, при габаритах 3390×876×1438 мм. На сьогодні українським акціонерним товариством «СМНВО-Інжиніринг» виготовляються горизонтальні осаджувальні центрифуги з ножовим вивантаженням осаду типу ОГН та шнековим вивантаженням осаду типу ОГШ.

Тому модернізація горизонтальної центрифуги є актуальною задачею для конструкторів харчової та переробної промисловості.

1. Обладнання для розділення суспензій під дією відцентрової сили

Найпоширенішим способом розділення рідких неоднорідних систем у полі відцентрових сил є **центрифугування**, яке здійснюється в центрифугах. Основною частиною центрифуги є барабан із суцільними або перфорованими стінками, які обертається зі значною швидкістю на вертикальному чи горизонтальному валу [4].

Розрізняють такі процеси відцентрового розділення суспензій в центрифугах:

- фільтрування;
- відстоювання;
- освітлення.

Відцентрове фільтрування – процес розділення суспензій в центрифугах з перфорованим барабаном, внутрішня поверхня якого барабану вкрита фільтрувальною тканиною. Суспензія під дією відцентрової сили відкидається до стінок барабану, при цьому тверда фаза (кек) залишається на поверхні тканини, а рідина (фугат) під дією відцентрової сили проходить через шар кеку і тканини та видаляється назовні через отвори у барабані.

За допомогою відцентрового фільтрування можна досягати високий ступінь зневоднення кеку.

Відцентрове відстоювання – процес розділення суспензій в центрифугах, що мають барабан із суцільними стінками. Суспензія поступає в нижню частину барабану та відцентровою силою відкидається до стінок. Біля стінок утворюється шар осаду (кеку), а рідка фаза утворює внутрішній шар і витісняється з барабана суспензією, що подається на центрифугування. Піднімаючись вгору, рідка фаза переливається через край барабану і видаляється назовні.

Відцентрове освітлення теж проводиться в суцільних барабанах і зазвичай використовується для очистки рідин, що містять малу кількість твердої фази. Цей процес застосовується при розділенні тонких суспензій та колоїдних розчинів.

В барабанах з суцільними стінками проводиться також розділення емульсій. Під дією відцентрової сили компоненти емульсії згідно з густиною розміщуються у вигляді розмежованих шарів: зовнішнього шару рідини з

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва	200378.ДП.01.ПЗ			
	Документ затверджено	Обладнання для розділення				

більшою густиною і внутрішнього шару більш легкої рідини. Рідини виводяться з барабана нарізно.

Відцентрові сили, які виникають при центрифугуванні, чинять на суспензію значно більшу дію, ніж сили тяжіння і тиску. Через це центрифугування ефективнішим способом механічного розділення неоднорідних рідких систем, ніж відстоювання чи фільтрування.

1.1. Класифікація центрифуг

Виходячи з конструктивних міркувань, центрифуги розрізняють головним чином по розміщенню і способу закріплення валу. По цьому критерію центрифуги ділять на:

- вертикальні;
- горизонтальні.

Горизонтальні центрифуги з ножовим зніманням кеку працюють періодично, проте завдяки можливості їх повної автоматизації всіх операцій, вони дістали назву автоматичні центрифуги.

Центрифуги класифікують також по наступним параметрам:

- по величині факторах розділення (швидкохідні / тихохідні);
- по режиму роботи (періодичний або безперервний);
- по способу вивантаження кеку (інерційне / ножове / автоматичне / механічне тощо).

У спиртовому виробництві для переробки післяспиртової барди використовуються горизонтальні центрифуги.

1.1.1. Горизонтальні центрифуги

Конструктивно являє собою центрифугу із горизонтальним суцільним ротором, на внутрішні стінки якого відкладається кек з суспензії під дією відцентрових сил. Кек вивантажується за допомогою шнекового пристрою. Осаджувальні центрифуги, які виробляються українським акціонерним товариством «СМНВО-Інжиніринг» дозволяють видаляти з суспензії частинки розміром до 10 мкм (фактор Фруда 1358) [5].

Технологічні показники осаджувальних центрифуг наступні:

винос твердої фази у фугат – 25...35 %;

вологість кеку, %:

- концентратів флотації – 20...25,
- відходів флотації – 22...30
- шламу – 17...22

Осаджувальні горизонтальні шнекові центрифуги (ОГШ) застосовуються для застосовують для зневоднення дрібних розріджених продуктів, які містять

від 10 до 50 % твердої фази. Схема осаджувальної горизонтальної центрифуги наведена на рис. 1.1.

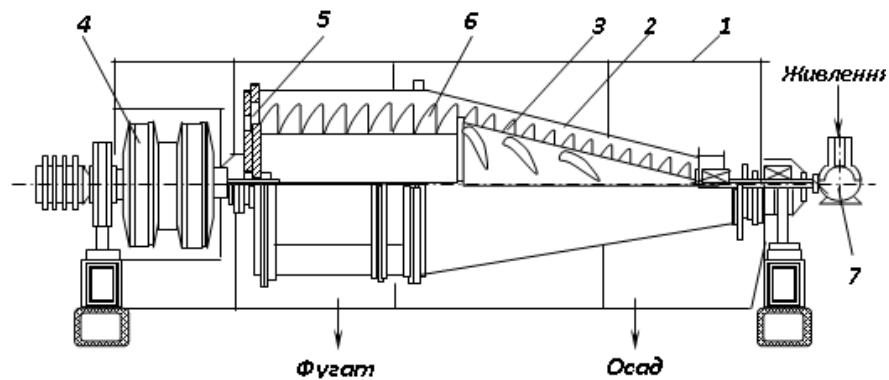


Рис. 1.1. Осаджувальна горизонтальна шнекова центрифуга типу ОГШ-1350:

1 – корпус; 2 – ротор; 3, 6 – шнеки; 4 – редуктор; 5 – зливні вікна; 7- завантажувальний пристрій

Рідка багатокомпонентна система завантажувальним пристроєм 7 подається у середину шнека 3 і через отвори в ньому надходить в ротор 2. В роторі у полі відцентрових сил відбувається осадження частинок і розділення суспензії дві фази. Тверда фаза шнеком переміщається до розвантажувальних патрубків, через які вона відцентровими силами вивантажується з ротора. Рідка фаза рухається у протилежному напрямку по спіральних каналах, створених витками шнека 6 і стінкою ротора 2 та витікає через зливні вікна 5.

Для одержання кеку зі зниженою кінцевою вологістю застосовують центрифуги осаджувально-фільтрувальні, які мають додатковий ротор з фільтрувальною поверхнею з щілястого сита. Осаджувально-фільтрувальна шнекова центрифуга типу ОГШ-1350Ф (рис. 1.2) створена на базі центрифуги ОГШ-1350 і відрізняється від неї наявністю фільтрувального ступеня 9.

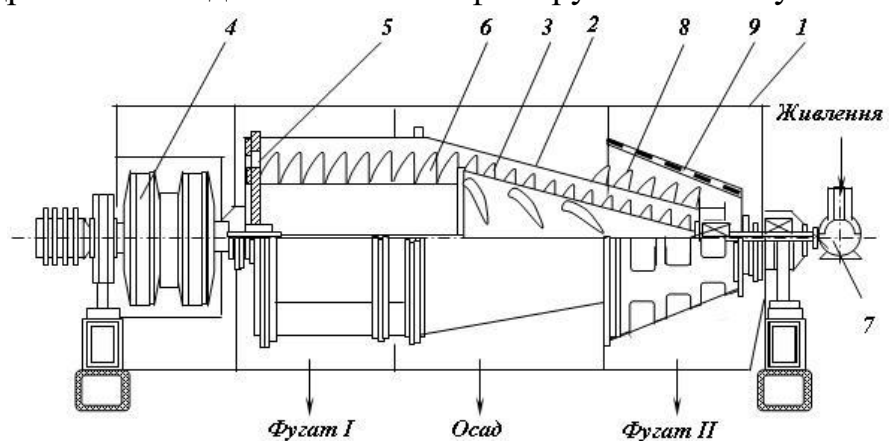


Рис. 1.2. Осаджувально-фільтрувальна шнекова центрифуга ОГШ-1350Ф:

1 – корпус; 2 – ротор; 3,6,8 – шнеки; 4 – редуктор; 5 – зливні вікна; 7 – завантажувальний пристрій; 9 – фільтруючий ступінь

Шнек 8 фільтрувального ступеня закріплено на конічній частині ротора 2. Фільтрувальна поверхня – шпальтове сито. Цапфа фільтрувального ступеня жорстко з'єднана з шнеком. У центрифугі ОГШ-1320Ф кека осаджувального ступеня додатково зневоднюється у фільтрувальному ступені. Центрифуга ОГШ-1320Ф призначена глибшого зневоднення флоконцентратів, зневоднення яких на дискових вакуум-фільтрах здійснюється недостатньо. Технологічні показники осаджувальних центрифуг такі:

винос твердої фази у фугат – 25...35 %

вологість кеку, %:

- концентратів флотації – 20...25
- відходів флотації – 22...30 наступні
- шламу – 17...22.

Суттєвим **недоліком** осаджувальних центрифуг є високий вміст твердої фази у фугаті, що у 2...3 рази більше, ніж у фільтраті вакуум-фільтрів. Винос твердої фази у фугат знижується при використанні флокулянту. При витраті флокулянту 150...250 г/т цей показник скорочується до 10 %.

На рис. 1.3. наведена схема декантерної центрифуги [6]. Оброблюваний матеріал надходить у барабан 5 через патрубок 10 і далі прискорюється за допомогою розподільника 15.

