

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему «Підвищення продуктивності процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв»

08-27.МКР.008.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу за ОПП «Магістр»,
групи 1ГМ-19м, спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва напрямку підготовки)

Поночовний С.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник Іскович-Лотоцький Р.Д.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Галушак О.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Вінниця – 2020 рік

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

Полішук Л.К.

“ ” 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Поночовний Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Підвищення продуктивності процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв»

керівник магістерської кваліфікаційної роботи Іскович-Лотоцький Ростислав

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

Дмитрович, д.т.н., проф.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ” 2020 року №

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: зневоднення продуктів переробки харчових виробництв; частоти обертання 1800-3200 об/хв, продуктивність за зміну 130 м³/зміну, діаметр фракцій сировини 7·10⁻⁶ м.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; 1.Аналіз відомих методів зневоднення шляхом центрифугування; 2.Конструкторський розділ; 3.Розробка удосконаленої системи електропривода; 4.Математичне моделювання процесу центрифугування; 5.Економічний розділ; 6.Розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; Висновки; Список використаної літератури.

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

1.Аналіз обладнання для зневоднення шляхом центрифугування 2хфА1; 2.Зовнішній вигляд центрифуги моделі ОГШ-350У-01 фА1 3.Конструкція центрифуги моделі ОГШ-350У-01 фА1; 3.Розробка конструкції сопла для виходу рідкої фази фА1; 4.Розрахунок валу центрифуги на згин 1хфА1; 5.Модернізація електроприводу центрифуги ОГШ-350У-01 2хфА1; 6.Математичне моделювання процесу центрифугування 2хфА1.

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний	Іскович-Лотоцький Р.Д., д.т.н., проф.	___.__.2020р.	___.__.2020р.
Охорона праці	Віштак І.В, доцент	___.__.2020р.	___.__.2020р.
Безпека у надзвичайних ситуаціях	Полігус О.В., доцент	___.__.2020р.	___.__.2020р.
Економічний розділ	Бальзан М.В. доцент	___.__.2020р.	___.__.2020р.

7. Дата видачі завдання 03 жовтня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Аналіз обладнання для зневоднення шляхом центрифугування		РПЗ
2	Конструкторський розділ		РПЗ
3	Розробка удосконаленої системи електропривода		РПЗ
4	Математичне моделювання процесу центрифугування		РПЗ
5	Економічний розділ		РПЗ
6	Розділ охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях		РПЗ
7	Аналіз обладнання для зневоднення шляхом центрифугування		ІМ
8	Зовнішній вигляд центрифуги моделі ОГШ-350У-01		ІМ
9	Конструкція центрифуги моделі ОГШ-350У-01		ІМ
10	Розробка конструкції сопла для виходу рідкої фази		ІМ
11	Модернізація електроприводу центрифуги ОГШ-350У-01		ІМ
12	Розрахунок валу центрифуга на згин		ІМ
13	Математичне моделювання процесу центрифугування		ІМ
14	Оформлення РПЗ та ІМ		

Студент _____

(підпис)

Поночовний С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Іскович-Лотоцький Р.Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі проведений огляд існуючих типів обладнання для зневоднення продуктів переробки харчового виробництва методом центрифугування.. Розроблено нову конструкції сопла для виходу рідкої фази, обґрунтовано розробку удосконаленої системи електропривода, розроблено електричну схему частотно керованого приводу а також підібране необхідне для його реалізації, а також проведено математичне моделювання процесу зневоднення продуктів переробки харчового виробництва методом центрифугування.

Проведено оцінювання комерційного потенціалу розробки, а також розраховано витрати на виготовлення та економічний ефект від реалізації результатів розробки.

Вказані заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Магістерська кваліфікаційна робота містить: 13 рисунків, 19 таблиць, 18 літературних джерел.

ABSTRACT

In this master's qualification work the review of the existing types of the equipment for dehydration of products of processing of food production by a centrifugation method is carried out. A new design of the nozzle for the liquid phase is developed, the development of an improved electric drive system is substantiated, the electric circuit of the frequency controlled drive is developed and the necessary for its implementation is selected, as well as mathematical modeling of the process of dehydration of food processing products by centrifugation.

The commercial development potential of the development has been evaluated, as well as the cost of manufacturing and the economic impact of the implementation of the development results.

Occupational health and safety measures are indicated.

Master's qualification work contains 13 figures, 19 tables, 18 references.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
➤ АНАЛІЗ ВІДОВИХ МЕТОДІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ШЛЯХОМ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ.....	8
1.1 Класифікація центрифуг.....	9
1.2 Типові конструкції центрифуг.....	13
1.2.1 Центрифуги автоматичні горизонтальні з ножовим вивантаженням осаду.....	13
1.2.2 Центрифуги фільтруючі горизонтальні безперервнодіючі з пульсуючим вивантаженням осаду.....	16
1.2.3 Центрифуги безперервнодіючі осаджувальні горизонтальні шнекові.....	19
1.2.4 Центрифуги безперервнодіючі фільтруючі зі шнековим вивантаженням осаду.....	23
1.2.5 Центрифуги підвісні з верхнім приводом і нижньої вивантаженням осаду.....	24
1.2.6 Центрифуги підвісні з нижнім приводом (маятникові).....	26
1.2.7 Трубчасті центрифуги.....	27
1.3 Висновки до розділу.....	27
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	28
2.1 Розробка конструкції сопла для виходу рідкої фази.....	28
2.2 Розрахунок основних параметрів центрифуги.....	29
2.2.1 Основний технологічний розрахунок.....	29
2.2.2 Розрахунок споживаної потужності центрифуги.....	31
2.2.3 Розрахунок вала.....	36
2.2.4 Розрахунок зміни споживаної енергії і продуктивності сопел рідкої фази.....	42
3 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	44
4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ.....	48
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	60
5.1 Оцінювання комерційного потенціалу наукової розробки.....	60
5.2 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	63
5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	69

5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх оплатності.....	71
5.5 Висновки по розділу.....	74
6 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	75
6.1 Аналіз умов праці.....	75
6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	75
6.2.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення.....	75
6.2.2 Мікроклімат.....	76
6.2.3 Виробниче освітлення.....	77
6.2.4 Виробничий шум та вібрації.....	78
6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	80
6.3.1 Техніка безпеки.....	80
6.3.2 Електробезпека.....	80
6.4 Пожежна безпека.....	81
6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	83
6.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи.....	83
6.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	85
6.6 Оцінка безпеки роботи працівників в умовах радіаційного забруднення.....	86
6.6.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей.....	86
6.6.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту.....	88
6.7 Висновки до розділу.....	93
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	95
ДОДАТКИ.....	97
ДОДАТОК А – Технічне завдання.....	98
ДОДАТОК Б – Ілюстративна частина.....	102

ВСТУП

Актуальність теми. Темпи розвитку харчової промисловості у Вінницькому регіоні та в Україні в цілому вимагають значного поліпшення конструкцій машин і апаратів, підвищення їх надійності та працездатності. Практично у всіх галузях промисловості доводиться мати справу з рідкими неоднорідними системами і обладнанням, призначеним для їх поділу. Серед усього різноманіття застосовуваного обладнання найбільшого поширення набули фільтри, центрифуги і відстійники. Нажаль основна більшість таких установок були виготовлені в часи колишнього СРСР, а ті що виготовлені не так давно особливої модернізації з часом не зазнали.

Зв'язок роботи з державними науковими програмами, планами, темами. Робота не виконувалась згідно з держбюджетною темою.

Мета і задачі дослідження. Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв шляхом розробки нових технічних рішень для даного типу обладнання та його модернізація.

Основними задачами магістерської дисертації є розробка дослідження та розрахунок основних параметрів обладнання зневоднення продуктів переробки харчових виробництв.

Об'єкт дослідження – процес зневоднення продуктів переробки харчових виробництв.

Предмет дослідження – центрифуги для зневоднення продуктів переробки харчових виробництв.

Методи дослідження. До основних методів дослідження входить огляд існуючого обладнання для зневоднення продуктів переробки харчових виробництв методом центрифугування, розробка нових технічних рішень та їх перевірочний розрахунок, розробка заходів щодо модернізації електроприводу центрифуги, математичне моделювання процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв на центрифугах.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукову новизну магістерської кваліфікаційної роботи складають такі основні її результати і положення:

- розроблено математичну модель процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв при використанні центрифуг.

Практичне значення одержаних результатів. Практичну цінність магістерської кваліфікаційної роботи складають такі її результати:

- розроблено оригінальну конструкція сопла для виходу рідкої фази;
- проведено модернізацію електроприводу центрифуги для зневоднення продуктів переробки харчових виробництв.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Автором запропоновано оригінальну конструкцію сопла а також використання частотного перетворювач для процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв при використанні центрифуг.

Апробація результатів дисертації. Основні положення магістерської кваліфікаційної роботи, наукові і практичні результати доповідались і обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «МОЛОДЬ В НАУЦІ: ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ (МН-2021)». [18]

1 АНАЛІЗ ВІДОВИХ МЕТОДІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ШЛЯХОМ ЦЕТРИФУГУВАННЯ

У спрощеному вигляді центрифуга являє собою пустотілий ротор який швидко обертається навколо своєї осі. Суспензія завантажується в ротор періодично або безперервно. Продукти поділу виводяться з ротора також періодично або безперервно. У практиці центрифугування застосовують два способи розділення рідких неоднорідних систем: відцентрове фільтрування та відцентрове осадження. У відповідність з цим виготовляють фільтруючі центрифуги з перфорованим ротором, на внутрішній стінці якого змонтована фільтрувальна перегородка, і осаджувальні центрифуги - з осаджувальним (відстійним) ротором, що має суцільну обечайку. Виготовляють також комбіновані осаджувально-фільтруючі центрифуги, в яких поєднані обидва принципи поділу. [1]

При поділі суспензій в фільтруючих центрифугах в роторі під дією відцентрової сили відбувається фільтрація рідини через фільтрувальну тканину або металеву сітку з одночасним відкладенням частинок твердої фази; рідина проходить через сита і потім через отвори в роторі викидається в кожух центрифуги, навколишній ротор, а осад вивантажується або під час обертання ротора, або після його повної зупинки.

При поділі суспензії в осаджувальних центрифугах тверді частинки, що мають як правило, більшу щільність, ніж рідкий компонент, осідають під дією відцентрової сили на обечайке ротора у вигляді кільцевого шару; рідкий компонент також утворює кільцевої шар, але розташований ближче до осі обертання. Рідина відводиться з обертового ротора шляхом переливу через борт або за допомогою відстійної труби. Осад вивантажується на ходу або після повної зупинки машини.

1.1 Класифікація центрифуг

Всі центрифуги можуть бути класифіковані за різними характерними ознаками (рис. 1.1).

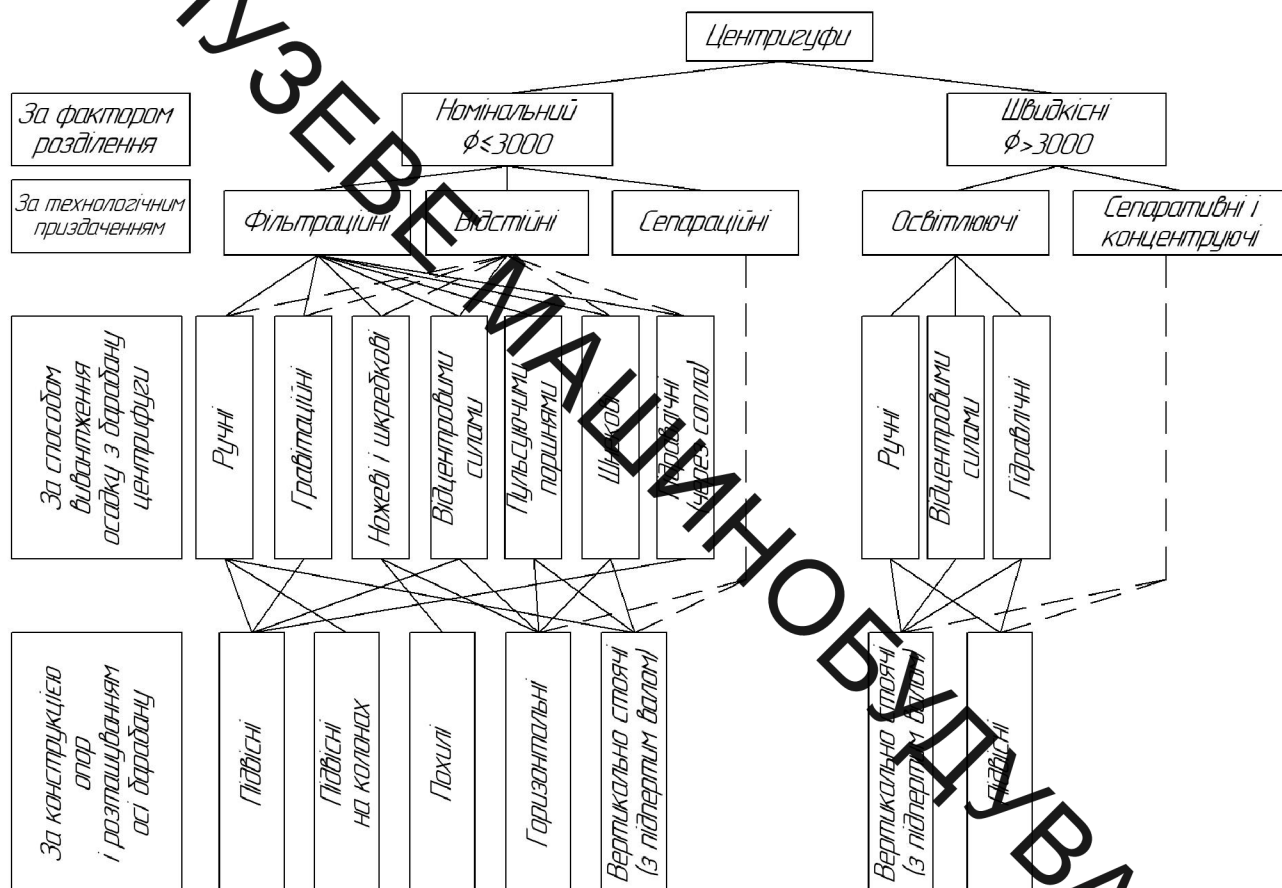


Рисунок 1.1 – Класифікація центрифуг

1. За технологічним призначенням або принципом поділу, розрізняють наступні типи центрифуг:

– *фільтруючі* – для поділу порівняно грубодисперсних суспензій з кристалічною і аморфною твердою фазою, а також для відділення вологи від штучних матеріалів; застосування їх забезпечує найменший вміст рідкої фази в осаді і ефективну його промивання;

– *осаджувальні (відстійні)* і *освітлюючі* – для поділу погано фільтруються суспензій, освітлення суспензій невеликій концентрації, а також класифікації суспензій по крупності і щільності твердих частинок;

– *розділювальні (сепаруючі)* – для поділу емульсій;

– *комбіновані* – в яких поєднуються два принципи поділу: осадження з подальшою фільтрацією і фільтрація з подальшим осадженням у відцентровому полі.