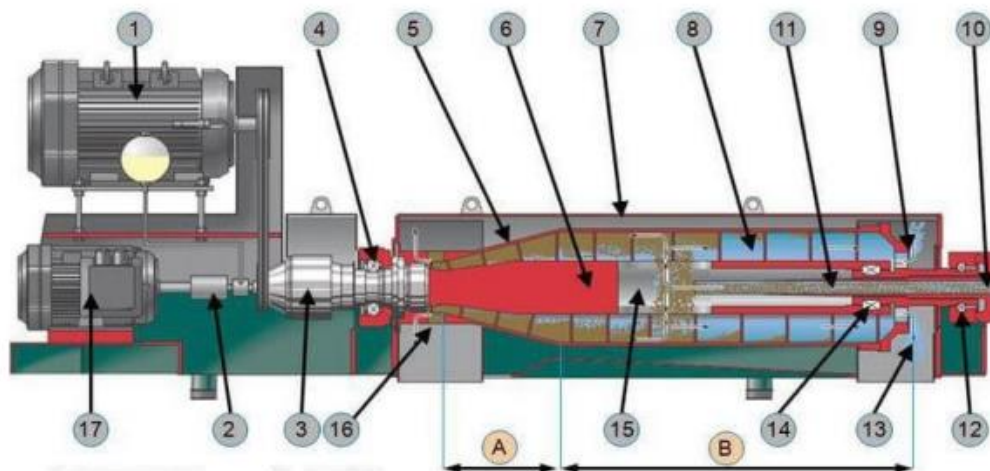


Рис. 1.3. Схема декантерної центрифуги

1 – редуктор; 2 – муфта; 3 – завантажувальна головка; 4, 12, 14 – підшипникові вузли; 5 – барабан; 6 – шнек; 7 – кожух; 8 – шнек; 9 – регулювальне кільце; 10 – вхідний патрубок; 11 – трубовал; 13, 16 – вивантажувальні камери; 17 – двигун

Частинки матеріалу відтискаються від осі до стінок барабану і переміщуються шнеком 6 до камери 16. Шнек обертається в ту ж саму що і барабан сторону, але з дещо більшою швидкістю. Пристінковий рух твердих частинок забезпечується завдяки тому, що сили тертя між ними та стінками барабана більші, ніж сили тертя між частинками та поверхнями шнека. Крім цього, на поверхнях конічної частини барабана виконуються повздовжні канали

для полегшення осьового переміщення концентрату. Вивантаження зневодненої твердої фази здійснюється через камеру 16, тоді як фільтрат зливається у протилежному напрямку через осьові канали у барабані, регульовальне кільце 9 та камеру 13. Декантери забезпечують досить високу продуктивність робочого процесу при кінцевій вологості концентрату спиртової барди – 72%. Робота даного обладнання повністю автоматизована, контроль та керування з боку робітника зведені до мінімуму. **Недоліками** декантерів є надзвичайно складна конструкція, висока матеріалоємність та ціна. Так, маса найменш потужного (30 кВт), а отже й найменш продуктивного декантера фірми Alfa Laval – одного зі світових лідерів в галузі розробки та випуску даного обладнання – складає 2750 кг, при габаритах 3390×876×1438 мм [7].

1.2. Декантерні центрифуги в спиртовому виробництві

1.2.1. Центрифуги українського виробництва

Призначений для безперервного поділу рідких неоднорідних розчинів, що мають тверду фазу з більшою густиною, ніж густина рідкої фази. Ці центрифуги використовуються в багатьох технологічних процесах у хімічній, нафтопереробній, фармацевтичній та харчовій промисловості завдяки відмінним характеристикам, простоті конструкції, безперервності технологічного процесу та невибагливості в обслуговуванні. Горизонтальне розташування осі циліндро-конічного ротора 6 із співвісно розташованим усередині нього шнеком 5 є загальним елементом конструкції звичайної протиточної центрифуги (рис. 1.4) [5].

Вивантажувальне вікно знаходиться у найвужчому місці ротора.

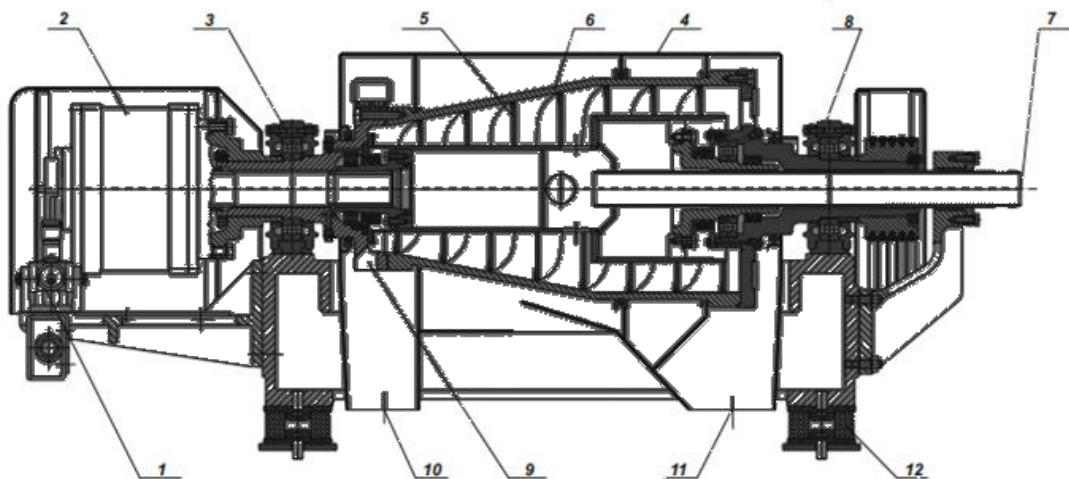


Рис. 1.4. Загальний вигляд центрифуги ОГШ АТ «СМНВО-Інжиніринг»:

1 – запобіжний механізм; 2 – планетарна передача; 3, 8 – підшипникові вузли; 4 – кожух;
5 – шнек; 6 – циліндро-конічний ротор; 7 – завантажувальний патрубок; 9 - ; 10 – камера для збору та відведення осаду; 11 – камера з перегородками для видалення фугату; 12 – віброізолюючий механізм

Електродвигун через клинопасову передачу обертає ротор центрифуги, встановлений на двох опорах 3 і 8. Планетарна передача 2 призводить гвинт від ротора центрифуги. Кожух 4 закриває ротор і відокремлює камеру 10 (для відведення осаду) від 11 камери перегородками (для видалення фугату). При перевантаженні центрифуги запобіжний механізм 1 відключає її та одночасно включаються світловий і звуковий сигнали. На центрифугі з електродвигуном встановлено віброізолюючий пристрій 12.

Суспензія під час роботи центрифуги подається у внутрішню камеру шнека по завантажувальному патрубку 7, де через вікна потрапляє в ротор. Суспензія поділяється відцентровою силою, а частинки твердої фази осідають на стінках ротора. Очищена рідина проходить через зливні вікна, переповнює поріг зливу і виходить з ротора. Для зміни діаметра зливного порога можна використовувати змінні заслінки або поворотні шайби. Для зміни швидкості ротора можна замінити шківи або встановити інший привід.

Зміна швидкості подачі суспензії, частоти обертання ротора та діаметра порога зливу контролюють технічний режим в центрифугах ОГШ. На відміну від протитокових центрифуг, напрямок руху суспензії та осаду в роторі у прямотокових центрифуг однаковий..

1.2.2. Центрифуги закордонного виробництва

Декантерні центрифуги Flottweg – це промислові центрифуги, призначені для роботи в безперервному режимі [8].

Центрифуги дозволяють сепарувати із суспензії дрібні фракції твердої фази і оптимально очищують відділену рідину. Привід Simp Drive® і регульований імPELLЕР дозволяють варіювати час перебування суміші в барабані декантера протягом робочого циклу. Таким чином, при зміні умов на вході результат розділення і вміст твердої фази на виході залишаються постійними.

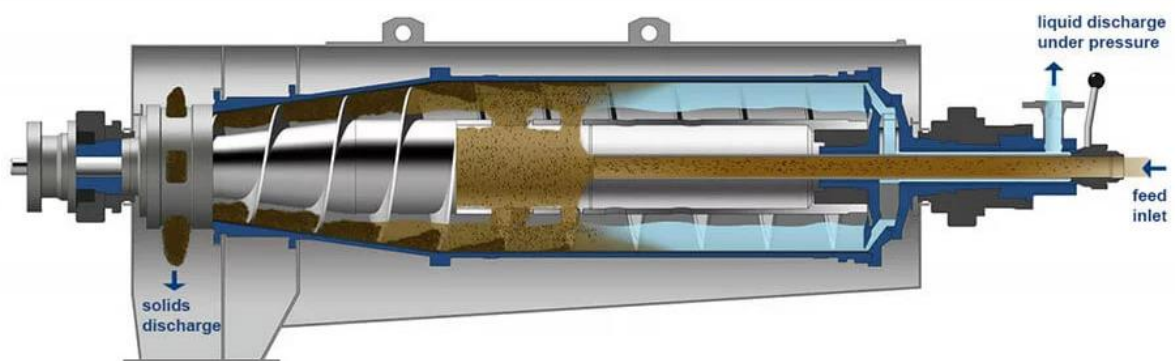


Рис. 1.5. Центрифуга Flottweg

Продукт, що підлягає розподілу, підводиться в завантажувальну зону шнека декантера через центральну трубу. Тут він розганяється в ощадливому режимі в

напрямку обертання шнека і через отвори в корпусі шнека надходить в порожнину барабана декантера.

Барабан має форму циліндра, що переходить у конус, і обертається зі швидкістю, що відповідає конкретному завданню по розподілу. Характерною особливістю барабана є його циліндрично-конічна форма. При виготовленні циліндрично-конічної частини барабана її можна адаптувати до відповідної задачі поділу (довжина циліндра, кут конуса та діаметр розвантажувальних отворів).

Розміри барабана виражаються відношенням діаметра (D) до довжини (L). В центрифугах Flottweg існує декілька виконань барабана залежно від вимог та сфер застосування: короткий 1:2; середній 1:3; та довгий 1:4.

У ділянці конуса тверді частинки практично піднімаються за допомогою спіралі шнека. Внаслідок відцентрової сили на тверді частинки в конусі змінюється швидкість зворотного потоку. Вона залежить від кроку шнека, також від кута конуса.

У порожнині барабана продукт у полі дії відцентрових сил розподіляється по внутрішній стінці барабана центрифуги, утворюючи концентричний шар. Тверді частинки, що містяться в продукті, осідають під впливом відцентрової сили на внутрішній поверхні барабана. Суспензія досягає в барабані декантера максимальної кількості обертів і викликає осідання твердих частинок на внутрішній поверхні барабана.

Шнек декантера обертається з більш низькою диференціальною швидкістю щодо барабана і просуває тверду осаджену фазу в напрямку конічної частини барабана. Ця диференціальна швидкість визначає час перебування кеку в барабані декантера. Тривалість перебування твердої фази в барабані є першорядним фактором, що визначає ступінь зневоднення, що досягається. Ступінь зневоднення може бути оптимізована для кожної конкретної задачі розподілу шляхом зміни диференціальної швидкості обертання шнека. Виконання шнека визначається конкретним застосуванням та завданням поділу.

Через розвантажувальні отвори конічної частини барабана тверда фаза під дією відцентрової сили потрапляє в розвантажувальну камеру і скидається вниз.

Очищена рідина (рідка фаза) тече до циліндричної частини барабана і виходить через отвори його крищі. У цих отворах знаходяться точно регульовані пластини (Затворний пристрій), за допомогою яких встановлюється рівень шару рідини («глибина ставка») у барабані. Далі фугат під впливом відцентрової сили потрапляє у нерухому камеру і зливається самопливом.

Очищена рідина надходить до циліндричної задньої частини барабана центрифуги декантера і витікає там через отвори в кришці барабана. У цих отворах знаходяться переливні перегородки, за допомогою яких можна регулювати рівень освітлюваної рідини в барабані. Освітлена рідина витікає в корпус системи спуску центрифуги.

2. Техніко-економічне та соціальне обґрунтування переробки післяспиртової барди

На сьогодні в Україні для підприємств спиртової промисловості залишається не вирішеним питання переробки відходів спиртового виробництва. У процесі одержання спирту утворюється післяспиртова барда – відходи виробництва, які при, потраплянні в навколишнє середовище, спричиняють його забруднення. Разом із тим барда має достатньо високу харчову цінність, оскільки в її складі міститься білок зерна. У сільському господарстві багатьох країн широко застосовують продукти переробки барди, тоді як в Україні її використовують частково або взагалі зливають на поля фільтрації. Це недоцільно і незручно, оскільки післяспиртова барда починає псуватися вже через декілька годин після її виробництва.

Разом із тим сушена післяспиртова барда з вологістю 10–11% може зберігатися кілька років. Крім того, післяспиртову барду можна використовувати у виробництві хліба та як харчову добавку з біологічно активними речовинами, а також для годівлі худоби [9].

Промислове виробництво етилового спирту побудовано на принципах відхідної технології, що негативно впливає на стан навколишнього середовища. У наш час одним із резервів зростання ефективності харчових виробництв є підвищення стабільності виробництва і, як наслідок, зменшення втрат сировини і готової продукції за умови забезпечення стабільної якості протягом усього технологічного циклу.

Значно підвищити ефективність, рентабельність роботи конкретного виробництва на підприємстві можна не тільки завдяки технічному переоснащенню, а й унаслідок більш чіткої організації – як системи взаємозв'язку режимів функціонування обладнання і технології.

Можна відзначити, що утилізація спиртової барди і зараз є складним технологічним процесом для галузі виробництва етилового спирту з рослинної та зернової сировини. Більшість існуючих технологічних схем виробництва етилового спирту передбачають використання післяспиртової барди тільки як кормового продукту в рідкому виді. Для більшості спиртових заводів у повному об'ємі використовувати післяспиртову барду в рідкому виді практично неможливо. Часто виникають ситуації змушеного скорочення потужності й зупинки спиртових заводів через не реалізацію барди, особливо в літній період.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Техніко-економічне та соціальне	200378.ДП.02.ПЗ				
	Документ затверджено						

Питання можна вирішувати шляхом удосконалювання технологій утилізації барди, забезпеченням скорочення виходу рідкої барди й впровадження схем її переробки в сухі й концентровані кормові продукти. Таким чином, за виконаним аналізом інноваційних методів та способів утилізації спиртової барди необхідно відзначити загальні положення технології:

1) всі спиртові заводи повинні мати відділення з утилізації барди, з подальшою переробкою на сухий кормовий продукт або добриво;

2) при цьому необхідно враховувати що зернова, картопляна або мелясна барда відрізняється за своїм складом, концентрацією й номенклатурою сухих речовин, і, отже, за кормовою цінністю;

Потужності обладнання відділення з утилізації барди зв'язані з розрахунками – у середньому на 1 дал спирту із зерна або картоплі одержують 0,14 м³ барди, а в 1 т такої барди утримується 18,6 кг сирого протеїну, що при обробці, наприклад, перетворюється в протеїн дріжджів, і з урахуванням азоту, що вводять у корми, вміст перетравлюваного тваринами протеїну збільшується вдвічі [10].

Окрім виробництва сухого концентрату барди іноді вигідно одержувати згущену барду, яка може транспортуватися великі відстані. При цьому згущена барда використовується в якості органічного добрива. Для згущення барду упарюють до концентрації 65– 70 % залежно від вмісту сухих речовин у вихідному продукті.

Комплексні харчові добавки з високою доданою вартістю можуть знизити фінансовий ризик, надаючи промисловості вихід за межі примхливого енергетичного ринку. Побічні продукти технології етилового спирту надають можливість виробляти унікальні комплексні кормові продукти, які сприяють зростанню галузі.

3. Технологічна характеристика післяспиртової барди, фугату та кеку

Після одержання спирту в барді залишаються практично всі поживні речовини, що присутні у вихідній сировині, яка надходить у спиртове виробництво (за винятком крохмалю і сахарів). Барда являє собою досить цінний харчовий і кормовий продукт незалежно від виду вхідної сировини (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Витрати сировини для виробництва спирту і його кормова цінність [10]

Сировина для виробництва спирту	Вихід спирту з одиниці сировини, дал/т	Вихід барди, дал/дал спирту	Кормова цінність барди, 1 кг корм.од.
Пшениця	36,0	12,0	0,09
Кукурудза	37,5		0,12
Жито	35,4		0,08
Ячмінь	29,8		0,09

3.1. Апаратурно-технологічна схема переробки післяспиртової барди

Технологічна схема (рис. 3.1) виробництва сухої барди з використанням випарної установки з механічною рекомпресією для зневоднювання рідкої фази післяспиртової барди, декантерних центрифуг, пластинчастих випарних апаратів і пластинчастих теплообмінників для підігріву барди здійснюється в такій послідовності:

- післяспиртова барда з концентрацією СР 7,5...8,0 %, подається на роздільне сито, де частина її фільтрується та використовується для готування замісу;
- густа частина відфільтрованої барди та нефільтрована барда подаються в збірник а потім суміш насосом піднімається на ділянку центрифугування;
- перед центрифугуванням барду нагрівають в пластинчастому розбірному теплообмінному апараті і подають на декантерні центрифуги (або центрифуги іншого типу),
- відфугована частина барди із центрифуг направляється в сушарку, а фугат після центрифуг зливається в збірник;
- фугат нагрівається в пластинчастому паровому теплообміннику до температури кипіння та подається до першого ступеня випарки;
- після проходження всіх ступенів випарки згущена приблизно до 40 % барда направляється на сушіння.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Технологічна характеристика	200378.ДП.03.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

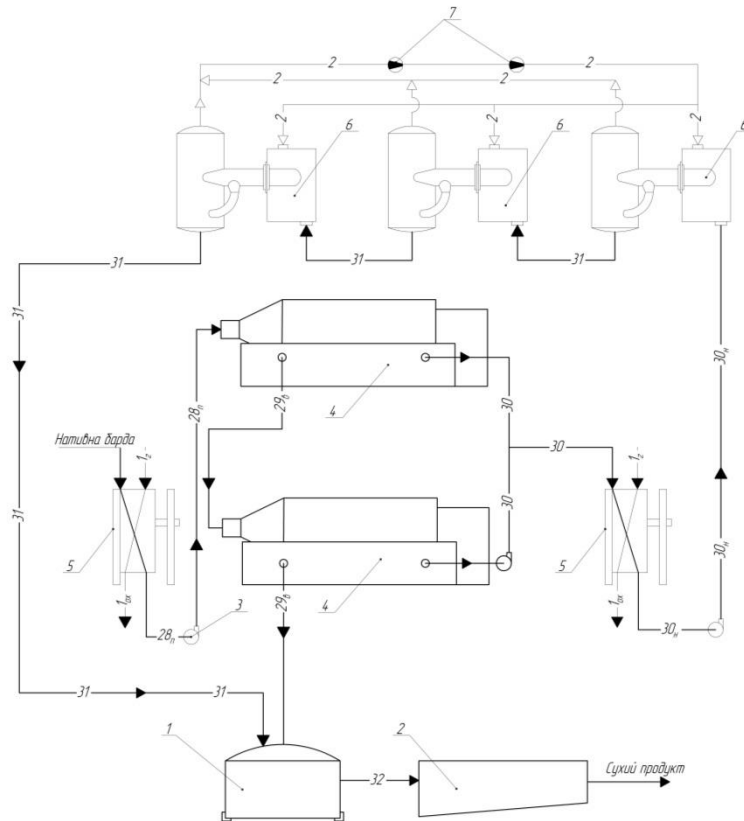


Рис. 3.1. Схема утилізації післяспиртової барди з використанням горизонтальних модернізованих центрифуг та пластинчастих випарних апаратів [11]:

1 – резервуар проміжного зберігання; 2 – сушарка; 3 – відцентровий насос; 4 – модернізована центрифуга; 5 – пластинчатий теплообмінник; 6 – випарна установка; 7 – насос-вентилятор

Останньою стадією переробки післяспиртової барди є сушіння.

Слід пам'ятати, що білки це високомолекулярні речовини природного походження, які складаються із залишків амінокислот. Вихідна (нативна) барда має кислу реакцію, високу температуру, а близько 1% від загальної маси барди зважені речовини у вигляді дробини – залишками часточок зерна й солоду, являють собою корозійно-абразивне середовище, яке при русі інтенсивно руйнує трубопроводи й технологічні апарати. У відстояній рідкій фазі барди перебувають зважені речовини у вигляді дрібнодисперсних і колоїдних суспензій, з розміром до 1÷2 мкм, а також розчинені продукти кислого бродіння, амінокислоти, рослинний жир і незазотисті екстрактивні речовини в кількості до 50% від загальної маси всіх органічних речовин, що втримуються в барді. Значення рН, при якому молекула амінокислоти перебуває в розчині у вигляді біполярного іона (колоїдної частки з мінімумом розчинності), називається ізополярною точкою. Для переводу істинно розчинених амінокислот у зважений

колоїдний стан можливо попереднє підлужування вихідної барди до рН = 6 – ізопотенційної точки $\approx 50\%$ усіх розчинених амінокислот. Після попереднього кислого бродіння, витягу дробини й наступної нейтралізації до рН=6,0 рідка фаза барди прохолоджується до температури, регламентованої процесами. Кек, вологістю $40\div 50\%$, далі направляється на сушіння, при цьому необхідно враховувати, що білки деструктують при температурі більш ніж $82\text{ }^{\circ}\text{C}$. Спосіб концентрування спиртової барди може бути використаний при утилізації стоків спиртового виробництва. Відомі способи утилізації барди в кормові дріжджі, бетаїн, глютамінову кислоту, бардяне вугілля, а також спосіб обробки аміаком стічних вод м'ясної барди до рН 8–10 і одержанням осаду фільтруванням [12] та інші.

Таблиця технологічних потоків наведена нижче.

4. Будова та принцип роботи модернізованої центрифуги ОГШ-321

4.1. Опис запропонованого технічного рішення.

Модернізована центрифуга ОГШ - 321 для розділення післяспиртової має циліндричний ротор із конструкційної легованої сталі підвищеної корозійної стійкості зі співвідношенням довжини і діаметру 1,8. Вивантажувальні, завантажувальні вікна і розгінний конус ротора захищені від абразивного зношування керамічним покриттям. Транспортування твердої фази забезпечується шнеком, лопаті якого також захищені від абразивного зношення керамічним покриттям. Шнек центрифуги двохкамерний – таке виконання дозволяє змінювати довжину зони осадження частинок в роторі і регулювати глибину очистки післяспиртової барди. Привод шнека центрифуги виповнюється в режимі «нормальний» через двохступінчатий планетарний редуктор, вбудований в ротор між корінними опорами, що суттєво підвищує безпеку експлуатації центрифуги в цілому. Ротор, шнек і інші обертові елементи центрифуги динамічно відбалансовані. Конструкція центрифуги дозволяє виконувати динамічне балансування вузлів в умовах експлуатації, якщо виникає така необхідність.