2. *За основною конструктивною ознакою* центрифуги бувають:

- *горизонтальні* – з горизонтальним валом, що мають жорсткі або пружні опори; ротор може бути розташований між опорами або на консолі;
- *вертикальні* – з вертикальним валом, що мають жорсткі або пружні опори, вал з верхнім або нижнім приводом;
- *похилі* – з похилим валом, що мають жорсткі опори;
- *вертикальні, з підпертим валом і пружною верхньою опорою* – з вертикальним валом, що має пружну верхню опору і жорстку шарнірну нижню опору, ротор закріплюють на верхньому кінці вала;
- *підвісні з верхнім приводом* – з вертикальним валом, підвішеному на верхній шарнірній пружній опорі; ротор закріплюють на нижньому кінці вала;
- *підвісні з нижнім приводом (маятникові)* – з вертикальним валом, опори якого поміщені в загальний жорсткий корпус, підвішений на трьох колонках; ротор закріплений на верхньому кінці вала;
- *вертикальні трубчасті* – з вертикально підвішеним трубчастим ротором.

3. *За способом вивантаження осаду* центрифуги підрозділяють на наступні типи:

- *з ручним вивантаженням через верхній борт* – осад вивантажують без застосування спеціальних механізмів після повної зупинки ротора;
- *з ручним вивантаженням через днище* – без застосування спеціальних механізмів після повної зупинки ротора;

– з ручним вивантаженням і розбиранням ротора – осад вивантажують без застосування спеціальних механізмів після повної зупинки ротора;

– контейнерним або касетним вивантаженням – за допомогою спеціальних знімних контейнерів, м'яких або жорстких касет і т.д.;

– з ножовий вивантаженням – осад вивантажується ножем, шкребком або розпушувачем спеціального механізму на ходу при повному або зменшеному числі оборотів ротора з одночасним виведенням осаду через бункер, а також пневматичним механічним транспортером;

– з гравітаційним вивантаженням (саморозвантажувальні) – осад вивантажується під дією власної ваги під час зупинки ротора;

– з шнековим вивантаженням – за допомогою шнека, що обертається щодо ротора безперервно при безперервній роботі машини;

– з поршневым вивантаженням – штовхачем, що здійснює зворотно-поступальний рух уздовж осі ротора при безперервній роботі машини;

– з відцентровим вивантаженням – осад вивантажується під дією відцентрової сили безперервно, при безперервній роботі машини;

– з вібраційним вивантаженням – осад вивантажується безперервно під дією коливань ротора;

– з гідравлічним вивантаженням – вологий осад і рідка фаза вивантажується через сопла або отвори ротора при робочій швидкості останнього.

4. За ступенем герметизації, вибухозахищеністю і в залежності від дотримання спеціальних вимог розрізняють наступні виконання центрифуг:

– негерметизовані – без спеціальних ущільнювальних пристроїв, ізолюючих робочі порожнини машини від зовнішнього середовища, з електрообладнанням звичайного виконання; застосовуються для обробки

нетоксичних, нелетких, вогне- і вибухобезпечних продуктів у вибухобезпечних виробництвах;

негерметизовані зі вибухозахищеним електроустаткуванням – без спеціальних ущільнювальних пристроїв, ізолюючих робочі порожнини машини від зовнішнього середовища, з електроустаткуванням у вибухозахищеного виконання; застосовуються для обробки нетоксичних, нелетких, вогне- і вибухобезпечних продуктів у вибухобезпечних виробництвах;

– *герметизовані вибухозахищені* – з ізоляцією робочих порожнин машини від зовнішнього середовища, електроустаткуванням у вибухозахищеного виконання і піддувом в порожнину кожуха інертного газу під тиском від 0,101 до 0,11 МПа, застосовуються в вогне- та вибухонебезпечних виробництвах, де можуть виникнути вибухонебезпечні концентрації газо- і пароповітряних сумішей;

– *герметизовано* – з ізоляцією робочих порожнин машини від зовнішнього середовища, електроустаткуванням у вибухозахищеного виконання; застосовують для роботи під тиском понад 0,11 МПа в вогне- та вибухонебезпечних виробництвах;

– *з обігрівом або охолодженням* – зі спеціальними пристроями для підігріву (охолодження) кожуха або ротора машини і електроустаткуванням в звичайному виконанні;

– *з обігрівом або охолодженням* - зі спеціальними пристроями для підігріву (охолодження) кожуха або ротора машини і електроустаткуванням у вибухозахищеного виконання;

– *капсульовані* – вся машина, за винятком приводу, поміщена в герметичну оболонку;

– *спеціальні* – для роботи в спеціальних умовах.

1.2 Типові конструкції центрифуг

1.2.1 Центрифуги автоматичні горизонтальні з ножовим вивантаженням осаду

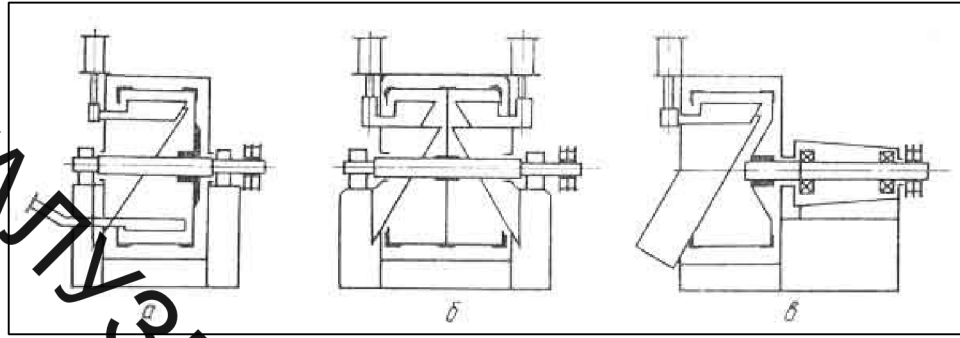
Автоматичні горизонтальні центрифуги - це машини періодичної дії з ножовим зніманням осаду і автоматичним управлінням всіма операціями. Вони можуть бути використані для розділення суспензій у широкому діапазоні дисперсних і концентрацій твердої фази. [2]

Автоматичне управління центрифугою дозволяє здійснювати дії всіх робочих органів в автоматичному режимі поопераційно, згідно з робочим циклом машини. Цикл технологічних операцій, заданих програмою автоматичного режиму, повторюється періодично при безперервному обертанні ротора.

Залежно від технологічного призначення випускаються автоматичні центрифуги типів ФГН і ОГН - фільтруючі і відстійні горизонтальні з ножовим шаром осаду. Фільтруючі центрифуги набули більшого поширення, вони призначені для розділення суспензій, у яких тверда фаза має кристалічну або зернисту структуру з розміром зерна 30-150 мкм.

Відстійні центрифуги застосовуються рідше, вони призначені для поділу середньо- і дрібнозернистих (розмір зерна 5-40 мкм.) складнофільтрувальних суспензій в тих випадках, коли допустимо високий вміст рідкої фази в отриманому осаді і коли використання фільтруючих поверхонь неможливо.

При діаметрі ротора до 1600 мм включно його розташовують консольно. При більшому діаметрі ротора його розташовують між двома опорами (при цьому він може бути одинарним або здвоєним) або консольно. В останньому випадку, як правило, застосовують поворотні кришки (рис. 1.2).



а – з розташуванням ротора між опорами; *б* – з двоєною; *в* – з консольним розташуванням ротора

Рисунок 1.2 – Принципові схеми центрифуг

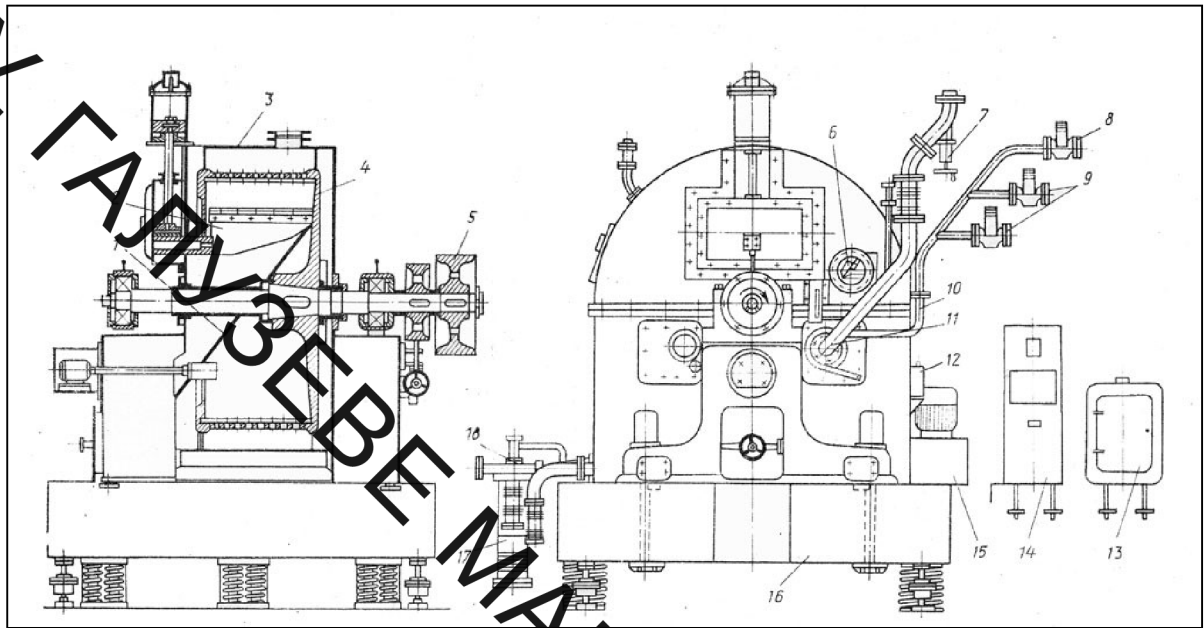
Схема автоматичної фільтруючої центрифуги з розташуванням ротора між опорами зображена на рисунку 1.3.

Суспензія надходить в ротор 4 через завантажувальний клапан 7 і живильник 11. Завантаження продукту регулюється за допомогою регулятора 6, що дозволяє виробляти як одноразову, так і багаторазову завантаження, до отримання необхідної товщини шару осаду в роторі.

Після завантаження ротора відбувається віджимання і видалення з осаду рідкої фази, а потім промивання осаду рідиною, що надходить через промивний клапан 9 і промивну трубу 10. По закінченню промивання повторюється операція віджиму. Віджятий осад зрізається ножем механізму зрізу 2, зсипається в приймальний жолоб 1 і виводиться з центрифуги. Незрізаною шар видаляється шляхом промивання (регенерації), що фільтрує основи спеціальними розчинами, які надходять через клапан регенерації 8 і промивну трубу 10.

Фільтрат, промивна рідина і рідини регенерації відводяться з центрифуги окремо, через розділовий клапан 18.

Тривалість операції віджиму, промивання і регенерації контролюється за допомогою реле часу, встановленого на станції автоматичного управління 13.



1 - розвантажувальний жолоб (бункер); 2 - механізм зрізання осаду (ніж); 3 - станина (кожух); 4 - ротор; 5 - привід; 6 - регулятор завантаження; 7-9 - клапани завантаження, регенерації, промивання; 10 - промивна труба; 11 - живильник; 12 - блок електрогідравлічних золотників; 13 - станція управління; 14 - пульт управління; 15 - маслонасосна станція; 16 - віброізолюючий пристрій; 17 - гнучкий зв'язок; 18 - розподільний клапан

Рисунок 1.3 - Схема центрифуги з розташуванням ротора між опорами

Оброблювана суспензія через завантажувальний клапан і трубу харчування надходить в ротор центрифуги, де під дією відцентрового поля відбувається відстоювання суспензії - поділ твердої і рідкої фаз. [3]

Залежно від способу відведення рідкої фази з ротора розрізняють центрифуги з переливом фугата через борт і без переливу. У центрифугах першого типу фугат видаляється з корпусу центрифуги через відповідний штуцер в нижній частині корпусу. При заповненні ротора осадом завантаження центрифуги припиняється, проводиться відсмоктування залишився шару рідини і вивантаження осаду за допомогою механізму зрізу.

У центрифугах без переливу завантаження припиняється після заповнення ротора суспензією, рівень якої контролюється регулятором рівня

шару. Частина, що залишилася над осадом рідина відводиться з ротора за допомогою труби відсмоктування. Осад вивантажується механізмом зрізу через розвантажувальний бункер центрифуги.

Центрифуги типу ФГН і ОГН широко використовуються в хімічній промисловості для обробки суспензій, що містять переважно розчинні кристали твердої фази: хлориди калію і натрію, сульфат міді, карбонат амонію та ін.

До переваг центрифуг ФГН і ОГН відносяться простота конструкції, широкий діапазон габаритних розмірів, автоматичне керування, можливість обробки суспензій в широкому діапазоні концентрацій твердої фази і розмірів частинок, висока якість промивки твердої фази (на центрифугах ФГН), отримання освітленої рідкої фази.

Ці машини зручні в обслуговуванні і завдяки герметичності конструкції можуть працювати у вибухонебезпечних приміщеннях класу В-Ia, В-IIa, а також в приміщеннях з підвищеною вологістю.

До недоліків центрифуг цього типу відносяться неможливість обробки в ряді випадків суспензій з нерозчинної твердої фазою, подрібнення кристалів при зрізі ножом (такі центрифуги непридатні для цукрової промисловості); періодичність процесу, не завжди дозволяє включати машини в автоматичні і особливо в безперервно діючій технологічній лінії; нерівномірне використання при різних операціях потужності електродвигуна, ваговитість машин і пов'язана з цим необхідність установки їх на потужних віброізоляційних постаментів або фундаментах; нездатність до самобалансування при завантаженні, часто призводить до виникнення сильних вібрацій.

1.2.2 Центрифуги фільтруючі горизонтальні безперервнодіючі з пульсуючим вивантаженням осаду

Фільтруючі горизонтальні центрифуги з пульсуючим вивантаженням осаду (ФГП) по техніко-економічним показникам, енерго- і металоємності

значно перевершують автоматичні центрифуги періодичної дії, більш компактні і прості в обслуговуванні. Центрифуги цього типу призначені головним чином для поділу добре фільтруються концентрованих суспензій, що містять більше 20% (об.) Крупно і середньокристалічні, переважно розчинної твердої фази (з переважанням частинок розміром понад 100 мкм). Оптимальна концентрація твердої фази в суспензії, що надходить в центрифугу, 40-50%. З огляду на підвищений вміст твердої фази в фільтраті його доцільно повертати в технологічний процес або додатково освітлювати.