4.2. Будова і при дії відстійної центрифуги ОГШ – 321

Модернізована горизонтальна центрифуга для розділення післяспиртової барди наведена на рис. 4.1. Основними її складальними одиницями є циліндроконічний ротор 6, шнек 8, пустотілий вал 14 та вал 3. Ротор центрифуги закритий захисним кожухом 5. Ротор закріплений на валу 3 та пустотілому валу 14, та збалансований за допомогою підшипникових вузлів 4,9.

Післяспиртова барда подається через патрубок 10 та пустотілий вал 14 в робочу камеру центрифуги і через розвантажувальні вікна 7 потрапляє в ротор центрифуги.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Будова та принцип роботи	200378.ДП.04.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

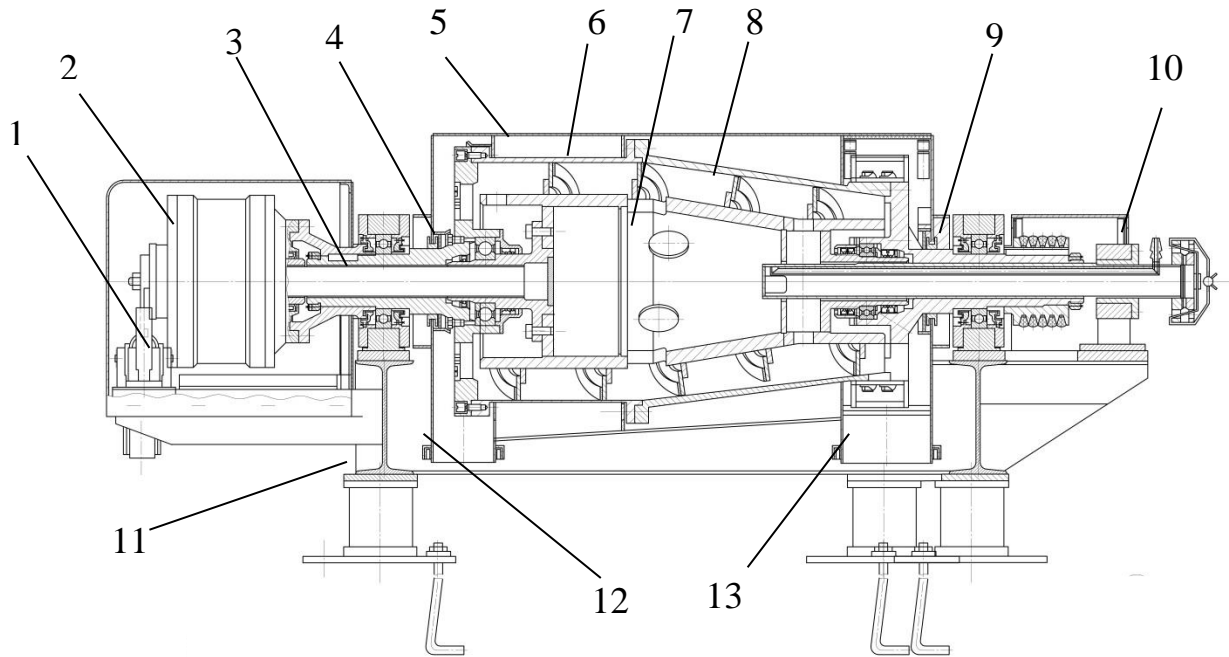


Рис. 4.1. Модернізована горизонтальна шнекова центрифуга:

1 – запобіжний пристрій; 2 – клинопасова передача; 3 – вал; 4 – підшипники; 5 – кожух; 6 – циліндроконічний ротор; 7 – вікна; 8 – модернізований шнек; 10 – вхідний патрубок; 11 – опори; 12 – камера для збору та відведення фугату; 13 – камера для збору та відведення осаду; 14 – пустотілий вал

Через розвантажувальні отвори конічної частини барабана тверда фаза під дією відцентрової сили потрапляє в розвантажувальну камеру і скидається вниз.

Рідка фаза рухається до циліндричної частини барабана і виходить через отвори його крищі. У цих отворах знаходяться точно регульовані пластини (Затворний пристрій), за допомогою яких встановлюється рівень шару рідини («глибина ставка») у барабані. Далі фугат під впливом відцентрової сили потрапляє у нерухому камеру 12 і зливається самопливом.

Очищена рідина надходить до циліндричної задньої частини барабана центрифуги декантера і витікає там через отвори в крищі барабана. У цих отворах знаходяться точно настроювані переливні перегородки, за допомогою яких можна регулювати рівень освітлюваної рідини в барабані. Освітлена рідина витікає в корпус системи спуску центрифуги.

Модернізований шнековий механізм наведено на рис. 4.2.

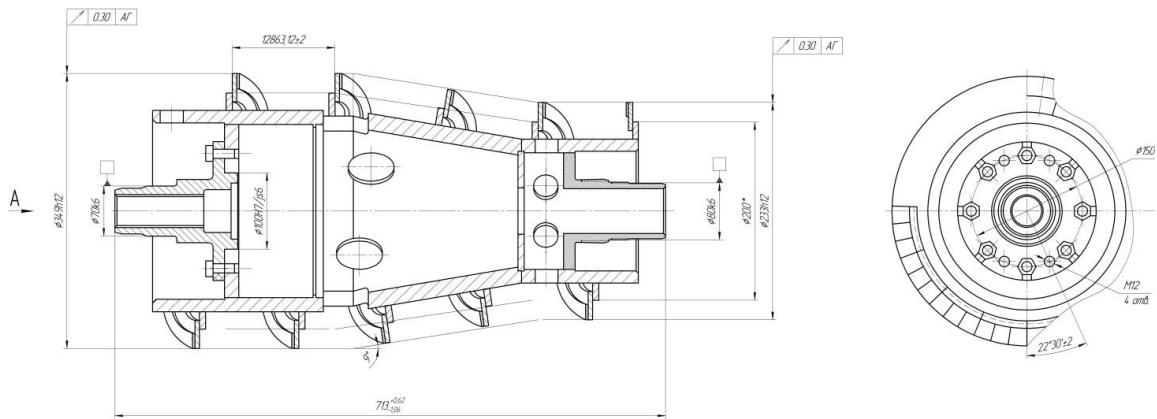


Рис. 4.2. Модернізований шнек центрифуги ОГШ-321

Модернізація транспортуючого шнекового пристрою відстійної центрифуги ОГШ-321 з метою підвищення технічного рівня полягає в заміні звичайних лопатей на пластинчасті, захищені від абразивного зношування керамічним покриттям. Заміна лопатей дозволяє підвищити продуктивність центрифуги, зменшити зношення лопатей що дає змогу подовжити термін служби машини.

Шнек обертається з більш низькою диференціальною швидкістю ніж барабана і рухає тверду фазу в напрямку конічної частини барабана. Диференціальна швидкість визначає час перебування осаду в барабані центрифуги. Тривалість перебування твердої фази в барабані є першорядним фактором, що визначає ступінь зневоднення.

Перевагами такої модернізації є:

- збільшення продуктивності при малих габаритах;
- неперервність технологічного процесу;
- можливість змінювати концентрацію суспензії під час роботи.

Горизонтальна центрифуга оснащена асинхронним двигуном 4А-120-ВУЗ. Його креслення наведено на рис. 4.3.

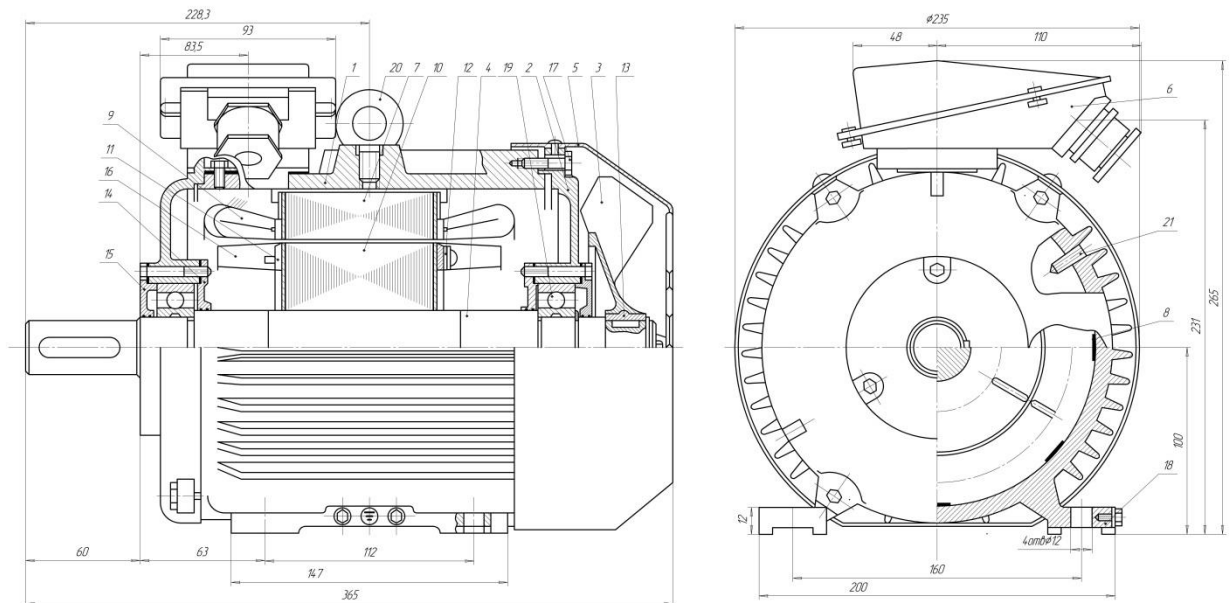


Рис. 4.3. Асинхронний двигун 4А-120-ВУЗ:

1 – станина; 2 – торцевий щит; 3 – вентилятор; 4 – кінець валу; 5 – кожух; 6 – коробка виводів; 7 – серцевина статора; 8 – скоба; 9 – обмотка статора; 10 – серцевина ротора; 11 – короткозамикаючі кільця; 12 – балансуючі вантажі; 13 – втулка; 14, 15 – підшипникові кришки; 16 – вентиляційні лопатки; 17 – 19 – елементи кріплення.

Це трьохфазний асинхронний двигун, який відповідає вимогам МЕК (Міжнародного електротехнічного комітету), який регламентує взаємозв'язок габаритів електротехніки та установочно-приєднувальними габаритами. Першим габаритним розміром була висота осі обертання. За рахунок використання удосконаленої ізоляції та магнітних матеріалів, економіко-технічні особливості двигунів 4А робили пристрої конкурентоспроможними. На тлі двигунів серій АТ і АО2 нова серія 4А приваблива в плані своєї потужності, оскільки вона збільшилася мінімум на 2 ступені, тоді як висота осі обертання залишилася незмінною.

Електродвигун виконаний в захищеному типі – має внутрішню вентиляцію (IP23). Підшипникові щити та станина виготовлені зі сталі чи чавуну. Двигун призначений для встановлення у приміщенні закритого типу з природним вентиляванням.

Робота електромотору здійснюється від трифазної мережі, напруга в якій може бути 220, 380 або 660 Вольт. Частота дорівнює 50 Герц.

Технічна характеристика центрифуги ОГШ – 321

1. Продуктивність, кг/год.	2740
Продуктивність по суспензії, м ³ /год	3,5
2. Електродвигун	
тип	4А-120-ВУЗ
потужність, кВт	7,5
частота обертання, хв ⁻¹	3000

3. Габаритні розміри, мм	
довжина	1630
ширина	1020 до 1105
висота	615
4. Число обертів, об/хв.	
барабана	2500
шнека	2480
5. Діаметр барабана, мм	350
6. Кут конусності ротора	12
7. Фактор розділення по максимальному діаметру	2230

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1. Технологічний розрахунок.

Вихідні дані для розрахунку:

- частота обертання ротора центрифуги – 3000 с⁻¹
- максимальний радіус ротора – 0,175 м;
- кут конусності ротора – 12 °
- густина фугату – 980 кг/м³
- густина кеку – 1050 кг/м³
- в'язкість барди – 1,1 · 10⁻³ Н·с/м²
- мінімальний розмір частинок кеку – 3,6·10⁻⁵ м²

Продуктивність модернізованої горизонтальної центрифуги безперервної дії з шнековим вивантаженням кеку розраховуємо по формулі [12]:

$$M_c = 3,5 \cdot R_{зл}^2 \cdot L_{зл} \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot d^2 \cdot n^2 / \mu, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (5.1)$$

де: M_c – об'ємна продуктивність по суспензії, м³/год;

$L_{зл}$ – довжина зливного циліндра, м;

$R_{зл}$ – радіус зливного циліндра, м;

ρ_1 – густина твердої фази, кг / м³;

ρ_2 – густина рідкої фази, кг / м³;

d – мінімальний розмір частинок твердої фази, м;

n – частота обертання ротора, об / хв.;

μ – в'язкість продукту, Н·с/м²

Радіус зливу розраховуємо по емпіричній з формулі:

$$R_{зл} = R_p - 0,5h, \text{ м} \quad (5.2)$$

де: R_p – максимальний радіус ротора, м;

h – висота шару рідини в роторі, м;

$$R_{зл} = 0,16 - 0,5 \cdot 0,04 = 0,14 \text{ м}$$

Злив складається з циліндричної та конічної частини, отже його довжина:

$$L_{зл} = L_{ц} + L_{к}, \text{ м} \quad (5.3)$$

де: $L_{ц}$ – довжина циліндричної частини ротора, м;

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва РОЗРАХУНКОВА	200378.ДП.05.ПЗ			
	Документ затверджено					

L_k – рівень суспензії в конічній частині ротора, м. Визначається за емпіричною формулою:

$$L_k = h / \operatorname{tg} \alpha, \text{ м} \quad (5.4)$$

де: α – кут конусності ротора, град;

$$L_k = 0,04 / \operatorname{tg} 11^\circ = 0,23 \text{ м}$$

Тоді: $L_{\text{зл}} = 0,22 + 0,23 = 0,45 \text{ м}$

Граничний розмір твердих частинок, які будуть виноситися спільно із суспензією розраховується виходячи із закону Стокса [13]:

$$d = 11,75 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{\mu / [\rho_2 \cdot (\rho_1 - \rho_2) R_{\text{зл}} \cdot n^2]}, \text{ м} \quad (5.5)$$

$$d = 11,75 \cdot 10^2 \cdot \sqrt{0,009^2 / [980(1050 - 980) \cdot 0,14 \cdot 3000^2]} = 3,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Отже, виходячи з формули (5.1) продуктивність центрифуги буде:

$$M_c = 3,5 \cdot 0,14^2 \cdot 0,45(1050 - 980) \cdot (3,6 \cdot 10^{-5})^2 \cdot 3000^2 / 0,009 = 2,8 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$\text{або } M_c = 3,5 \cdot 980 = 2744 \text{ кг/год}$$

Продуктивність машини по сухому залишку барди:

$$M_{\text{ш}} = M_c \cdot 0,065; \text{ м}^3 / \text{год}$$

де 0,065 – коефіцієнт виходу сухої барди від суспензії

$$M_{\text{ш}} = 2,8 \cdot 0,065 = 0,182 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$\text{або } M_{\text{ш}} = 0,182 \cdot 1050 = 191,1 \text{ кг/год}$$

Розрахуємо фактор розділення або критерій Фруда, який являє собою співвідношення, яке показує у скільки разів прискорення a_v від дії відцентрової сили більше за прискорення g від сили тяжіння. Залежить від частоти обертання і радіуса ротора [13]:

$$F_v = \frac{a_v}{g} = \frac{\omega^2 \cdot R_p}{g} = 112 \cdot 10^{-5} \cdot R_p \cdot n^2 \quad (5.6)$$

де ω – кутова швидкість ротора, рад/с;

R_p – внутрішній радіус ротора, м;

n – число обертів ротора, хв.⁻¹;

$$F_v = 112 \cdot 10^{-5} \cdot 0,16 \cdot 3000^2 = 16128$$

Що є допустимим для даного класу центрифуг.

5.2. Енергетичний розрахунок

Вихідні дані для розрахунку:

- продуктивність центрифуги по кеку – 50 кг/с
- мінімальна вологість кеку – 65%
- продуктивність по фугату – 0,762 кг/с
- радіус зливного циліндра – 0,14 м
- довжина барабана центрифуги – 0,576 м
- ККД редуктора – 95 %

Повна потужність, яка затрачається шнековою відстійною центрифугою, складається з окремих складових енергетичного балансу [14]:

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \text{кВт}$$

де N_1 – потужність, яка затрачується на надання кінетичної енергії зливу фугату та кеку, який викидається з барабана:

$$N_1 = n^2 \left[G_{\text{ТВ}} \left(1 + \frac{b^2}{100} \right) R_{\text{вк}}^2 + G_{\text{ф}} \cdot R_{\text{зл}}^2 \right], \text{кВт} \quad (5.7)$$

де n – частота обертання ротора, с^{-1} ;

$G_{\text{ТВ}}$ – продуктивність центрифуги по сухому залишку, кг/с;

b – мінімальна вологість кеку, %;

$R_{\text{вк}}$ – радіус розстановки вікон для вивантаження кеку, м;

$G_{\text{ф}}$ – продуктивність по фугату, кг/с;

$R_{\text{зл}}$ – радіус зливного циліндра.

$$\text{Тоді: } N_1 = 50^2 \cdot \left[0,053 \cdot \left(1 + \frac{65^2}{100} \right) \cdot 0,12^2 \cdot 0,762 \cdot 0,14^2 \right] = 0,12 \text{кВт}$$

N_2 – потужність, що затрачається на подолання тертя при транспортуванні кеку в середині машини.

$$N_2 = N_2' + N_2'' + N_2''', \text{кВт}$$

де N_1 – потужність, що затрачається на подолання складової відцентрових сил, направлених вздовж твірної барабана.

$$N_1' = n^2 \cdot R_{cp} \cdot L \cdot G_{m\epsilon} \left(1 + \frac{b}{100}\right) \cdot \operatorname{tg} \beta, \text{кВт}$$

де R_{cp} - середній радіус барабана, м;

L – довжина барабана цетрифуги, м;

β – кут конусності ротора, град;

$$N_2' = 50^2 \cdot 0,14 \cdot 0,576 \cdot 0,053 \cdot \left(1 + \frac{65}{100}\right) \cdot \operatorname{tg} 11^\circ = 0,3 \text{кВт}$$

N_2'' - потужність, що затрачається на подолання тертя між кеком і стінками барабана:

$$N_2'' = n^2 \cdot R_{cp} \cdot L \cdot G_{m\epsilon} \left(1 + \frac{b}{100}\right) \cdot K_1, \text{кВт}$$

де $K_1 = 0,3 \div 0,8$ - коефіцієнт тертя кеку об стінки.

$$N_2'' = 50^2 \cdot 0,14 \cdot 0,576 \cdot 0,053 \cdot \left(1 + \frac{65}{100}\right) \cdot 0,8 = 0,14 \text{кВт}$$

N_2''' - потужність, що затрачається на подолання сил тертя між кеком і витками шнека.

$$N_2''' = \pi \cdot n^2 \cdot R_{cp} \cdot K_2 \cdot z \cdot G_{m\epsilon} \left(1 + \frac{b}{100}\right) \cdot (\sin 2\beta + 2K_1 \cdot \cos^2 \beta), \text{кВт}$$

де: $K_2 = 0,15 \div 0,4$ - коефіцієнт тертя кеку об поверхню витків шнека.

z – число витків шнека ($z = 8$);

$$N_2''' = 3,14 \cdot 50^2 \cdot 0,14^2 \cdot 0,4 \cdot 8 \cdot 0,053 \cdot \left(1 + \frac{65}{100}\right) \cdot (\sin 11^\circ + 2 \cdot 0,8 \cdot \cos^2 11^\circ) = 0,81 \text{кВт}$$

Тоді загальна N_2 :

$$N_2 = 0,3 + 0,14 + 0,81 = 1,25 \text{кВт}$$

N_3 - потужність, що затрачається на подолання шкідливих опорів в машині (в редукторі, цапфах і ущільненнях, барабана об повітря):

$$N_3 = N_3' + N_3'' + N_3''', \text{кВт}$$

де N_3' - потужність, яка витрачається на подолання тертя в редукторі:

$$N_3' = (1 - \eta) \cdot i \cdot N_2, \text{кВт}$$

де $\eta = 0,95 \div 0,98$ - ККД редуктора;

$i = 30 \div 50$ - відношення частоти обертання барабана до різниці частот обертання барабана і шнека.

$$N_3' = (1 - 0,95) \cdot 45 \cdot 1,25 = 2,812 \text{ кВт}$$

N_3'' - витрати потужності на подолання сил тертя у цапфах і ущільненнях.

$$N_3'' = 1,29 \cdot 10^{-2} \cdot G_2 \cdot D_p \cdot n \cdot K_3 \cdot K_4, \text{ кВт}$$

де G_2 - вага обертових частин центрифуги з бардою, 60 кг;

D_p - максимальний діаметр ротора, 0,35 м;

K_3 - коефіцієнт, який враховує втрати при холостому ході, приймаємо рівним 3;

K_4 - коефіцієнт тертя в цапфах, приймаємо рівним 0,08;

$$N_3'' = 1,29 \cdot 10^{-2} \cdot 60 \cdot 0,32 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 0,08 = 2,972, \text{ кВт}$$

N_3''' - потужність, яка затрачується на подолання сил тертя барабана об повітря.

$$N_3''' = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot L \cdot D_p^4 \cdot n^3, \text{ кВт}$$

де: L - довжина барабана, 0,576 м;

D_p - діаметр барабана, 0,35 м;

n - частота обертання барабана, 3000 хв⁻¹

$$N_3''' = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot 0,576 \cdot 0,32^4 \cdot 3000^3 = 0,215, \text{ кВт}$$

Тоді загальна потужність N_3 дорівнює:

$$N_3 = 2,812 + 2,972 + 0,215 = 6 \text{ кВт}$$

Повна потужність електродвигуна буде:

$$N = 0,12 + 1,25 + 6 = 7,37, \text{ кВт}$$

По каталогу вибираємо електродвигун типу 4A100S4У3, потужністю 7,5 кВт з частотою обертання $n = 3000$ хв⁻¹.