Центрифуги з пульсуючим вивантаженням застосовують також для розділення суспензій з середньоабразивною твердою фазою, що складається в основному з кристалічних продуктів (сульфату амонію, сульфату міді, мідного купоросу, кухонної солі, нітрату натрію, поташу, карбаміду, глауберової солі), коротковолокнистих матеріалів (ацетил і етилцелюлози, нітроцелюлози) і аморфних продуктів. Ці центрифуги не можуть бути використані для обробки продуктів, тверда фаза яких складається з кристалів пластинчастої форми, оскільки в таких випадках неможлива передача осьового тиску поршнем.

До переваг центрифуг з пульсуючим вивантаженням осаду відносяться безперервність технологічного процесу розділення суспензій, можливість промивання осаду, високий ступінь осушення, велика продуктивність, можливість включення в автоматичні або безперервнодіючі технологічні лінії. Осад подрібнюється в них менше, ніж приножовому зніманні: подрібнюється лише та його частина, яка безпосередньо прилягає до сити ротора.

Конструктивною особливістю центрифуг типу ФГП є горизонтальне розташування ротора і вивантаження осаду пульсуючим поршнем (штовхачем). Максимальне значення ходу штовхача зазвичай становить 1/10 довжини ротора. Центрифуги розрізняються діаметром, довжиною, кількістю каскадів ротора і розташуванням його на валу (консольне або між опорами).

Ротор може бути однокаскадним (одноступінчастим) або багатокаскадного (багатоступеневим). В останньому випадку він складається з ряду порівняно коротких обичайок, розташованих телескопически: окремі

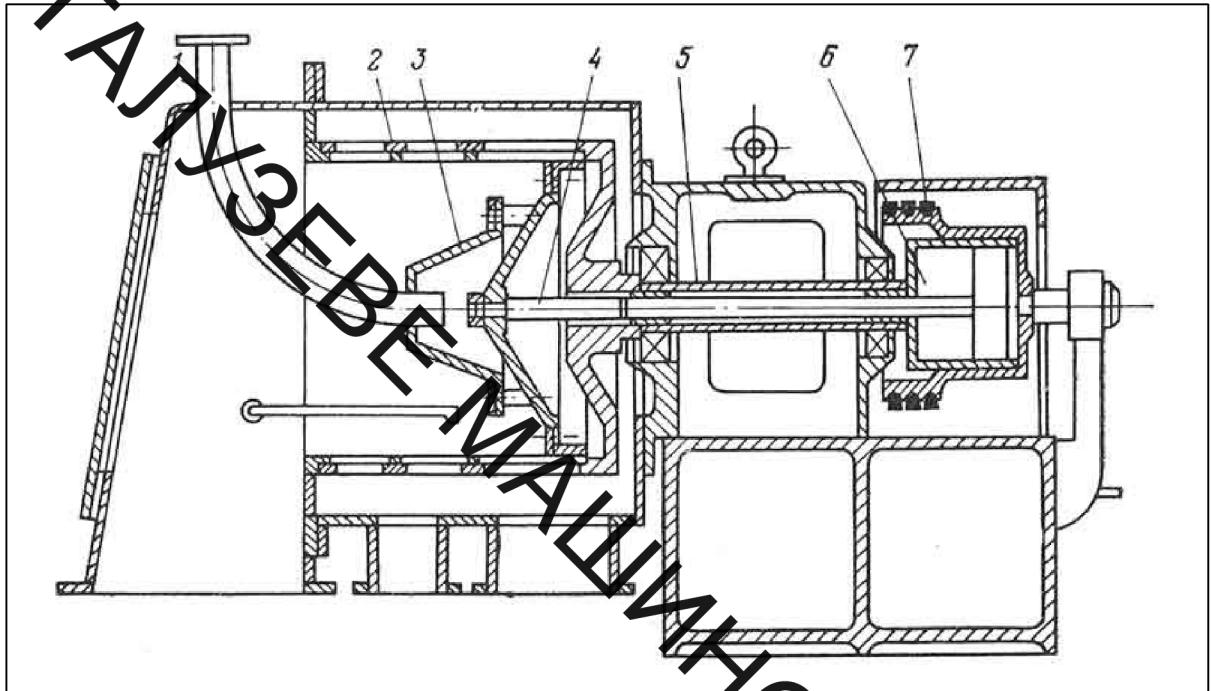
каскади (ступені) ротора, здійснюючи зворотно-поступальний рух в осьовому напрямку, служать штовхачами для інших ступенів. Спеціальний штовхач видаляє осад тільки з першого ступеня. При парному числі каскадів робочими ходами машини є прямий і зворотний ходи штовхача; при однокаскадного роторі зворотний хід штовхача відбувається вхолосту. Зі збільшенням числа каскадів ротора підвищується продуктивність центрифуги, знижується вологість осаду і зменшуються витрати енергії на його виштовхування.

Каскадність ротора визначається властивостями оброблюваного продукту. Вітчизняна промисловість випускає двох- і чотирьохкаскадні центрифуги з пульсуючим вивантажувачем осаду. Найбільшого поширення набули двохкаскадні машини, однокаскадні як менш економічні, в даний час не виготовляються. Центрифуги даного типу випускають тільки в звичайному виконанні. Всі машини (крім машин зі зворотною ротором) комплектують віброізолюючий пристроями.

Основними вузлами центрифуги (рис. 1.3) є станина, кожух, ротор, головний вал, штовхач, силовий гідроциліндр і маслоустановка. Центрифуга приводиться в обертання індивідуальним електродвигуном через клиноремennу передачу 7. Ротор 2 закріплений на головному валу 5, що обертається в підшипниках. Всередині ротора розташований штовхач 4, який, обертаючись з ротором, одночасно сприймає пульсацію від гідроциліндра 6, керованого маслоустановкою.

При роботі центрифуги суспензія по живильній трубці 1 і приймального конусу 3 подається в ротор. Проходячи конус, суспензія поступово набуває швидкість, майже рівну швидкості обертового ротора. З широкого кінця конуса через отвори між опорними стояками днища ротора вона викидається на сито між штовхачем і зрівняльним кільцем. Фільтрат проходить через сито ротора і виводиться з кожуха. Шар осаду, що утворився на поверхні сит ротора, при русі штовхача вперед переміщується на величину його ходу. При зворотному русі штовхача нова порція суспензії надходить на ділянку, що звільнилася сит, заповнюючи його осадом. Таким чином, штовхач,

здійснюючи пульсуюче рух, поступово переміщує осад уздовж ротора і проводить вивантаження його невеликими порціями в приймач.



1 - живить труба; 2 - ротор; 3 - приймальний конус; 4 - штовхач; 5 - головний вал; 6 - гідроциліндр; 7 - клинопасова передача

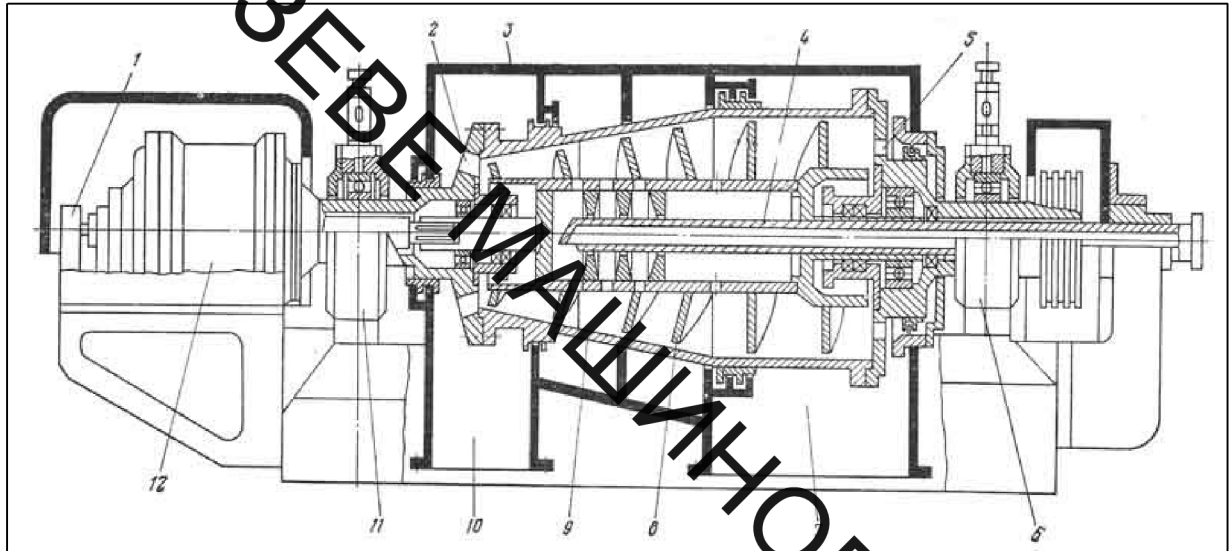
Рисунок 1.3 – Конструктивна схема центрифуг типу ФГП

Під час руху осаду до передньої частини ротора рідина безперервно віджимається. При промиванні осаду струмінь рідини подається в ротор перед регульовальним кільцем.

1.2.3 Центрифуги безперервнодіючі осаджувальні горизонтальні шнекові

Загальний конструктивний ознака центрифуг типу ОГШ - горизонтальне розташування осі неперфорованого конічного або циліндрично-конічного ротора з співвісно-розташованим всередині нього шнеком. Ротор і шнек (рис. 1.4) обертаються в одному напрямку, але з різними швидкостями, так що

утворюється осад переміщається шнеком уздовж ротора. Ротор встановлений на двох опорах і приводиться в обертання електродвигуном через клиноременну передачу; шнек приводиться в обертання від ротора через планетарний редуктор. Ротор закритий кожухом, що має внизу штуцери для відводу осаду і фугата.



1 - захисний пристрій редуктора; 2, 5 - вікна вивантаження осаду і зливу фугата; 3 - кожух; 4 - живильна труба; 6, 11 - опори; 7, 10 - штуцери відведення фугата і вивантаження осаду; 8 - шнек; 9 - ротор; 12 - планетарний редуктор

Рисунок 1.4 – Схема центрифуги типу ОГШ

Суспензія подається по живильній трубці у внутрішню порожнину шнека, звідки через вікна обичайки шнека надходить в ротор. Під дією відцентрової сили відбувається її поділ, і на стінках ротора осідають частинки твердої фази. Осад транспортується шнеком до вивантажувальним вікнам, розташованим у вузькій частині ротора. Освітлена рідина тече в протилежну сторону, до зливним вікнам, переливається через зливний поріг і викидається з ротора в кожух. Діаметр зливного порога можна регулювати за допомогою змінних заслінок або поворотних шайб. Швидкість обертання змінюють шляхом зміни приводних шківів.

Центрифуга зазвичай забезпечена захисним пристроєм, який відключає її при перевантаженні, одночасно включаючи світловий або звуковий сигнал. У деяких випадках центрифуги комплектують трубою для подачі промивної рідини, однак оскільки промивка осаду в центрифугах розглянутого типу малоефективна, її зазвичай замінюють репульпацією вивантажуваного осаду.

Технологічний режим в центрифугах ОГШ регулюють, змінюючи швидкість подачі суспензії, частоту обертання ротора, діаметр зливного порога. Ступінь освітлення фугата можна підвищити, зменшивши діаметр зливного порога (збільшивши довжину зони осадження) і збільшивши частоту обертання ротора, а степінь просушування (вологість) осадка - збільшивши діаметр зливного порога (т. е. довжину зони сушки) і частоту обертання ротора.

Центрифуги ОГШ призначені для розділення суспензій з концентрацією твердої фази від 1 до 40%. При розмірі часток понад 5 мкм і різниці щільності твердої та рідкої фаз більше $0,2 \text{ кг/дм}^3$, а також для гідравлічної класифікації суспензій по крупності твердих частинок. Класифікувати важкі матеріали (відмінність щільності більше 2 кг/дм^3) можна по граничному розміру часток, рівному 2 мкм.

Залежно від технологічного призначення центрифуги ОГШ умовно поділяють на три групи: освітлюючі і класифікуючі, універсальні, зневоджувальні.

Освітлюючі і класифікуючі центрифуги мають однакове конструктивне виконання і відрізняються тільки призначенням (крім прямоточних освітлюючих спеціальної конструкції). Освітлюючі центрифуги призначені для очищення низькоконцентрованого суспензій з високодисперсною твердою фазою. Продуктивність по осадку і його вологість зазвичай не регламентуються. При дуже високих вимогах до чистоти фугата для розділення суспензій застосовують тарілчасті сепаратори і трубчасті центрифуги. В цьому випадку освітлюючі центрифуги можуть бути використані як класифікатори для попереднього очищення суспензій від

частинок, розміром більше 5 мкм, а також для зменшення концентрації твердої фази в суспензії. Ця група машин характеризується високим фактором поділу (більше 2500), відношенням довжини ротора до його діаметра більше 3 і високою продуктивністю по суспензії.

Універсальні центрифуги призначені для поділу суспензії з твердою фазою малої і середньої концентрації. При роботі цих центрифуг отримують порівняно чистий фугат і осад з невеликою вологістю. Фактор поділу дорівнює 2000-3000, відношення довжини ротора до його діаметру 2...3.

Зневоджувальні центрифуги призначені для поділу висококонцентрованих грубодисперсних суспензій. Для цих машин характерна висока продуктивність по осадку і порівняно невелика його вологість. Фактор поділу становить менше як 2000, відношення довжини ротора до його діаметру - не більше 2. У зневоднюючих центрифугах осад іноді промивають.

Всім центрифуг типу ОГШ притаманні такі переваги: висока продуктивність при малих габаритах і безперервність технологічного процесу; відсутність фільтруючого елемента, схильного до швидкого зносу або забивання (завдяки цьому машини надійні в роботі і дозволяють отримувати продукт постійної якості); придатність для обробки дуже тонких суспензій різної концентрації; можливість змінювати концентрацію суспензії під час роботи; простота обслуговування.

До недоліків машин слід віднести невисокий ступінь зневоднення осаду; неможливість якісного промивання осаду в машині; порівняно швидкий знос шнека і ротора при обробці абразивних продуктів.

Осаджувальні центрифуги призначені в основному для розділення суспензій з нерозчинної твердої фазою і застосовуються для обробки азбестового волокна, бромиду алюмінію, кристалів двохводного гіпсу, діятимуть, вуглеграфітової пилу, колоїдів гіпсу, соняшникової олії, карбаміду, молібденової кислоти, сульфату натрію, роданистого натрію, каоліну, основний вуглекислоти міді, крейди, поташу (карбонат калію), крохмалю,

полівінілхлориду, соди, полістиролу в гранулах, фільтром сажі пульпи, горючого сланцю, сульфату і фториду кальцію, діоксиду титану, цинку, ціамістих золотовмісних з'єднань, а також інших матеріалів.