5.3. Механічний розрахунок

Основною деталлю центрифуги, являється швидкообертовий ротор, який являє собою циліндро-конічну обичайку, закриту по боках кришками.

Розраховуючи обичайку на міцність слід враховувати дію на неї радіального інерційного навантаження, яке викликане обертанням самої обичайки [15].

Коли роторі знаходиться рідина, на стінку обичайки додатково діє гідростатичний тиск рідини, що обертається разом з ротором [16].

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал барабану – Сталь 40х;
- межа текучості $G_T = 680 \text{ МПа}$;
- густина фугату $\rho_p = 980 \text{ кг/м}^3$;
- внутрішній радіус барабана $R = 160 \text{ мм}$;
- радіус внутрішньої циліндричної поверхні рідини $R_1 = 120 \text{ мм}$;
- товщина стінки обичайки $\delta = 10 \text{ мм}$;
- кут конусності конічної частини $\alpha = 12^\circ$
- коефіцієнт запасу міцності для барабана $n_T = 2$

Тоді допустима межа текучості буде дорівнювати [16]:

$$[G] = \frac{G_T}{n_T} = \frac{680}{2} = 340 \text{ МПа}$$

Тиск шару рідини, що обертається разом з ротором, на стінку буде становити:

$$P = \frac{\rho_p \cdot \omega^2}{2} \cdot (d_0^2 - d_1^2) = \frac{\rho_p \cdot v^2 \cdot \psi}{2};$$

де ρ_p – густина рідини, кг / м^3 ;

ω – кутова швидкість ротора;

d_0 - зовнішній радіус шару рідини, м;

d_1 - внутрішній радіус шару рідини, м;

v - колова швидкість обертання ротора, м/с;

ψ - степінь наповнення ротора.

Кутова швидкість обертання ротора буде:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ рад/с}$$

Колова швидкість становить:

$$v = \omega \cdot V_0 = 314 \cdot 0,16 = 50,24 \text{ м/с}$$

Степінь наповнення ротора буде:

$$\psi = \frac{(V_0^2 - V_1^2)}{V_0^2} = \frac{(0,16^2 - 0,12^2)}{0,16^2} = 0,437$$

Тиск рідини на стінку дорівнює:

$$P = \frac{980 \cdot 50,24^2 \cdot 0,437}{2} = 54 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Знаходимо напруження в стінці обичайки від сил інерції:

$$\sigma_0 = v^2 \cdot \rho = 50,24^2 \cdot 7850 = 19,8 \cdot 10^6, \text{ Па}$$

Відношення густини рідини і матеріалу барабана:

$$\pi = \frac{\rho_p}{\rho} = \frac{980}{7850} = 0,125$$

Використовуючи рівняння Лапласа, колове напруження в стінці ротора буде:

$$\sigma_k = \left(\frac{\lambda \cdot \psi \cdot V_0}{2\delta} + 1 \right) \cdot \sigma_0;$$

δ – товщина обечайки

$$\sigma_k = \left(\frac{0,125 \cdot 0,437 \cdot 0,16}{2 \cdot 0,01} + 1 \right) \cdot 19,8 \cdot 10^6 = 28,45 \text{ МПа}$$

Для розрахунку меридіального напруження в циліндричній частині ротора потрібно розрахувати повний тиск рідини на днище ротора [16].

$$P = \frac{\pi \cdot \rho_p \cdot v^2 \cdot V_0^2 \cdot \psi^2}{4}$$

$$\text{тоді: } P = \frac{3,14 \cdot 980 \cdot 50,24^2 \cdot 0,16^2 \cdot 0,437^2}{4} = 9,5 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Меридіальне напруження дорівнює [15]:

$$\sigma_m = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot V_0 \cdot \delta} = \sigma_0 \cdot \frac{V_0 \cdot \delta \cdot \psi^2}{8 \cdot \delta},$$

$$\sigma_m = 19,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,16 \cdot 0,125 \cdot 0,437^2}{8 \cdot 0,01} = 0,95 \text{ МПа}$$

З рівняння видно, що $\sigma_k > \sigma_m$. Величиною радіального напруження σ_r , меншого за σ_k і σ_m , нехтуємо, так як:

$$\sigma = 28,45 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 340 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Визначаємо швидкість обертання ротора, при якій матеріал обечайки буде переходити в пластичний стан

$$v_T = \sqrt{\frac{\sigma_T}{\frac{\rho_P \cdot V_0 \cdot \psi}{2\delta} + \rho}}, \text{ м/с}$$

де: σ_T – границя текучості матеріалу, Па;

$$v_T = \sqrt{\frac{680 \cdot 10^6}{\frac{980 \cdot 0,16 \cdot 0,437}{2 \cdot 0,01} + 7850}} = 245, \text{ м/с}$$

Що набагато більше за діючу швидкість обертання барабана.

Розраховуємо конічну частину обечайки на міцність.

Гідравлічний тиск на радіусі x [16]:

$$P = \frac{\rho_P \cdot \omega^2}{2} \cdot (x^2 - V_1^2)$$

Інтенсивність сил інерції викликаних в стінці обертаючого ротора при радіусі x :

$$q - \delta \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot x \cdot \cos \alpha$$

Тоді з рівняння Лапласа отримаємо:

$$\sigma_k = \frac{0,5 \cdot \rho_P \cdot \omega^2 \cdot (x^2 - V_1^2) \cdot x \cdot h \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot x^2 \cdot \cos \alpha}{\delta \cdot \cos \alpha};$$

Мередіальне напруження σ_m знаходимо прийнявши, що осьові складові мередіальних сил пружності зрівноважують тиск рідини P на площу кола радіусом x :

$$P = \sigma_m \cdot \cos \alpha \cdot 2\pi \cdot x \cdot \delta;$$

так як:

$$\sigma_M = \frac{\rho_p \cdot \omega^2 \cdot (x^2 - V_1^2)^2}{8 \cos \alpha - x \cdot \delta};$$

Максимальне значення напруження σ_K і σ_M буде (при $x = R$) складає:

$$\sigma_{K(\max)} = \frac{0,5 \cdot \rho_p \cdot \omega^2 \cdot (R^2 - V_1^2) \cdot R \cdot \rho \cdot \delta \cdot \omega^2 \cdot R^2 \cdot \cos \alpha}{\delta \cdot \cos \alpha};$$

$$\sigma_{K(\max)} = \frac{0,5 \cdot 980 \cdot 314^2 \cdot (0,16^2 - 0,12^2) \cdot 0,16 + 7850 \cdot 0,01 \cdot 314^2 \cdot 0,16^2 \cdot \cos 11^\circ}{0,01 \cdot \cos 11^\circ} = 19,9 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Максимальне меридіальне напруження на конічну обичайку ротора становить:

$$\sigma_{M(\max)} = \frac{\rho_p \cdot \omega^2 \cdot (R^2 - V_1^2)^2}{8 \cos \alpha - R \cdot \delta};$$

$$\sigma_{M(\max)} = \frac{980 \cdot 314^2 \cdot (0,16^2 - 0,12^2)^2}{8 \cos 11^\circ \cdot 0,16 \cdot 0,01} = 0,961 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Так як $\sigma_K > \sigma_M$ і $\sigma_K \leq [\sigma]$, то умова виконується.

6. Підбір конструкційних матеріалів

При виборі конструкційних матеріалів враховується якість та безпечність матеріалу при взаємодії з харчовою продукцією а також правила техніки безпеки при обслуговуванні машини робочим персоналом [18].

Ротор центрифуги зварної конструкції виготовляють із корозієстійкої сталі AISI 316L ДСТУ 7806:2015, або із титанових сплавів. Деталі ротора (ступиця, днище, обід, борт, спиці, стійки ін.) зазвичай виконують із поковок, листового прокату, рідше - литими.

Вал центрифуги та цапфи виготовляють із поковок конструкційної легованої сталі 40 (ДСТУ 7809:2015).

Корпус блоку гідравлічних золотників відливають із чавуну марки СЧ 18 (ДСТУ 8833:2019). Гільзи виготовляють із чавуну АСЧ-1 (ДСТУ 3925-98), поршні із сталі 20Х13, пружини поршнів - зі сталі 65Г (ДСТУ 7809:2015) у вигляді дроту діаметром 0,8 (ДСТУ 3282-74).

Корпус планетарного редуктора шнекової центрифуги виготовляють із поковки сталі 40. Ванни з внутрішніми зубцями виготовляють із сталі 40Х або аналогічної їй, шестерні (сателіти) - із поковок легованої сталі 38ХМЮА яка азотується та цементується.

Для виготовлення каркасів використовуються сталені прокатні вироби, а саме: кутники і швелери, а для опорних конструкцій - двотаврові балки.

Для виготовлення кутників вибираємо сталь Ст. 3_{сп} ДСТУ 2651- 94, оскільки кутники використовуються як зв'язкові елементи металоконструкцій і їх необхідно зварювати. Для виготовлення швелерів та двотаврових балок використовується сталь Ст. 3 ДСТУ 2651-94.

Для виготовлення деталей кріплення болтів та гайок використовуємо також сталь Ст3сп.

Металеві та неметалеві покриття в харчовому машинобудуванні застосовують в основному для захисту виробів від корозії, а також для підвищення зносостійкості деталей машин та відновлення їх при ремонті.

До покриття деталей машин та апаратів висувають наступні основні вимоги:

1. Матеріал має бути не токсичним та не повинен передавати продуктам харчування і сировині запахів;
2. Покриття не повинно мати пористості для запобігання підплівкової корозії та подальшого відпадання нанесеного шару. Суцільність покриття контролюється спеціальними приладами;

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Підбір	200378.ДП.06.ПЗ				
	Документ затверджено						

3. Покриття повинні мати високі механічні якості та міцне зчеплення з основним металом;
4. Слід забезпечити отримання рівномірної полімерної плівки заданої товщини в залежності від призначення покриття та умов роботи обладнання;
5. Покриття повинні бути хімічно стійкими до харчових середовищ і миючих засобів, атмосферних впливів, а також мати добрі захисно-декоративні якості.