Згідно ГОСТ 8459-78, ротори центрифуг ОГШ мають діаметр 200, 325, 350, 500, 630, 800, 1000 мм.

1.2.4 Центрифуги безперервнодіючі фільтруючі зі шнековим вивантаженням осаду

Фільтруючі центрифуги зі шнекової вивантаженням осаду виготовляють з вертикальним і горизонтальним розташуванням ротора.

Ротор має конічну форму. Осад переміщається уздовж стінок стрічковим шнеком в напрямі від вузького перетину ротора до широкого, внаслідок чого зменшується витрата енергії на транспортування осаду. Центрифуги даного типу призначені для поділу концентрованих суспензій з крупнокристаллической, переважно розчинної твердої фазою об'ємною концентрацією не нижче 30%, з переважаючим розміром твердих частинок більше 150 мкм, що обумовлено шириною щілин сита.

У зв'язку з підвищеним вмістом твердої фази в фільтраті його доцільно повертати в схему технологічного процесу або додатково освітлювати. Високий фактор поділу центрифуг дозволяє отримувати осад з малим вмістом рідкої фази, в деяких випадках без промивки.

В даний час випуск центрифуг з вертикальним розташуванням ротора припинений, так як освоєна нова центрифуга даного типу, з горизонтальним розташуванням ротора ФГШ-401К-01, яка має ряд переваг перед центрифугою ФВШ-351К-02 і з успіхом її замінює.

1.2.5 Центрифуги підвісні з верхнім приводом і нижньої вивантаженням осаду

Особливістю підвісних центрифуг з верхнім приводом і нижньої вивантаженням продукту є шарнірна підвіска вертикального валу з ротором,

що допускає відхилення системи від вертикальної осі і самоцентрування обертових мас. Внаслідок цього центрифуги малочутливі до нерівномірної завантаженні ротора і мають велику динамічну стійкість під час роботи.

Підвісні центрифуги, що випускаються багатьма промислово розвиненими країнами, отримали широке застосування в багатьох галузях промисловості: хімічної, цукрової, харчової, металургійної та ін. Найбільше застосування вони знайшли в хімічній і цукрової промисловості; в інших виробництвах їх використовують при обробці суспензії з нерозчинної твердої фазою, коли необхідно досягти високого ступеня зневоднення твердої фази; при обробці продуктів, подрібнення яких небажано і т.д. Машини широко застосовують для обробки кухонної солі, сульфату амонію, нафталіну, поташу, кварцового піску, сірки, преципітата, бури, борної кислоти, антрацену, паронітроаніліна, утфеля цукрового виробництва та ін.

Центрифуги забезпечені двох-, трьох-, чотирьох- і п'ятишвидкісна електродвигунами. На них можна обробляти легко- складнофільтровані продукти, забезпечуючи якісну промивку і ретельний віджимання твердої фази.

Останнім часом дані центрифуги все більше витісняються горизонтальними автоматичними центрифугами типу ФГН, ФГН і безперервно-діючими типу ФГП.

Розрізняють три основні конструкції центрифуг розглянутого типу: з ручним вивантаженням осаду, саморозвантажні з конічним ротором (твердий осад падає вниз під дією власної ваги), з механізованою вивантаженням осаду ножем (скребком). Останні виготовляють напівавтоматичними і повністю автоматичними.

Напівавтоматичні центрифуги з вивантаженням продукту ножем виконують з фільтруючим або з відстійні ротором. Центрифуги з фільтруючим ротором застосовують для відділення рідкої фази від волокнистих, велико-, середньо- і дрібнозернистих матеріалів, якщо необхідно отримання осаду з мінімумом рідкої фази і промивка осаду. Після відділення рідини від

крупнозернистих матеріалів кінцева вологість часто буває менше 1% (для середньозернистих матеріалів вона становить зазвичай від 1 до 5%, для дрібнозернистих - від 5 до 40%). Центрифуги з відстійні ротором використовують для обробки складнофільтрованих суспензій. В цьому випадку в осаді може залишатися до 70% рідкої фази.

Підвісні центрифуги з верхнім приводом є маятниковими періодичної дії. Процес центрифугування в них зазвичай відбувається наступним чином. Ротор центрифуги на ходу при неповній або повній швидкості обертання завантажується матеріалом, що підлягає обробці. Якщо завантаження проведена при неповному обертанні ротора, то після її закінчення швидкість ротора доводять до максимальної. При центрифугуванні в перфорованих роторах тверда фаза до кінця процесу містить мінімальну кількість відокремлюваної рідини, яка утримується на поверхні частинок твердої фази і в місцях їхнього зіткнення. Щоб позбутися від залишків рідкої фази, осад промивають іншою рідиною (іноді декількома).

Під дією відцентрового поля промивна рідина видаляється, і зміст її з плином часу стає мінімальними. Після закінчення центрифугування двигун центрифуги вимикають, машина зупиняється, готовий продукт видається з ротора. Вивантаження за допомогою механічних ножів здійснюється при обертанні ротора з невеликою швидкістю. У разі центрифугування в суцільному роторі суспензія подається на його днище на повному ході центрифуги. Рідина тече вгору уздовж стінок ротора, поступово заповнюючи його повністю або до певної висоти (в залежності від властивостей завантажується). Надлишок освітленої рідини переливається через борт ротора, а в деяких випадках відсмоктується відвідної трубою, внаслідок чого в роторі підтримується певний рівень рідини.

Після заповнення всього робочого об'єму ротора осадом подача суспензії припиняється. Якщо потрібно додаткових ущільнення осаду, ротор протягом деякого часу продовжує обертатися з повною швидкістю до віджимання рідкої фази. Рідина видаляється відвідної трубою, після чого

центрифуга загальмовується, і осад вивантажується механічним ножом при невеликій швидкості обертання ротора. Оскільки порція матеріалу, оброблюваного за кожен цикл, залежить від ємності ротора, годинна продуктивність машини визначається ємністю ротора і загальною тривалістю циклу. В цикл роботи центрифуги входять також непродуктивні операції - гальмування і зупинення метою промивки є не тільки видалення маточного розчину, але і розчинення і видалення окремих компонентів осаду. Наприклад, при центрифугуванні суміші, тверда фаза якої складається з п-, о- і м-нітрохлорбензола, при промиванні осаду гарячою водою видаляють з нього два останніх компонента.

1.2.6 Центрифуги підвісні з нижнім приводом (маятникові)

Митників центрифуги загального призначення представляють собою вертикальні підвісні самоустановлювальні машини періодичної дії з нижнім приводом і ручним вивантаженням продукту.

Митників центрифуги широко застосовують в хімічній, фармацевтичній, машинобудівній та інших галузях промисловості. Залежно від технологічного призначення, вони можуть бути фільтруючі (ФМ) і відстійні (ОМ), з верхньої (ФМБ і ОМБ) та нижньої (ФМГ і ОМД) вивантаженням продукту.

Фільтруючі митників центрифуги (ФМБ і ФМГ) - універсальні машини, застосовуються для поділу суспензій із середньо- і дрібнозернистою (розмір часток більше 10 мкм) твердою фазою при широкому діапазоні концентрацій. Найбільш ефективно застосування цих машин в спеціалізованих малотоннажних виробництвах, а також для поділу важкофільтрованих суспензій, коли потрібне отримання осаду з мінімальною вологістю при високій ефективності його промивання. Центрифуги успішно використовують для розділення суспензій як з розчинною, так і з нерозчинної твердої фазою (в тому числі підвищеної абразивності), особливо коли неприпустимо її подрібнення.

Відстійні (осаджувальні) митників центрифуги (ОМБ і ОМД) призначені для розділення суспензій з високодисперсною твердою фазою і об'ємною концентрацією понад 1%, коли застосування відстійних центрифуг безперервної дії неможливо або економічно не вигідно.

Митників центрифуги характеризуються простотою і компактністю, малою масою і низькою вартістю. Істотним їх недоліком є застосування ручної праці для вивантаження осаду і періодичні зупинки для проведення цієї операції, тому питома обсяг таких центрифуг в виробництві поступово зменшується. На зміну їм приходять більш досконалі митників центрифуги - з механізованою вивантаженням осаду.

1.2.7 Трубочасті центрифуги

Трубочасті центрифуги - високошвидкісні машини, призначені для освітлення суспензій, що містять не більше 1% високодисперсною твердою фази (лаки, емалі, вакцини, масла, стічні води у виробництві кіноплівки і т. Д.) І для поділу стійких емульсій (відділення води від трансформаторного масла або від різних жирів і ін.) з відношенням щільності компонентів більше 1,06. У першому випадку застосовують центрифуги ОТР - з освітлюючим ротором, у другому - РТР - з сепарується (розділяє) ротором. При поділі емульсії центрифуги працюють безперервно, при поділі суспензій - періодично, так як необхідно час від часу вручну вивантажувати накопичився в роторі осад.

1.3 Висновки до розділу

В даному розділі був проведений огляд існуючих типів обладнання для зневоднення продуктів переробки харчового виробництва методом центрифугування.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка конструкції сопла для виходу рідкої фази

В результаті вивчення будови центрифуги для очищення продуктів переробки харчових виробництв, порівняння її з аналогами, а також вивченням матеріалу, в якому описувалися проблеми при експлуатації центрифуг, і проведення патентно-інформаційного пошуку нами був розроблений захід щодо поліпшення роботи центрифуги і її енергоефективності. А, саме, було прийнято рішення про застосування нової конструкції сопла для виходу рідкої фази з центрифуги. [6]

Дана конструкція допоможе знизити споживання енергії на 20%, дозволить перетворити і використовувати частину кінетичної енергії рідини, яка відводиться з барабана таким чином, щоб вона сприяла його обертанню. Установка сопел призведе до зменшення швидкості руху відведення рідини і, відповідно, до зниження загальної споживаної енергії. Також дана конструкція запобігає налипанню частинок бурового розчину на кромку вихідного отвору, яке призводить до підвищення рівня рідкої фази в барабані центрифуги, і як наслідок підвищення вологості виходить твердої фази.

На рисунку 2.1 представлена 3D модель сопла для виходу рідкої фази, виконана в Компас-3D.

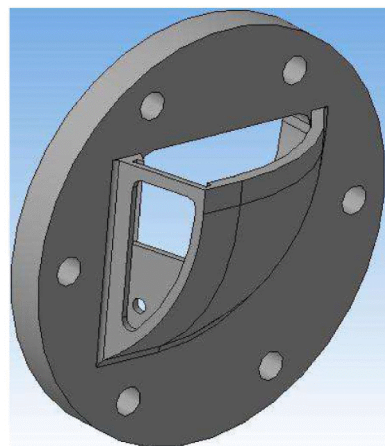


Рисунок 2.1 – 3D модель сопла для виходу рідкої фази

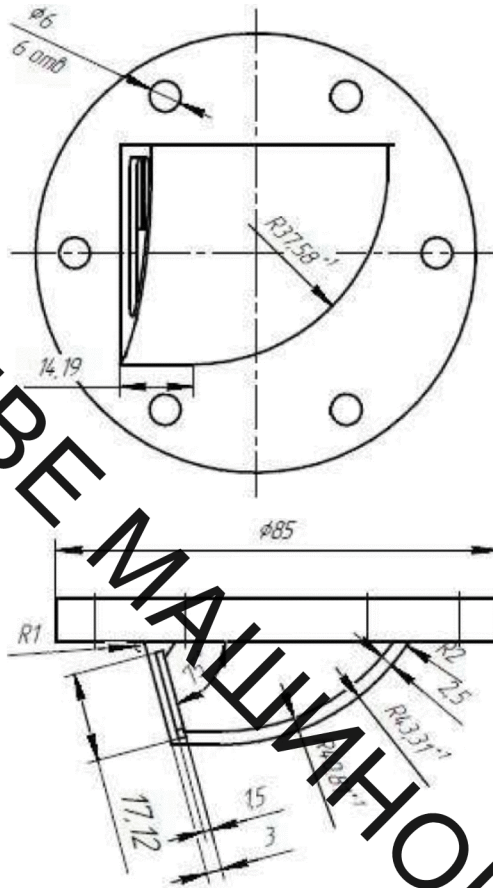


Рисунок 2.2 – Ескіз сопла для виходу рідкої фази

2.2 Розрахунок основних параметрів центрифуги

Вхідні дані:

- продуктивність суспензії з вмістом 8% сухих речовин $V_c = 130$ м³/зміну;
- щільність фугату $\rho_f = 1018$ кг/м³;
- коефіцієнт динамічної в'язкості рідини при $t = 10^\circ\text{C}$ – $\mu = 0,002$ Па·с;
- щільність осаду $\rho_{oc} = 1100$ кг/м³;
- діаметр часток $d_q = 7 \cdot 10^{-6}$ м.

2.2.1 Основний технологічний розрахунок

Центрифуги є класифікаторами, що ділять тверду фазу суспензії на два класи. У злив (з фугату) йдуть переважно частинки з розмірами від нуля до величини крупності розділення. В осаді залишаються частки з розмірами

більше розміру фракцій розділення. [7-8]

Під розміром поділу розуміють такий нескінченно вузький клас частинок, ймовірність попадання яких як в осад, так і в злив однакова.

Крупність розділення орієнтовно може бути визначена за рівнянням:

$$d = \sqrt{\frac{9 \cdot V_c \cdot \mu_c}{\pi \cdot r^2 \cdot L \cdot \omega^2 \cdot (\rho_{me} - \rho_p)}} \quad (2.1)$$

де V_c – витрата суспензії, яка подається в центрифугу в м³/с; r – внутрішній радіус шару суспензії в м; L – довжина внутрішнього шару суспензії в м; ω – кутова швидкість обертання ротора в рад/с; ρ_{me}, ρ_p – щільність твердої і рідкої фаз в кг/м³.

При 8-ми годинній зміні:

$$V_c = \frac{130}{8} = 16,25 \text{ м}^3/\text{год} = 4,51 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Формула (2.1) дозволяє розрахувати кутову швидкість обертання ротора при обраній крупності розділення 4.

$$\omega = \sqrt{\frac{9 \cdot V_c \cdot \mu_c}{\pi \cdot r^2 \cdot L \cdot d^2 \cdot (\rho_{me} - \rho_p)}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 4,51 \cdot 10^{-4} \cdot 0,002}{3,14 \cdot 0,35^2 \cdot 1 \cdot (7 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (1100 - 1018)}} = 229 \text{ рад/с.}$$

Частота обертання ротора:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 229}{3,14} = 2190 \text{ об/хв.}$$

Внутрішній радіус і довжина шару суспензії визначаються положенням зливних вікон на кришці широкої частини ротора.