Полімерні матеріали можуть наноситись на поверхню різними способами: напиленням, зануренням в ванну, обливанням, щіткою, аерозолями тощо.

7. Монтаж, ремонт та експлуатація модернізованої центрифуги

7.1. Підготовка до монтажу

Для монтажу, збирання й розбирання центрифуг потрібний підймальний механізм вантажопідйомністю не менше 3 т, розміщений над центрифугою на висоті не нижче 7 м від рівня підлоги [19]. Устаткування й будівельні деталі на місці монтажу центрифуги не повинні перешкоджати вільному входу й виходу повітря, що охолоджує головний електродвигун, і закривати його вентиляційні вікна. Необхідно захищати електродвигун від потрапляння рідини й пари. Неприпустимо, щоб електродвигун перебував на відстані менше 1 м від гарячих трубопроводів [20].

7.2. Монтаж центрифуги

Монтаж центрифуги включає наступні операції [20]:

Встановлення центрифуги у проектне положення й закріплення на фундаменті;

Підвід всіх необхідних технологічних комунікацій: трубопроводи підвожу післяспиртової барди, та охолоджувальної рідини, відводу фугату і вивантаження осаду.

Збірка електричної схеми центрифуги й підведення електроживлення;

Збірка системи контрольно-вимірювальних приладів і до неї підведення живлення згідно з проектом.

Розконсервування центрифуги відповідно до інструкції з монтажу та експлуатації заводу-виробника;

Змащення підшипників, заправка в потрібному об'ємі вузлів центрифуги з картерним змащенням (планетарний редуктор, турбомуфта), залив масла в систему змащення центрифуги.

Перевірка запірної арматури на технологічних трубопроводах [21].

7.3. Підготовка до пуску і пуск центрифуги

Після проведення перерахованих вище операцій розпочинають передпускові операції.

Спочатку вмикають електродвигун привода маслососа та перевіряють правильність його підключення, функціонування системи змащення або гідросистеми. Проводять налаштування тиску, якщо воно не відповідає інструкції. Далі вмикають двигун привода центрифуги та перевіряють напрямок обертання ротора [20];

Якщо масло насос підключений вірно, системи змащення працюють належним чином і ротор центрифуги обертається в правильному напрямку,

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна		Статус документа		
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Монтаж, ремонт	200378.ДП.07.ПЗ			
	Документ затверджено					

включають привід центрифуги і виводять її в режим холостого ходу на робочій частоті обертання ротора.

У тому випадку, якщо центрифуга має кілька робочих швидкостей, перший пуск необхідно виконувати на найменшій, щоб механізми могли припрацюватися;

Випробування на холостому ходу повинні проводитися не менше 2 годин, щоб можна було переконатися, що температура в контрольних точках (підшипники опор, температура масла й ін.) встановилася в допустимих нормах, зазначених у керівництві заводу-виробника. Вібрація центрифуги не повинна перевищувати допустимих значень. Відсутність протікання масла й інших рідин у системі — це обов'язкові функції центрифуги [4].

7.4. Ремонт центрифуги

У процесі експлуатації центрифуги піддаються поточному, середньому і капітальному ремонту. Міжремонтні пробіги в основному залежать від умов експлуатації машин. Розрахунковий термін служби центрифуг становить, як правило, 8-10 років.

У вузлі ротора центрифуги ОГШ найбільш часто виходять із ладу підшипники, ущільнення, зливальні втулки та вивантажувальні вікна. Тому центрифугу й ротор розбирають в об'ємі, необхідному для ремонту або заміни зазначених деталей [21].

При значному зношуванні вивантажувальних вікон роблять наплавлення зношених місць і зачищення їх до номінального розміру. Підшипники, ущільнення, та зливальні втулки заміняють на нові. Після ремонту ротор обов'язково піддають динамічному балансуванню.

У **шнеках** найбільшому зношуванню у процесі експлуатації піддаються витки і завантажувальні втулки. Центрифугу розбирають в об'ємі, необхідному для зняття шнека. Шнек очищають від продукту і промивають. Витки наплавляють до необхідного діаметра твердим сплавом ВЗК (стеліт) або сормайтом. Після наплавлення шнек проточують на токарському верстаті і зачищають пневматичною турбіною по площині й фасці [18]. На верстаті шнек виставляють по посадкових шийках підшипників. Допустиме биття шийок — 0,03 мм. Сильно зношений шнек підлягає заміні. Завантажувальні втулки із графітовими кільцями ремонту не підлягають і заміняються на нові [21].

При зношуванні сталевих зливальних втулок роблять наплавлення виробленої частини й зачищення її до номінального діаметра. При зношуванні цапфи шнека виготовляється нова або наплавляється зношена цапфа із припуском на шийку під підшипник 2-3 мм на діаметр. Шнек збирають із

цапфою і роблять остаточну обробку шийки цапфи. При обточуванні його виставляють по шийці підшипника другої цапфи [18].

Перед збиранням шнек необхідно піддавати динамічному балансуванню. При ремонті шнека встановлюють нові шарикопідшипники й манжети ущільнень [18].

Для *ремонту пари вал-підшипник* застосовують два способи: відновлення шийки вала до мінімального розміру і створення натягу у з'єднанні за рахунок зменшення на відповідну величину отворів внутрішнього кільця підшипника хромуванням.

Відремонтовані вали повинні задовольняти такі основні технічні умови: геометричні розміри відремонтованих шийок повинні бути виконані з допусками, установленими для номінальних розмірів; чистота їхньої поверхні повинна бути не нижче 0,8; відхилення основних і допоміжних баз від осі не повинне перевищувати 0,03 мм [18].

8. Автоматизація управління центрифугою ОГШ-321

Сучасні можливості в області автоматизації мінімізують зусилля, необхідні для експлуатації системи. При автоматизації процесів провідну роль відіграє контроль окремих функцій та взаємодія окремих компонентів. Інтерфейс управління InGo дозволяє легко контролювати всі важливі параметри виробничого процесу. Модуль безпеки і управління приводом центрифуги також оснащений інтерфейсом InGo. Завдяки автоматизації приводу центрифуга може забезпечити стабільні робочі характеристики обладнання та технології безпеки.

Для оптимальної роботи центрифуги необхідно:

- підтримувати частоту обертання ротора від 900 до 1200 об/хв;
- автоматизувати систему змащення підшипників ротора;
- встановити оптимальний режим роботи у співвідношенні продуктивність – глибина очищення з плавним регулюванням частоти обертання ротора.

8.1. Переваги шаф управління центрифугами на базі частотних регуляторів швидкості та програмованих логічних реле

Оснащення горизонтальної центрифуги шафою управління на базі частотного регулятора та програмованих логічних реле надасть такі переваги [22]:

1. Вибір режимів роботи.
2. Можливість плавної зміни швидкості обертання центрифуги у діапазоні від 0 до 200% від номінального.
3. Комплексний захист приводу центрифуги (від короткого замикання, перегріву, обриву фази, перекосу фаз).
4. Захист технологічного обладнання від невмілих дій оператора (блокування подачі суміші в центрифугу до виходу на задані обороти).
5. Захист опор центрифуги від перегріву.
6. Захист від несанкціонованого доступу.
7. Незалежність від коливання мережі живлення (від 240В до 480В).
8. Діагностика підсистем центрифуги.
9. Автоматичний облік моторесурсу центрифуги.
10. Інформаційна система швидкого пошуку несправності.
11. Можливість роботи у широкому діапазоні температур.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва	200378.ДП.08.ПЗ			
	Документ затверджено	Автоматизація				

9. Правила техніки безпеки при роботі з центрифугою ОГШ-321

Центрифуги закритого конструктивного виконання можна віднести до машин малого рівня небезпеки. Вони не працюють при великих надлишкових тисках, чи високих температурах. Робочі органи закриті зовні огорожуючими конструктивними елементами [23].

Джерелом живлення приводу технологічного обладнання крохмального цеху є мережа промислового струму наругою 380 В, тому при його експлуатації слід звернути увагу на основні правила техніки безпеки при роботі з електрообладнанням (ДСТУ EN 50495:2017). Робочі елементи машини розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять.

Центрифуги приводяться в рух електричними двигунами, і повинні відповідати ПУЕ, бути надійно заземленими, так як під час роботи на них можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Передачі приводу мають бути закриті захисними кожухами. Обов'язковими також є запобіжні пристрої для безпеки при ремонті чи оглядах.

Протягом всього терміну експлуатації центрифуги необхідно слідкувати за станом ізоляції на елементах мережі та заземлення. Це дає можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин [24].

При експлуатації центрифуг особливу увагу слід звернути на їх герметичність і відсутність підтікання. Відкриті рухомі частини (зубчасті сегменти, муфти, виступаючі кінці валів, махові колеса, гребінки тощо), передачі (шків, паси) повинні мати захисні засоби, які забезпечують безпеку при обслуговуванні, виступаючі частини машин, що обертаються (шпонки, штопорні гвинти тощо) закриті гладенькими футлярами. Зубчасті шестерні, муфти редукторів повинні бути закритими з усіх сторін кожухами (щитками).

Пристрої для пуску і зупинки машин і агрегатів розміщують так, щоб ними можна було користуватися зручно і швидко (ДСТУ 3273-95 Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги). Всі частини машин, апаратів, що потребують змащування, повинні бути оснащені автоматичними мастильними приладами. Якщо таких приладів немає, а підшипники треба наповнити мастилом під час роботи трансмісії, змащувати їх можна лише при безпечному підході до підшипників, або при допомозі спеціальних трубок і маслянок, виведених у безпечну і зручну зону (ДСТУ 2293:2014 Охорона праці).

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Правила техніки	200378.ДП.09.ПЗ			
	Документ затверджено					

10. Дотримання концепції сталого розвитку

Стратегічна екологічна оцінка (СЕО) стратегій, планів і програм дає можливість зосередитися на всебічному аналізі можливого впливу планованої діяльності на довкілля та використовувати результати цього аналізу для запобігання або пом'якшення екологічних наслідків в процесі стратегічного планування. СЕО - це новий інструмент реалізації екологічної політики, який базується на простому принципі: легше запобігти негативним для довкілля наслідкам діяльності на стадії планування, ніж виявляти та виправляти їх на стадії впровадження стратегічної ініціативи. Метою СЕО є забезпечення високого рівня охорони довкілля та сприяння інтеграції екологічних факторів у підготовку планів і програм з метою забезпечення збалансованого (сталого) розвитку.

В Україні створені передумови для імплементації процесу СЕО, пов'язані з розвитком стратегічного планування та національної практики застосування екологічної оцінки [25].