Обсяг осаду, який повинен бути отриманий в результаті роботи центрифуги за одну годину, розраховується з відношення обсягу осаду V_{oc} до обсягу суспензії V_c який треба пропустити через центрифугу протягом однієї години:

$$U = \frac{V_{oc}}{V_c}. \quad (2.2)$$

Тоді

$$V_{oc} = U \cdot V_c. \quad (2.3)$$

$$U = \frac{X_m}{1-W} \cdot \frac{\rho_m + (1-W) \cdot (\rho_p - \rho_m)}{\rho_m + X_m \cdot (\rho_p - \rho_m)} = \frac{0,08}{1-0,07} \cdot \frac{1100 + (1-0,07) \cdot (1018-1100)}{1100 + 0,08 \cdot (1018-1100)} = 0,0805 \quad (2.4)$$

где X_m – масова концентрація твердої фази у вихідній суспензії, за завданням $X_m = 0,08$ кг/кг; W – масова концентрація рідкої фази в осаді, приймаємо по довідниковим даним, $W=0,07$ кг/кг.

$$V_{oc} = 0,0805 \cdot 16,25 = 1,31 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Маса осаду, яка буде отримана за годину роботи центрифуги:

$$M_{oc} = V_{oc} \cdot \rho_{oc} = 1,31 \cdot 1100 = 1440 \text{ кг}. \quad (2.5)$$

2.2.2 Розрахунок споживаної потужності центрифуги [9]

Енергетичний розрахунок центрифуги зводиться до визначення таких складових потужності:

- на повідомлення масі завантажується суспензії кінетичної енергії N_c ;
- на тертя ротора об повітря N_I ;

- на подолання тертя в підшипниках N_2 ;
- на переміщення осаду уздовж твірної ротора N_3 ;
- на подолання тертя осаду про лопаті шнека N_4 ;
- на витрати в редукторі N_5 .

Потужність, що витрачається на повідомлення кінетичної енергії суспензії, яка подається в ротор центрифуг

$$N_c = \frac{V_c \cdot \rho_c \cdot w^2}{2 \cdot 10^3} = [\text{кВт}] \quad (2.6)$$

де V_c – витрата суспензії яка подається в $\text{м}^3/\text{с}$; ρ_c – щільність суспензії в $\text{кг}/\text{м}^3$; w^2 – колова швидкість ротора в $\text{м}/\text{с}$

Колова швидкість розраховується за формулою:

$$w = \omega \cdot R, \quad (2.7)$$

де R – внутрішній найбільший радіус ротора в м ; ω – кутова швидкість ротора в $\text{рад}/\text{с}$.

$$R = \frac{D}{2} = \frac{0,35}{2} = 0,175 \text{ м}. \quad (2.8)$$

$$w = 229 \cdot 0,175 = 40,1 \text{ м}/\text{с}.$$

$$N_c = \frac{4,51 \cdot 10^{-4} \cdot 1018 \cdot 40,1^2}{2 \cdot 10^3} = 0,369 \text{ кВт}.$$

Потужність, що витрачається на тертя ротора об повітря, враховуючи замкнутий обсяг ротора і наявність його конічної частини, можна визначити за формулою:

$$N_1 = 14 \cdot 10^6 \cdot \omega^3 \cdot R^4 \cdot [l_y + 0,2 \cdot l_k \cdot (1 + a + a^2 + a^3 + a^4)], \quad (2.9)$$

де l_y – довжина циліндричної частини ротора в м; l_k – довжина конічної частини ротора в м, $a = \frac{r_1}{R}$ – відношення радіусів конічної частини ротора.

$$a = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 11^\circ 3' = 0,194. \quad (2.10)$$

$$l_k = \frac{D}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,35}{\operatorname{tg} 11^\circ 3'} = 1,8 \text{ м}. \quad (2.11)$$

$$N_1 = 14 \cdot 10^6 \cdot 229^3 \cdot 0,175^4 \cdot [1 + 0,2 \cdot 1,8 \cdot (1 + 0,194 + 0,194^2 + 0,194^3 + 0,194^4)] = 0,228 \text{ кВт}.$$

Потужність N_2 , враховуючи тертя в підшипниках, можна розрахувати за формулою:

$$N_2 = \frac{f_T \cdot (P_1 \cdot d_1 + P_2 \cdot d_2)}{2 \cdot 10^3} \text{ [кВт]} \quad (2.12)$$

де f_T – коефіцієнт тертя в підшипниках. Для підшипників качення $f_T = 0,0015 \dots 0,006$. Приймаємо $f_T = 0,0038$; d_1, d_2 – діаметри шийок валу під підшипниками, м; P_1, P_2 – динамічні навантаження на опори, Н.

Динамічне навантаження на будь-яку опору підшипника:

$$P_i = P_{cmi} \cdot \left(1 + 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{\omega^2 \cdot R}{g} \right), \quad (2.13)$$

де P_{cmi} – статичне навантаження на дану опору, Н; R – внутрішній радіус корпусу центрифуги, м; ω – кутова швидкість обертання ротора в рад/с.

При загальній масі центрифуги $m_y = 1600$ кг її вага:

$$P_y = m_y \cdot g = 1600 \cdot 9,8 = 15700 \text{ Н}. \quad (2.14)$$

Попередньо приймаємо:

$$P_1 = P_2 = \frac{P_u}{2} = \frac{15700}{2} = 7850 \text{ Н.} \quad (2.15)$$

По кресленню $d_1=d_2=100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$. Тоді

$$N_2 = \frac{0,038 \cdot (7850 \cdot 0,1 + 7850 \cdot 0,1)}{2 \cdot 10^3} = 6,83 \text{ кВт.}$$

Потужність, що витрачається на переміщення осаду уздовж твірної ротора, може бути підрахована за методикою, запропонованою Соколовим і Шкоропадом, яка при деяких допустимих спрощення зводиться до формули:

$$N_3 = 1,3 \cdot V_{me} \cdot \omega^2 \cdot (\rho_{me} - \rho_p) \cdot r_{cp} \cdot l_{oc} \cdot (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \rho) \text{ [кВт]}, \quad (2.16)$$

де V_{me} – об'єм твердої фази, що надходить з суспензією в центрифугу, $\text{м}^3/\text{с}$; $r_{cp} = \frac{r_1 + r_2}{2}$ – середній радіус зони осаду, м; l_{oc} – довжина зони осаду, м; α – кут нахилу твірної ротора, град; $\operatorname{tg} \rho = 0,4 \dots 0,6$ – коефіцієнт внутрішнього тертя вивантажуваного матеріалу.

Обсяг твердої фази визначається з рівняння матеріального балансу:

$$V_c \cdot \rho_c = V_p \cdot \rho_p + V_{me} \cdot \rho_{me}. \quad (2.17)$$

$$V_{me} = \frac{V_c \cdot \rho_c - V_p \cdot \rho_p}{\rho_{me}} = \frac{16,25 \cdot 1018 - 1,31 \cdot 1000}{1100} = 13,8 \text{ м}^3/\text{год} = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$N_3 = 1,3 \cdot 3,85 \cdot 10^{-3} \cdot 229^2 \cdot (1100 - 1018) \cdot 0,175 \cdot 1 \cdot (\operatorname{tg} 11^\circ 3' + 0,5) = 2,62 \text{ кВт.}$$

Потужність, необхідна для подолання тертя осаду об лопаті шнека:

$$N_4 = N_3 \cdot \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \delta}{\operatorname{tg} \beta} \right) \text{ [кВт]}, \quad (2.18)$$

де $tg\delta = 0,3 \dots 0,5$ – коефіцієнт тертя осаду об лопаті шнека; $tg\beta = \frac{t}{2 \cdot \pi \cdot r_{cp}}$ – тангенс кута нахилу спіралі шнека; t – шаг шнека в м. По кресленню $t=75\text{мм}=0,075$ м; r_{cp} – середній радіус зони осаду в м. $r_{cp}=260\text{мм}=0,26$ м.

$$tg\beta = \frac{0,075}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,26} = 0,46.$$

$$N_4 = 2,62 \cdot \left(1 + \frac{0,4}{0,46}\right) = 4,89 \text{ кВт}.$$

Згідно виробленої модернізації ми отримаємо те, що частина кінетичної енергії від відводу рідини з барабана буде перетворена і використана таким чином, щоб вона сприяла обертанню барабана. Це призведе до зменшення швидкості руху відводиться рідини і, відповідно, до зниження загальної споживаної енергії.

Потужність витрачається на повідомлення кінетичної енергії сливу фугато значно змінилося. Після модернізації кінетична енергія фугата тепер повідомляє додаткову потужність.

Потужність, що витрачається на повідомлення кінетичної енергії сливу і осаду, які викидаються з барабана центрифуги:

$$N_5 = n^2 \cdot \left[Q_m \cdot \left(1 + \frac{b}{100}\right) \cdot R_k^2 + Q_{zn}^B + R_{zn}^2 \right] \text{ [кВт]} \quad (2.19)$$

де R_k – радіус розташування вікон для вивантаження осаду з барабана центрифуги, м.

Підставивши чисельні значення в формулу отримаємо, що $N_5 = 0,65$ кВт.

Тоді сумарна розрахункова потужність електродвигуна, кВт:

$$N = \frac{\lambda \cdot (N_c + N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5)}{\eta} \text{ [кВт]} \quad (2.20)$$

де $\lambda=1,1...1,3$ – коефіцієнт запасу потужності, який враховує можливість заклинювання шнека; $\eta = 0,9$ – ККД передачі привода.

$$N = \frac{1,2 \cdot (0,369 + 0,228 + 6,83 + 2,62 + 4,89 + 0,65)}{0,9} = 20,8 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун АМУ180М2 з параметрами: $N=22$ кВт; $n=2940$ об/хв; $\eta = 0,905$; $d=48$ мм; $m=130$ кг.

2.2.3 Розрахунок вала

Оскільки діаметри цапф під підшипники 0,10 м, то приймаємо за кресленням діаметр вала $d=0,125$ м = 125 мм.

Діаметр вала з середньовуглецевої сталі ($\sigma_B=500...800$ МПа) при розрахунку на міцність наближено визначають при змінному навантаженні і середніх моментів згину:

$$d > 120 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}, \quad (2.21)$$

де d – діаметр вала в мм; M – передана потужність, кВт; n – частота обертання вала, об/хв.

Звідси допустима частота обертання валу:

$$n > N \cdot \left(\frac{120}{d}\right)^3 = 22 \cdot \left(\frac{120}{125}\right)^3 = 17,7 \text{ об/хв.} \quad (2.22)$$

Умова по частоті обертання валу виконується.

$$m_p = m_{cm} + m_{dn}, \quad (2.23)$$

де m_{cm} – маса стінки ротора, кг; m_{dn} – маса дна ротора, кг.

$$m_{cm} = \pi \cdot D \cdot L \cdot s_e \cdot \rho, \quad (2.24)$$

де D – діаметр ротора, м; L – довжина ротора, м; s_e – виконавча товщина стінки ротора, м; ρ – густина матеріалу ротора, для сталі 12X18H10T $\rho = 7800$ кг/м³.

$$m_{cm} = 3,14 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 85,8 \text{ кг.}$$

$$m_{dn} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} s_{dn} \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 11,3 \text{ кг,} \quad (2.25)$$

де s_{dn} – товщина днища ротора, м.

$$m_p = 85,8 + 11,3 = 97,1 \text{ кг.}$$

Маса суспензії, яка повинна бути подана в центрифугу за час її заповнення в період одного робочого циклу T_p , встановленого для обраної центрифуги:

$$m_c = \frac{1-W}{X_T} \cdot m, \quad (2.26)$$

де m – одноразова завантаження ротора центрифуги, кг.

$$m = \rho_c \cdot V, \quad (2.27)$$

де V – об'єм ротора центрифуги.

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L = \frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} \cdot 1 = 0,0962 \text{ м}^3. \quad (2.28)$$

$$m = 1018 \cdot 0,0962 = 97,9 \text{ кг.}$$

Загальна маса ротора і центрифугованого матеріалу:

$$M = m_p + m = 97,1 + 97,9 = 195 \text{ кг.} \quad (2.29)$$

Загальне зусилля на вал:

$$P = M \cdot g = 195 \cdot 9,8 = 1910 \text{ кг.} \quad (2.30)$$

Допустимий прогин вала не повинен перевищувати 0,0005 відстані між опорами. Прогин вала у в розрахунковому перерізі визначається за формулою:

$$y = \frac{Q \cdot l^3}{10^{11} \cdot d^4} \cdot K_y, \quad (2.31)$$

де d і y в м; Q в Н; K_y – коефіцієнт, що враховує зв'язок між точкою прикладання сили і точкою, в якій визначають деформацію. Коефіцієнт береться за графікам.

Для нашого типу навантаження і точки прикладання зусилля $K_y = 0,75$.

$$y = \frac{1910 \cdot 1,45^3}{10^{11} \cdot 0,125^4} \cdot 0,75 = 1,79 \cdot 10^{-4} \text{ м} < [y] = 0,0005 \cdot 1,45 = 7,25 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Для перевірки вала на жорсткість по куту закручування, приймаючи $[\varphi] \approx (4,4 \dots 8,8) \cdot 10^3$ рад ($\sim 0,25 \dots 0,5^\circ$) на 1 м довжини вала, користуються формулою:

$$d = (105 \dots 125) \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{n}}, \quad (2.32)$$

де d в мм; N в кВт; n в об/хв.

Умова жорсткості вала виконано.

Розрахункові відстані (з креслення):

$$l_1 = 407 \text{ мм} = 0,407 \text{ м}; l_2 = 204 \text{ мм} = 0,204 \text{ м}; l_3 = 1000 \text{ мм} = 1 \text{ м}; l_4 = 228 \text{ мм} = 0,228 \text{ м}.$$

Питоме навантаження:

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{1910}{1} = 1910 \text{ Н/м}. \quad (2.33)$$

Баланс сил в проекціях на координатні осі:

$$\begin{aligned} \sum x: x_A + x_B &= 0; \\ \sum x: y_A + y_B - F_a - q \cdot l_3 &= 0. \end{aligned}$$

Рівняння моментів сил навколо точки А:

$$\begin{aligned} \sum m_{A_x}: F_a \cdot l_1 - q \cdot l_3 \cdot \left(l_2 + \frac{l_3}{2} \right) + y_B \cdot (l_2 + l_3 + l_4) &= 0; \\ \sum m_{A_y}: x_B \cdot (l_2 + l_3 + l_4) &= 0. \end{aligned}$$

Звідси складові сил в опорах:

$$\begin{aligned} x_B &= 0; \\ x_A &= -x_B = 0; \\ y_B &= \frac{-F_a \cdot l_1 + q \cdot l_3 \cdot \left(l_2 + \frac{l_3}{2} \right)}{l_2 + l_3 + l_4} = \frac{-1030 \cdot 0,407 + 1910 \cdot 1 \cdot \left(0,204 + \frac{1}{2} \right)}{0,204 + 1 + 0,228} = 646 \text{ Н}; \\ y_A &= -y_B + F_a + q \cdot l_3 = -646 + 1030 + 1910 \cdot 1 = 2290 \text{ Н}. \end{aligned}$$

Моменти згину:

$$M_{A_x} = -F'_a \cdot l_1 = -1030 \cdot 0,407 = -419 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{D_y} = -F'_a \cdot (l_1 + l_2) + y_A \cdot l_2 = -1030 \cdot (0,407 + 0,204) + 2290 \cdot 0,204 = -162 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{E_y} = y_B \cdot l_4 = 646 \cdot 0,228 = 147 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний згинальний момент по осі y на ділянці DE – в перерізі з $Q=0$ (точка F). Для знаходження відстані BF складаємо баланс поперечних сил правій частині вала.

$$y_B - q \cdot BF = 0;$$

$$BF = \frac{y_B}{q} = \frac{646}{1910} = 0,338 \text{ м};$$

$$M_{F_y} = y_B \cdot BF - q \frac{(BF - l_4)^2}{2} = 646 \cdot 0,338 - 1910 \cdot \frac{(0,338 - 0,228)^2}{2} = 207 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний згинальний момент - в точці A .

Будуємо епори Q и M .

$$W = \frac{\sqrt{M^2 + 0,45 \cdot M_{кр}^2}}{[\sigma_{зг}]} = \frac{\sqrt{419^2 + 0,45 \cdot 65^2}}{75 \cdot 10^6} = 5,62 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (2.34)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 5,62 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 0,60385 \text{ м} = 38,5 \text{ мм}. \quad (2.35)$$

Умова міцності щодо первісного значення на кресленні виконується.

Приймаємо діаметр валу з конструктивних міркувань за кресленням $d=125\text{мм}$.

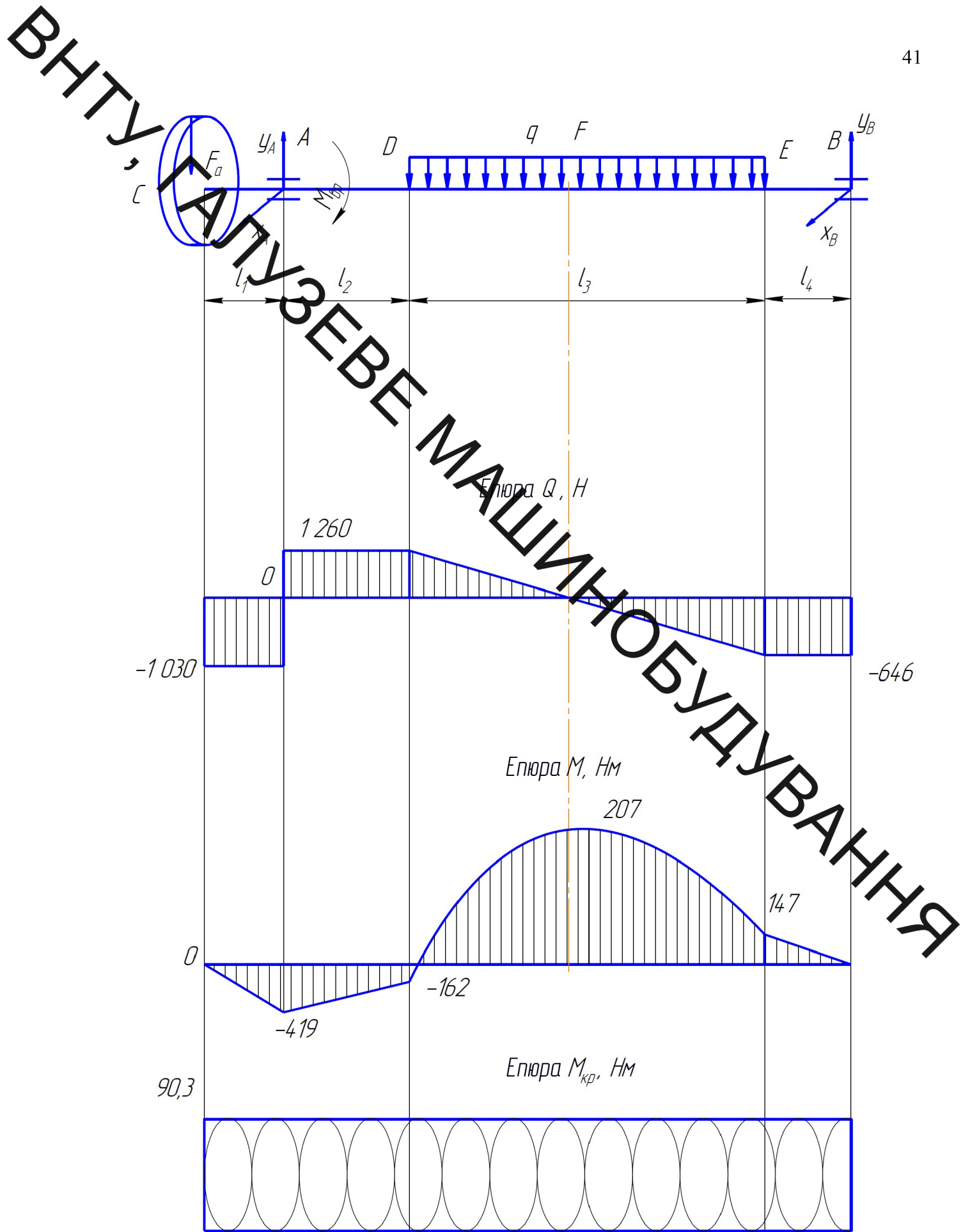


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема вала, епюри поперечних сил і згинальних моментів

2.2.4 Розрахунок зміни споживаної енергії і продуктивності сопел рідкої фази

$$Q_{зл} = Q_n \cdot \frac{100 - b - B_c}{100 - b - B_\phi}, \quad (2.36)$$

де Q_n – продуктивність центрифуги, рівна 36 кг/год; B_c – концентрація твердої речовини в суспензії в % мас; b – вологість осаду в % мас; B_ϕ – вміст твердої фази в фугато в % мас.

Продуктивність центрифуги в кг/год по сухому твердому речовині:

$$Q_m = Q_n \cdot \frac{B_c}{100}. \quad (2.37)$$

Виконуємо розрахунок:

$$Q_m = 36 \cdot \frac{8}{100} = 2,88 \text{ кг/год.}$$

$$Q_{зл} = 36 \cdot \frac{100 - 30 - 20}{100 - 30 - 8} = 29 \text{ кг/год.}$$

Продуктивність модернізованих сопел розраховуємо за формулою:

$$Q = w \cdot V, \quad (2.38)$$

де w – площа живого перерізу, м; V – швидкість потоку рідини, м/с.

Згідно з кресленнями отримуємо розміри сопел 42x38мм, враховуємо кількість сопел - два, а також швидкість потоку рідини 10 м/с.

Розраховуємо продуктивність:

$$Q = 0,001617 \cdot 10 = 0,01617 \text{ м}^3/\text{с} = 58,212 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З огляду на щільність сировини, отримуємо продуктивність сопел 53 кг/год. Таким чином, ми бачимо, що продуктивність модернізованих сопел задовольняє – умові необхідної продуктивності зливу центрифуги.

Розрахувати зміна енергії, що витрачається за існуючими формулами неможливо. Встановити зміна енергії, що витрачається можна тільки завдяки експериментальним даним. Такі експерименти проводилися компанією Alfa Laval, в результаті яких було встановлено, для великих центрифуг зі співвідношенням довжини і ширини барабана 3:1 і більше зниження споживання електроенергії склало 20-22%. Співвідношення довжини і ширини в центрифугі для очищення бурового розчину становить три, і, згідно з експериментальними даними ми вважаємо, що зменшення енергоспоживання в модернізованій центрифугі складе 20%.

3 РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

На практиці існують різні способи управління частотою обертання асинхронного двигуна. Серед них керування напругою живлення, магнітним потоком, кількістю пар полюсів, введенням додаткового опору в ланцюг ротора (для АТ з фазним ротором) і ін. Проте останнім часом найбільш поширеним методом регулювання швидкості асинхронного двигуна є спосіб управління частотою мережі живлення. Крім того, зауважимо, що статична характеристика електропривода (ЕП) є астатичною, відповідно частотне управління буде оптимальним для даної системи. [10]

Розрізняють два основних способи частотного управління:

- частотне управління, при якому в якості керуючих впливів прийняті частота і напруга статора;
- частотне управління, при якому в якості керуючих впливів прийняті частота і струм статора.

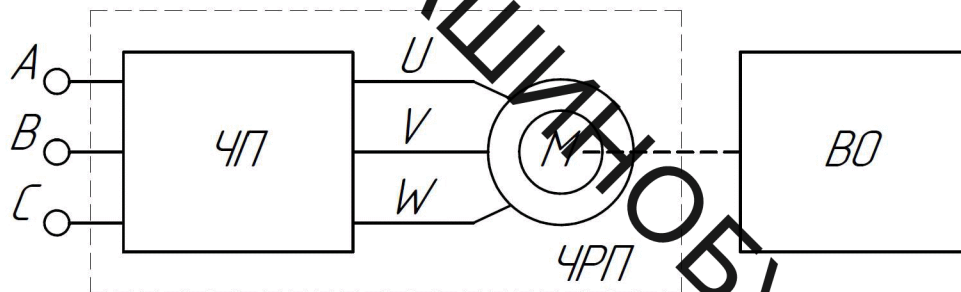
Другий спосіб називають частотно-струмовим керуванням. Формування механічних характеристик асинхронних двигунів при частотному управлінні, як і при управлінні двигунами постійного струму, підпорядковане завданням забезпечення необхідної перевантажувальної здатності і жорсткості характеристик у всьому діапазоні регулювання швидкості.

Задана перевантажувальна здатність забезпечується шляхом виконання певних співвідношень між частотою і напругою статора. Жорсткість механічних характеристик може бути як завгодно високою при використанні зворотних зв'язків за швидкістю. Слід підкреслити, що і без зворотного зв'язку по швидкості жорсткість механічних характеристик частотно-керованих електроприводів змінного струму виявляється вищою, ніж у приводів постійного струму. Ця обставина сприяє застосуванню простих систем управління асинхронними електроприводами, які не оснащені датчиками швидкості і контурами регулювання швидкості. Оскільки для центрифуг

періодичної дії характерно те, що момент інерції центрифуг може в 20-100 разів перевищувати момент інерції двигуна, причому в процесі роботи центрифуги значення його змінюється в широких межах в зв'язку з виділенням рідкої фази з оброблюваного продукту, то необхідно вводити зворотний зв'язок не тільки по току, а й швидкості. [11]

В нашому випадку, як пристрій управління ЕП використовуємо частотно регульований привід.

Сучасний частотно регульований електропривод складається з асинхронного або синхронного електричного двигуна і перетворювача частоти (рис 3.1).



ЧП – частотний перетворювач, ВО – виконавчий орган, ЧРП – частотно регульований привід

Рисунок 3.1 – Схема частотно регульованого приводу

Електричний двигун перетворює електричну енергію в механічну енергію і приводить в рух виконавчий орган технологічного механізму.

Перетворювач частоти керує електричним двигуном і являє собою електричний статичний пристрій. На виході перетворювача формується електрична напруга зі змінними амплітудою і частотою.

У найбільш поширеному частотно регульованому приводі на основі асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором застосовуються скалярне і векторне частотне керування.

Векторне керування дозволяє істотно збільшити діапазон управління, точність регулювання, підвищити швидкодію електроприводу. Цей метод забезпечує безпосереднє управління крутним моментом двигуна.

Для нашої схеми ми вибрали векторний частотний перетворювач VEICHI AC70-T3-022G/030P. [12]



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд частотного перетворювача VEICHI AC70-T3-022G/030P

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики частотного перетворювача VEICHI AC70-T3-022G/030P

Бренд	Veichi
Серія	AC70
Модель	AC70-T3-022G/030P
Основна потужність	22.0 кВт
В режимі другої потужності	30.0 кВт
Число фаз/напруга на вході	3-ф/380 В
Число фаз/ напруга на виході	3-ф/380 В
M_{\max} (1 min) %	150
Номінальний струм	45 А
Номінальний струм по другій потужності	60 А
Струм на протязі 1 хвилини	68.0 А
Максимальний струм на протязі 2 с	90.0 А
Максимальна вихідна частота	400 Гц
Степінь захисту по IP	20
EMC фільтр	–
Висота	330 мм

Продовження таблиці 3.1

Ширина	230 мм
Глибина	200 мм
Гальмічний модуль	+
Вбудований ПЛК	+
Вбудований регулятор	ПД
Скалярний режим керування	+
Векторний режим керування без енкодера	+
Векторний режим керування з енкодером	-
Лінійний закон керування U/f	+
Квадратичний закон керування U/f^2	+
З'ємна панель	+
Програматор	-
Максимальна кількість фіксованих швидкостей	16
Кількість/тип аналогових входів	3(1:0-20mA;1:0-10V;1:0-10Vили0-20mA;)
Кількість дискретних входів	7
Кількість /тип аналогових виходів	2(1:0-10V;1:0(4)-20mA)
Кількість дискретних(транзисторних) виходів	2
Кількість релейних виходів	1
Вбудований потенціометр (або номінал резистора)	+
Протокол ModBus RTU	+
Інтерфейс RS-485/Modbus	+

4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСА ЦЕНТРИФУГУВАННЯ

Осаджувальні центрифуги зі шнекової вивантаженням осаду знаходять широке застосування в різних галузях для розділення суспензій, що містять тверду фазу з переважанням частинок розміром від 1 до 500 мкм. Технологічними перевагами цих центрифуг є: безперервний процес поділу, стійкість роботи при коливаннях якісного складу розділяється суспензії, велика гнучкість при виборі параметрів процесу. Певним недоліком цих центрифуг в деяких випадках є підвищена вологість осаду. З огляду на, що осад центрифуг часто піддається термічній сушці, актуальним є удосконалення центрифуг з метою зниження енергетичних витрат на сушку і зменшення вартості процесу зневоднення в цілому.

В даний час завдання зниження вологості осаду осаджувальних шнекових центрифуг вирішується в наступних основних напрямках: підбір оптимальних режимних параметрів процесу поділу, вдосконалення конструкції осаджувальних шнекових центрифуг, створення комбінованих центрифуг.