Підприємства спиртової промисловості України потребують перетворення своєї структури з метою переходу на модель інноваційного розвитку. Вона здатна надати новий імпульс для підвищення конкурентоспроможності окремих підприємств та промисловості в цілому. Важливим питанням залишається розробка та освоєння інновацій на систему забезпечення стійкого зростання, структурні перетворення виробничого процесу та промислового підприємства; спрямованість інноваційного процесу на розвиток підприємства, що пов'язаний із трансформаціями організації процесу виробництва; оновленням складу контрагентів у сучасних умовах; підвищення ефективності виробництва й одержання конкурентних переваг на базі ефективного використання власного виробничого потенціалу [26].

Ринок спирту в Україні є монополізованим, але при цьому не відзначається високим рівнем сталості та структурованості. Збереження потужностей українських спиртових заводів можливе за умови запровадження інновацій та реконструкції діючих спиртових заводів, що дозволить захистити внутрішній ринок та наростити експорт.

Державна система управління має власні принципи, які зумовлені особливостями об'єкта управління, а саме [27]: – єдність екологічного та технологічного підходів; – комплексне розв'язання завдань раціонального використання природних ресурсів і охорони довкілля; – облік територіальних можливостей розташування виробництв і використання природних ресурсів, які

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Дотримання ...	200378.ДП.10.ПЗ			
	Документ затверджено					

вимагають диференційованого підходу до вирішення проблем щодо природокористування.

Природокористування – це комплексна система, яка охоплює міжнародні, державні та громадські заходи, що передбачають раціональне використання, відновлення та охорону природних ресурсів [28]. Перехід до принципів сталого розвитку тісно пов'язаний із раціональним використанням природних ресурсів і функціонуванням еколого-економічної системи, концепція якої ґрунтується на економічних, соціальних, технологічних і біологічних процесах, які пов'язані між собою та взаємозалежні. У зв'язку з цим необхідно встановлювати цільові орієнтири й обмеження із забезпеченням процедури контролю за їх дотриманням [29].

На 83-х спиртових заводах, які переробляють на спирт мелясу і крохмаловмістку сировину, за рік утворюються близько 4 млн. м³ відходів мелясного і післяспиртової барди. Крім відходів, на цих заводах утворюється приблизно 8 млн. м³ слабозабруднених стічних вод, які недозволено скидати в відкриті водойми.

Сьогодні мелясну барду на більшості спиртових заводів не утилізують, а неочищену разом зі стічними водами скидають в відстійники, де ця суміш загниває, забруднює водні об'єкти, землю і повітря.

Барда є складною полідисперсною системою, сухі речовини якої знаходяться у зв'язному стані. При переробці в спирт крохмалевмісної сировини в барду переходять сухі речовини бражки.

В даний час на більшості спиртових заводів світу барду тим чи іншим чином переробляють, в основному на корми. Іноді її використовують як корм в непереробленому вигляді, але це незручно, так як барда дуже недовго зберігається, а перевозити її не вигідно.

Виробництво біогазу з барди вирішить питання екології та заощадить енергетичні ресурси. Вихід біогазу з 1 м³ відходів становить 28-30 м³. При спалюванні 1 м³ біогазу виділяється енергія, яка еквівалентна 1,6-2,0 кВт електроенергії, або кількості тепла, виділеного при спалюванні 0,7 м³ природного газу [30].

З іншого боку, барда, завдяки вмісту клітковини, вуглеводів, білка і мікроелементів може служити сировиною для виробництва корму для тварин та інших корисних продуктів.

ВИСНОВКИ

Стічні води спиртових заводів, що переробляють крохмальвмісну сировину, відносяться до категорії висококонцентрованих за органічним забрудненням. Їх склад і кількість залежать від технології виробництва спирту, а необхідна ефективність очищення обумовлена умовами скидання. Слід відзначити, що у середньому на 1 дал спирту із зерна або картоплі звичайно одержують 0,14 м³ барди.

Практично всі спиртові заводи за межами нашої країни мають відділення з утилізації барди, продуктом виробництва якого є сухий кормовий продукт

Всі шляхи переробки після спиртової барди включають операцію центрифугування, яка здійснюється на горизонтальній автоматизованій центрифугі безперервної дії. Сучасні конструкції таких центрифуг мають ряд недоліків, зокрема високий вміст твердої фази у фугаті, складну конструкцію, високу матеріалоємність та ціну.

Модернізація транспортуючого шнекового пристрою відстійної центрифуги ОГШ-321 з метою підвищення технічного рівня полягає в заміні звичайних лопатей на пластинчасті, захищені від абразивного зношування керамічним покриттям. Заміна лопатей дозволяє підвищити продуктивність центрифуги, зменшити зношення лопатей що дає змогу продовжити термін служби машини.

Перевагами такої модернізації є:

- збільшення продуктивності при малих габаритах;
- неперервність технологічного процесу;
- можливість змінювати концентрацію суспензії під час роботи.

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва ВИСНОВКИ	200378.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мов а	Арку ш

Список використаних джерел

1. Жонлер, І. В. Організаційно – методичні підходи до підвищення ефективності підприємств спиртової промисловості України. *Агронерспектива*, 2012. № 8. С. 27 – 35
2. Українець, А. Р. Спиртова галузь на шляху до інноваційного розвитку. *Харчова і переробна промисловість*, 2013. №7. С. 35 – 47
3. Нагорний, Є.І. Інноваційні напрями розвитку підприємств цукрової та спиртових галузей харчової промисловості. *Проблеми науки*, 2011. №1. С. 37 – 40.
4. Пушанко, М.М. Центрифугування цукрових утфелів. Теорія і практика : монографія / М. М. Пушанко, В. А. Лагода, Н. М. Пушанко, А. Ю. Гуменюк. – К. : Вища освіта, 2010. - 440 с
5. Центрифуги осадительные горизонтальные со шнековой выгрузкой осадка типа ОГШ. URL: <https://frunze.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/Centrifugi-OGSh.pdf> (дата звернення 14.04.2022)
6. Севостьянов, И. В. Процессы и оборудование для виброударного разделения пищевых отходов: монография / И. В. Севостьянов. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. — 417 с.
7. Декантерні центрифуги. URL: <https://www.alfalaval.ua/products/separation/centrifugal-separators/decanter/> (дата звернення 24.04.2022)
8. Декантерні центрифуги Flottweg URL: <https://www.flottweg.com/product-lines/decanter/> (дата звернення 03.05.2022)
9. Федулова І.В. Інноваційний потенціал підприємства: монографія / І.В. Федулова, Г.О. Кундєєва. — К. : НУХТ, 2010. — 346с
10. Бухкало, С. І. Дослідження та аналіз інноваційних заходів з технології комплексної утилізації післяспиртової барди. / С.І. Бухкало, О.І. Ольховська, О.В. Ольховська, М.М. Зіпунніков // *Вісник Національного технічного університету ХПІ. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, 2019. – № 15, – с. 66-74.
11. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах: Підручник / Л.Л. Товажнянский, С.І. Бухкало, П.О. Капустенко та ін. – К.: ЦНЛ, 2011. – 832 с.
12. Бухкало С.І. Спосіб концентрування спиртової барди. Патент на корисну модель 40625, Україна. 2009, Климовский Д.Н., Смирнов В.А., Стабников В.Н. *Технология спирта*. М., 1967, с. 406–410

Відповідальна організація	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна	Статус документа			
Власник документа Національний університет харчових	Розробник документа	Назва, додаткова назва Список	200378.ДП.00.ПЗ			
	Документ затверджено					

13. Устаткування галузі та основи проектування: Підручник для студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Гуляєв В.М. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004, – 371 с.

14. Практикум з дисципліни «Технологічне обладнання галузі» для студ. спец. 7.05050313, 8.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв» спеціалізації «Обладнання виробництв з перероблення м'яса»; «Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса» напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заочн. форм навч. / Уклад.: О.М. Чепелюк, С.Д. Беседа, В.М. Таран, І.Г. Бабанов. – К.: НУХТ, 2011. – 113 с

15. Боуэн Т. Введение в ультрацентрифугирование [Текст]: перевод с английского / Т. Боуэн ; под ред. В. О. Шпикитер. — М.: Мир, 1973. — 248 с

16. Башта А. В. Опір матеріалів : конспект лекцій до вивчення дисципліни для студ. для студентів напрямків: 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050601 «Теплоенергетика», 6.050.604 «Енергомашинобудування», 6.050301 «Електротехніка та електротехнології» ден. та заоч. форм навч. Ч.1 / Башта А. В. - К. : НУХТ, 2010. - 71 с.

17. Башта, А. В. Опір матеріалів у розрахунках на міцність, жорсткість і стійкість : навч.-метод. посіб. / А. В. Башта. - К.: НУХТ, 2008. – 222 с.

18. Бойко, Ю. І. Технології виробництв. Модуль 2 [Електронний ресурс] : конспект лекцій для здобувачів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальностей 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійна програма «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійна програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв» денної та заочної форм навчання / Ю. І. Бойко. – Київ : НУХТ, 2020. – 347 с.

19. Чернега В.И. и др. Краткий справочник по грузоподъемным машинам. - Киев: Техника, 1988.

20. Устаткування галузі та основи проектування: Підручник для студентів хіміко-технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Волошин М.Д., Шестозуб А.Б., Гуляєв В.М. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2004, – 371 с.

21. Конспект лекцій по курсу:«Монтаж, експлуатація та ремонт хімічного обладнання»для студентів спеціальності 7(8).090220 "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів денної та заочної форм навчання. Вид-во СУМДУ, 2013, 191 с

22. Муравський, Р. С. Автоматизація процесів фармацевтичних виробництв [Електронний ресурс] : навчальний посібник / Р. С. Муравський, І. В. Ельперін, В. В. Полупан ; Національний університет харчових технологій. – Київ : НУХТ, 2021. – 100 с.

23. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. 2-е вид. Львів: Афіша, 2000. – 348 с
24. ДНАОП 15.9-1.11-97. Правила безпеки для спиртового та лікерогорілчаного виробництва (43140)
25. Федорищева, А. Техногенно-екологічна ситуація в Україні та управління рівнем її безпеки / А. Федорищева, О. Бутрин // Економіка України. – 2008. – №5. – С.75-79
26. Царенко, О. М. Основи екології та економіки природокористування / О. М. Царенко, О. О. Несветов, М. О. Кадацький. – Суми: Університетська книга. – 2004. – 400 с.
27. Дзяди́кевич Ю.В. Механізми менеджменту природокористування / Ю. В. Дзяди́кевич, І. М. Куликовська // Інноваційна економіка. – 2013. – № 1. – С. 125-127
28. Про охорону навколишнього природного середовища : закон України // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41.
29. Федулова І.В. Інноваційний потенціал підприємства: монографія / І.В. Федулова, Г.О. Кундєєва. — К. : НУХТ, 2010. — 346с.
30. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості: теорія і практика: монографія / Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009 – 423 с

ДОДАТКИ