Підбір оптимальних режимних параметрів процесу поділу в основному зводиться до підбору частоти обертання ротора і відносного обертання шнека:

При цьому переслідується три основні мети:

- забезпечення тривалого часу присутності осаду при максимально можливому факторі поділу;
- забезпечення оптимального заповнення шнекового каналу центрифуги осадом, при якому з одного боку створюються умови для ущільнення осаду, а з іншого боку не порушується транспорт осаду;
- забезпечення можливості відведення вологи, яка виділяється з осаду, по шнековому каналу.

Обмежуючими факторами при виборі частот обертання ротора і шнека є допустима частота обертання ротора, допустимий крутний момент обертання шнека, геометричні параметри шнекового каналу.

В умовах коливань якісного складу розділяється суспензії підбір оптимальних частот обертання ротора і шнека можна здійснити тільки з використанням спеціальної системи автоматизації.

Даний метод застосовується при поділі розбавлених суспензій, що утворюють з відносно легко стискувані опади, зокрема, при зневодненні опадів комунальних стічних вод.

У разі якщо центрифуга працює в режимі з постійною максимально можливою продуктивністю по осадку (обмежуючий фактор – крутний момент на шнеку), як наприклад, в вуглезбагачення, даний метод практично не застосовується – частота обертання ротора і шнека під час роботи центрифуги залишаються постійними.

Шляхи удосконалення конструкції осаджувальних центрифуг спрямовані на зниження вологості осаду. Основною ідеєю багатьох варіантів конструкцій є зміна шляху відведення вологи, що виділяється осадом. Замість звичайного шляху вздовж спірального шнекового каналу, вологу більш раціонально відводити в напрямку вздовж котра утворює конічні частини ротора. Для реалізації цієї ідеї пропонувалося використовувати шнек з розривом спіралі, двухзаходная шнек з різними висотами спіралі, спеціальне покриття внутрішньої частини ротора і інше. Однак всі зазначені способи не знайшли широкого практичного застосування. Причиною тому була або низька ефективність, або складність реалізації.

Створення комбінованих центрифуг є в багатьох випадках ефективним способом зниження вологості. В даний час досить широко поширені осаджувально-фільтруючі центрифуги. Також створюються центрифуги, які мають два приєднаних один до одного осаджувальних ротора. В одному, циліндро-конічному роторі відбувається поділ суспензії з утворенням осаду,

а в іншому, конічному, що має більший діаметр, відбувається віджимання осаду. [11]

Наявність спеціалізованого ділянки ротора великого обсягу безумовно сприяє підвищенню ефективності зневоднення осаду в даних комбінованих центрифугах. На даній ділянці реалізуються основні вимоги до режиму зневоднення: відносно великий фактор поділу і великий час перебування осаду в роторі. Однак при цьому скорочується частина ротора, призначена для поділу суспензії. Весь ротор виходить громіздкий, а питомі показники центрифуг не надто високі.

З огляду на, що час перебування осаду в роторі обмежується досить малим об'ємом ротора, для зниження вологості високодисперсних опадів доцільно в роторі центрифуги здійснити несконцентрований вплив на осад. Це вплив має бути докладено після стадії віджиму під дією відцентрових сил. Стосовно до конструкції шнекових осаджувальних центрифуг можна запропонувати, щоб воно було зосереджено в області вікон вивантаження осаду.

Всередині ротора перед вікнами вивантаження осаду розташовується заслінка, що перешкоджає вільному руху осаду у вікно, а витки шнека на певній ділянці, що прилягає до заслінки, мають неповну висоту. В даному випадку осад, який знаходиться між витком шнека і заслінкою, піддається сильному стиску, яке в кілька разів перевищує стиснення від відцентрової сили або стиснення при звичайному транспорті осаду шнеком. Волога, вичавлюють з осаду, видаляється в напрямку вздовж котра утворює ротора, що також є позитивним моментом. Час перебування осаду в роторі кілька збільшується, але зазвичай збільшення часу перебування не перевищує 15 – 20%.

Для обґрунтування ефективності застосування заслінок, встановлених перед вікнами вивантаження осаду і вибору їх раціональних конструктивних параметрів необхідно розробити теоретичний опис руху осаду в області вікон.

Для досягнення цієї мети на підставі проведених експериментальних досліджень опишемо загальний характер руху осаду, а потім на підставі

механіки сипучого тіла і припущень про форму валика осаду створимо модель, що дозволяє визначити товщину осаду і ширину областей ущільнення і руху осаду.

Розглянемо варіант, коли перед вікном вивантаження осаду всередині ротора встановлена заслінка заввишки h_z , а на ділянці осьової довжиною H витки шнека повністю відсутні.

У центрифугах моделей ОГЩ–750, ОГЩ–450, ОГЩ–460, ОГЩ–350 поділялися різні види суспензій. Спостереження за формою осаду проводилися наступним чином. Центрифуга працювала на певній продуктивності. У певний момент часу виробляли зупинку відносного обертання шнека і припинення подачі суспензії. Потім відключали привід ротора центрифуги.

Після зупинки обертання ротора осад, що знаходиться в області розвантажувальних вікон і в шнековому каналі в межах одного витка був доступний для безпосереднього огляду (рис. 4.1).

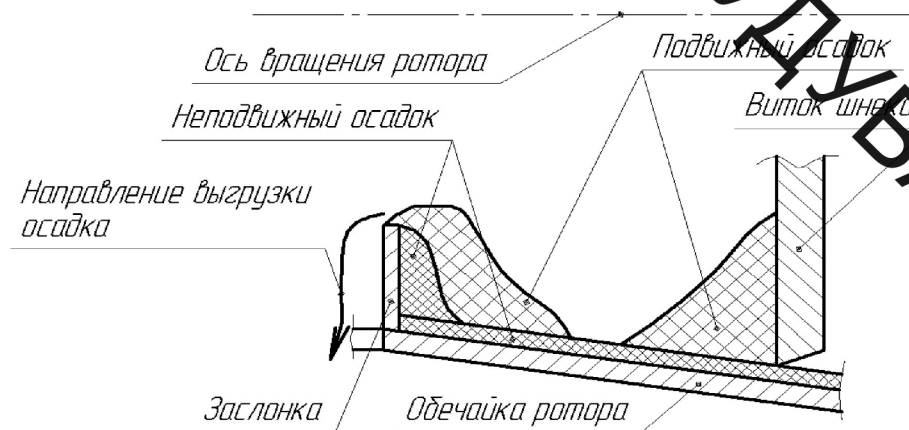


Рисунок 4.1 – Рухомі та нерухомі частини осаду

Валик осаду перед витком шнека мав трикутне або трапеціїдально перетин, що відповідає загальноприйнятим положенням. [12]

Розмір і форма валика осаду залежать від властивостей осаду, продуктивності, частоти відносного обертання шнека.

Безпосередньо перед заслінкою розташовувався нерухомий осад, який жорстко зчіплюється з заслінкою і зі стінкою ротора і не вивантажується з

ротора. Форма валика нерухомого осаду залежить від фізико–механічних властивостей: коефіцієнта внутрішнього тертя і від зчеплення між частинками.

Також між заслінкою і витком шнека розташовувався рухливий (вивантажуваний) осад. Форма валика цього осаду залежить не тільки від властивостей осаду, а й від режиму роботи центрифуги, розташування осаду в області розвантажувальних вікон.

Для завдання розташування елементарного обсягу осаду в області розвантажувальних вікон введемо полярну систему координат з центром на осі обертання ротора. Площина відліку полярного кута φ перпендикулярна осі обертання ротора. Початок відліку полярного кута φ відповідає початку останнього витка спіралі шнека. Значення полярного кута $\varphi=2\pi$ відповідає закінченню спіралі шнека (рис. 4.2).

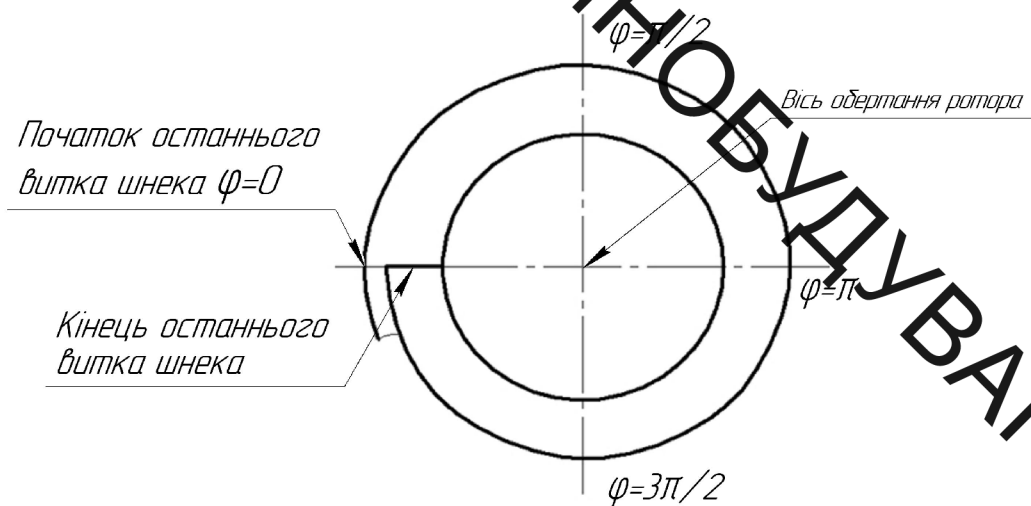


Рисунок 4.2 – Полярна система координат

Наведемо зміна форми осаду, що знаходиться між поверхнею витка шнека і поверхнею заслінки.

При розробці математичної моделі будемо керуватися наступними припущеннями:

- утворює ротора в області вікон вивантаження осаду паралельна осі обертання ротора;
- утворює спіралі шнека перпендикулярна осі обертання ротора;

– матеріал осаду – сипуча тіло.

При $\varphi=0$ осад буде у вигляді двох валиків (рис. 4.3). Один валик, перед витком спіралі шнека, має трикутний перетин, а інший, біля заслінки, має перетин близьке до трапеційдально.

Площа поперечного перерізу валика осаду, прилеглого до шнека, м²

$$S_e = \frac{G_{oc}}{\rho_{oc} \cdot r \omega_{ш}} \quad (4.1)$$

де G_{oc} – продуктивність центрифуги по осадку, кг/с; ρ_{oc} – щільність осаду, кг/м³; r – радіус ротора в області вікон вивантаження, м; $\omega_{ш}$ – кутова швидкість відносного обертання шнека.

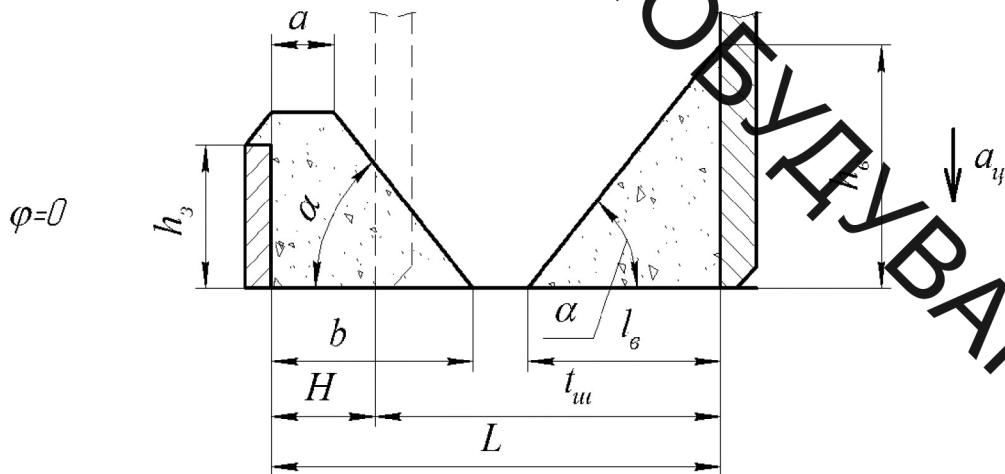


Рисунок 4.3 – Форма валиків осаду до їх дотик

Беручи трикутну форму валика осаду, можна визначити його висоту h_e і довжину в осьовому напрямку l_e :

$$h_e = \sqrt{2S_e \operatorname{tg} \alpha}, \quad l_e = \sqrt{2S_e / \operatorname{tg} \alpha}. \quad (4.2)$$

Нижня основа трапеції можна визначити, знаючи її площа і задавшись її висотою.

$$b = \left(S + \frac{h^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} \right) / h. \quad (4.3)$$

Відстань від заслінки до перетину витка шнека змінюється відповідно до рівняння:

$$\frac{dL}{d\varphi} = -\frac{t_u}{2\pi}, \quad (4.4)$$

а при початкових умовах

$$L(\varphi) = t_u + H. \quad (4.5)$$

Інтегрування рівняння (4.4) призводить до залежності:

$$L(\varphi) = H + t_u \left(1 - \frac{\varphi}{2\pi} \right). \quad (4.6)$$

Зміна величини L означає, що валик осаду, що знаходиться перед шнеком, рухається в бік вивантаження. У певний момент він торкнеться валика осаду перед заслінкою. Це станеться за умови, що $L = b + l_e$.

Прирівнюємо цей вираз з правою частиною рівняння (4.6):

$$b + l_e = H + t_u \left(1 - \frac{\varphi}{2\pi} \right). \quad (4.7)$$

З рівняння (4.7) визначимо кутову координату дотику валиків:

$$\varphi_{\text{dot}} = 2\pi \cdot \left(1 - \frac{l_e + b - H}{t_u} \right). \quad (4.8)$$

Після торкання валиків починається зона спучування і ущільнення осаду. Між валиками утворюється перешийок товщиною h_n .

Спучування сипучого матеріалу осаду буде зосереджено в області перешийка (рис. 4.4).

Зміна товщини перешийка відбуватиметься відповідно до рівняння:

$$\frac{dh_n}{d\varphi} = -\frac{dL}{d\varphi} \cdot \operatorname{tg}\alpha \quad (4.9)$$

При досягненні певної «критичної» товщини перешийка, міцність його зросте настільки, що спучування припиниться, і почнеться рух всього осаду в бік вивантаження. Для оцінки «критичної» товщини шару осаду в роботі [4] було запропоновано рівняння, що дозволяє задачу механіки сипучого тіла звести до розгляду геометричних характеристик осаду: $h_{kp} = \sqrt{h_{min}^2 + h_{min}h}$, де h – товщина шару, що рухається осаду (відповідає товщині валика осаду перед заслінкою); h_{min} – мінімальна стійка товщина шару, що рухається осаду. У нашому випадку в якості оцінки для мінімально можливої товщини можна прийняти з $h_{min} \approx h$.

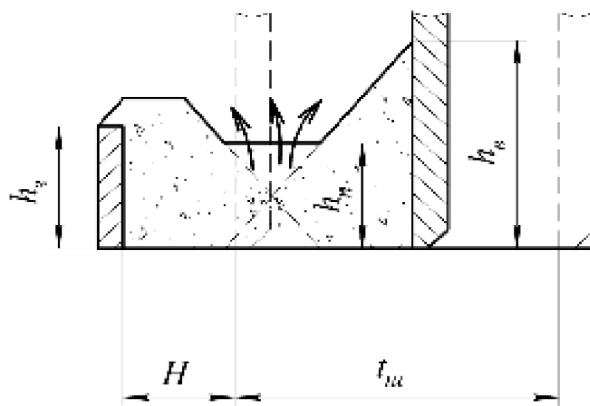


Рисунок 4.4 – Зона спучування – ущільнення осаду

Підставляючи рівняння (4.5) в (4.9) проводячи інтегрування по h_n в межах від 0 до $h_{кр}$, а за кутом j в межах від $\varphi_{от}$ до $\varphi_{вв}$, визначимо кутову координату початку зони вивантаження осаду (рис. 4.5):

$$\varphi_{вис} = \frac{h_{кр} + \varphi_{от} t_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2\pi}{t_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2\pi}. \quad (4.10)$$

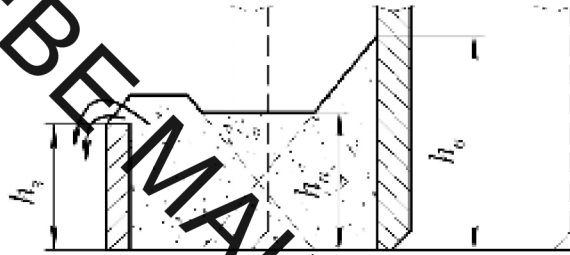


Рисунок 4.5 – Зона вивантаження осаду

Якщо продуктивність по осадку мала, то може виявитися, що $h_{кр} > h_6$. В цьому випадку спучування осаду в області «перешийка» продовжиться за рівнянням (4.9) до досягнення висоти h_6 .

Це станеться при:

$$\varphi' = \frac{2\pi h_6}{t_{ш} \cdot \operatorname{tg} \alpha} + \varphi_{от}. \quad (4.11)$$

Після цього можна прийняти, що незаповнений простір перед витком шнека в осьовому перерізі матиме форму трапеції. Спучування осаду призведе до подальшого зростання товщини перешийка і зменшення площі трапеції:

$$\frac{dS_n}{d\varphi} = h \frac{dL}{d\varphi} = -h \frac{t_{ш}}{2\pi}. \quad (4.12)$$

Інтегрування рівняння (4.12) призводить до вираження:

$$S_n = S' - h \cdot \frac{t_{ш}}{2\pi} \cdot (\varphi - \varphi'). \quad (4.13)$$

де S'_n – це значення площі трапеції при $\varphi = \varphi'$.

З іншого боку, виходячи з геометричних міркувань, площа трапеції можна визначити як

$$S'_n = (L(\varphi) - a) \cdot (h - h_n) - \frac{(h - h_n)^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (4.14)$$

де h_n висота перешийка осаду перед витком шнека.

Щоб за рівнянням (4.14) визначити S'_n , треба зробити підстановки $\varphi = \varphi'$, $h_n = h_e$.

У момент початку руху осаду на вивантаження (при $\varphi = \varphi_{\text{вив}}$) Товщина перешийка досягне критичної позначки $h_n = h_{\text{кр}}$. Вирішуючи спільно рівняння (4.13) і (4.14) визначимо куту координату початку зони вивантаження осаду при $h_{\text{кр}} > h_e$:

$$\varphi_{\text{вив}} = 2\pi \left(\frac{(h - h_n)^2 / 2 \operatorname{tg} \alpha - (H + t_{\text{ш}} - a) \cdot (h - h_{\text{кр}}) + S'_n}{h_{\text{кр}} \cdot t_{\text{ш}}} + \frac{\varphi'}{t_{\text{кр}}} \right) \quad (4.15)$$

Беручи, що осад в зоні безпосередньо близькою до шнеку не деформується в області $\varphi_{\text{вив}} \leq \varphi \leq 2\pi$, кількість осаду, що залишається в зоні ущільнення, можна визначити наступним чином:

$$S'_3 = Hh_3 + \frac{1}{2} \cdot \frac{(h_e - h_{\text{кр}})^2}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \text{при} \quad H > \frac{h_e - h_{\text{кр}}}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (4.16)$$

$$S'_3 = Hh_3 + \frac{1}{2} \cdot H^2 \operatorname{tg} \alpha \quad \text{при} \quad H < \frac{h_e - h_{\text{кр}}}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (4.17)$$

Як видно, зміна площі осаду описується системою нелінійних алгебраїчних рівнянь (4.1) – (4.17), причому, деякі функції, що входять в цю систему, мають розриви похідною. Тому рішення даної системи рівнянь проводилося чисельним способом, методом ітераційних обчислень: спочатку

здавалися величиною S_3 – площа перетину валика осаду, що залишився перед заслінкою в кінці зони вивантаження, а потім, проводячи розрахунок за вказаними формулами, визначали нове значення S'_3 . Потім підбирали значення S_3 так, щоб мінімізувати: $(S_3 - S'_3)^2$. Завдання оптимального пошуку була реалізована в середовищі MS EXCEL за допомогою надбудови «Пошук рішення», з використанням методу Ньютона.

Вихідними даними для проведення розрахунку є продуктивність по осадку, кг/с, G_{oc} ; частота відносного обертання шнека, з-1, $n_{ш}$; щільність осаду, кг/м³; кут природного укосу осаду α ; діаметр ротора, м, D_o ; крок шнека, м, $t_{ш}$; відстань від заслінки до початку спіралі шнека, м, H ; висота заслінки, м, h_3 .

Для оцінки висоти трапеції площею S_3 приймалося: $h = S_3/H$.

При обробці результатів розрахунку, необхідно було отримати залежності, що не залежали б від конкретних величин: продуктивності, частоти обертання шнека, щільності осаду, абсолютних значень кроку шнека, висоти заслінки, ширини зони ущільнення, висоти валика осаду.

Виходячи з цього, пропонуються і визначені розрахунковим шляхом наступні залежності.

На рисунку 4.6, а показана залежність безрозмірною площі перетину валика осаду перед заслінкою від безрозмірною продуктивності $S_3/H \cdot h_3 = f(S_B/H \cdot h_3)$. при різних значеннях відносної висоти заслінки h_3/H .

Як видно при найменших значеннях відносної продуктивності $S_B/H \cdot h_3$ (до 0,5) безрозмірна площа осаду мало залежить від продуктивності. Потім в діапазоні значень $S_B/H \cdot h_3$ 0,5 ÷ 2,5 спостерігається нелінійний зростання площі осаду перед заслінкою, після чого вона практично не змінюється.

Дана залежність дозволяє визначати висоту шару осаду h , враховуючи, що $S_B/H \cdot h_3 \approx h/h_3$.

Для визначення часу перебування осаду в зоні ущільнення може використовуватися залежність виду $\frac{S_3}{S_B} = f\left(\frac{S_B}{H \cdot h_3}\right)$ 1 – залежність безрозмірного

часу перебування від безрозмірною продуктивності при різних співвідношеннях h_3/H (рис. 4.6, б). При цьому час перебування, яке виражається у вигляді співвідношення S_3/S_B фактично відповідає кількості оборотів шнека, необхідних для поновлення осаду в зоні ущільнення.

Як показує залежність (рис. 4.6, б) час перебування в зоні ущільнення, при звичайних значеннях відносної продуктивності $1 < S_B/H \cdot h_3 < 4$ відповідає 0,5...1 періоду відносного обертання шнека.

Це означає, що вплив зони ущільнення на загальний час перебування осаду в центрифугі відносно невелике і ефект зниження вологості досягається не за рахунок підвищення часу перебування, а за рахунок додаткового механічного ущільнення.

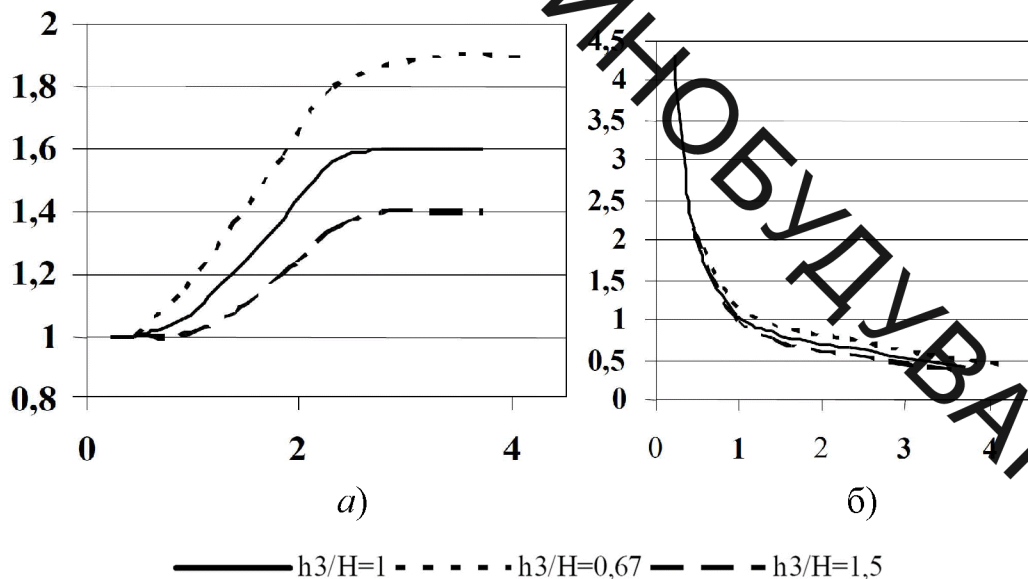


Рисунок 4.6 – Залежності площі перетину валика осаду перед заслінкою від площі валика осаду перед шнеком та часу перебування осаду в зоні ущільнення від безрозмірною продуктивності

Однак при дуже низьких значеннях відносної продуктивності $0,25 < S_B/H \cdot h_3 < 0,5$ можна домогтися різкого збільшення часу перебування і очевидно, час перебування буде відчутно впливати на результати зневоднення.

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Оцінювання комерційного потенціалу наукової розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки [14]. Проведення технологічного аудиту здійснюється за допомогою експертного методу. Для цього залучено 2-х незалежних експертів. Оцінювання комерційного потенціалу розробки здійснюється за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
1	2	3	4	5	6
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти	
	1	2
	Бали, виставлені експертами:	
1	4	3
2	3	4
3	4	3
4	3	4
5	3	3
6	3	3
7	3	4

Продовження таблиці 5.2

9	2	2
10	3	3
11	5	3
12	3	2
Сума балів	СБ1 = 39	СБ2 = 37
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{39+37}{2} = 38$	

Таблиця 5.3 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Згідно результатів оцінювання комерційного потенціалу розробки, що наведено в таблиці 5.2, середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів складає 38 балів. Використовуючи дані таблиці 5.3 можна зробити висновок, що рівень потенціалу розробки – вище середнього.

5.2 Прогнозування витрат на виконання роботи

Кошторис витрат на розробку «Підвищення продуктивності процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв» передбачає розрахунок декількох статей витрат.

Основна заробітна плата ($З_0$) розробників розраховується за формулою (5.1):

$$З_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад розробника; T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні; t – число днів роботи розробників.

Зроблені розрахунки занесені до табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Витрати на основну заробітну плату розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Науковий керівник	11000	500	22	11000
Інженер	7700	350	16	5600
Всього				16600

Основна заробітна плата робітників Z_p , які виконують роботи за робочими професіями, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_i^n t_i \cdot C_i, \quad (5.2)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи; n – число робіт за видами та розрядами; C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_{mkc} \cdot K_c}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.3)$$

де M_m – розмір мінімальної заробітної плати за місяць у 2020 році, $M_m = 4723$ грн.

K_{mkc} – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (див. табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Міжкваліфікаційні співвідношення для встановлення тарифних ставок робітникам

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
K_{MF}	1,0	1,1	1,35	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Розрахунки основної заробітної плати робітників зведено в табл. 5.6

Таблиця 5.6 – Розрахунок основної заробітної плати робітників

Найменування робіт	Трудоємність, годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Заготівельні	24	2	32,1	770,4
Фрезерувальні	40	4	43,8	1752
Монтажні	32	2	32,1	1027,2
Налагоджувальні	16	1	29,2	467,2
Всього				4016,8

Додаткову заробітну плату ($З_д$) розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення, розрахуємо як $(0,1...0,12)\%$ від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників [14]:

$$З_д = (0,1...0,12) \cdot З_о, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Підставивши чисельні значення, отримаємо:

$$З_д = 0,1 \cdot 16000 = 1600 \text{ (грн).}$$

Нарахування (ЄСВ) на заробітну плату $H_{ЗП}$ розробників та робітників становить 22% від суми їх основної та додаткової заробітної плати [19]:

$$H_{ЗВ} = (З_о + З_р + З_д) \cdot 0,22, \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Обчислимо нарахування на заробітну плату за формулою (5.5):

$$H_{зв} = (16000 + 4016,8 + 1600) \cdot 0,22 = 4755,7 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались для розробки нового технічного рішення.

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування за кожним видом обладнання та приміщень, які використовувались для розробки нового технічного рішення, можуть бути розраховані за формулою [14]:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{12 \cdot T_{в}}, \text{ грн,} \quad (5.6)$$

де Ц – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн; Т – фактична тривалість використання, міс; $T_{в}$ – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці, роки.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.7 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Термін використ., років	Фактичний термін використ, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
1. Виробниче приміщення	450000	25	1	1500
2. Комп'ютери персональний	40000	10	1	333,3
3. Фрезерний верстат	350000	20	1	1458,3
Всього				3291,6

Використані для розробки нового технічного рішення матеріали і прилади подано в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Витрати на матеріали

№	Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Од. виміру	Витрачено на виріб	Ціна за матеріал, грн.	Загальна вартість
1.	Сталь ANSI 304	кг	6	100	600
2.	Болти	шт	8	30	240
3.	Шайби	шт	8	15	120
4.	Гайки	шт	8	20	160
5.	Швеллер	м	3	120	360
6.	Електропроводка	м	10	15	150
Всього, грн.					1630

Використані для розробки нового технічного рішення комплектуючі наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Комплектуючі, що використовуються для розробки нового технічного рішення

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Частотний перетворювач	1	25000	25000
Пристрій плавного старту	1	10000	10000
Тахогенератор	1	4000	4000
Всього, грн.			39000

Витрати на комплектуючі вироби (B_K) розраховуються згідно з її номенклатурою за формулою:

$$B_K = \sum_i H_{Ki} \cdot C_{Ki} \cdot K, \quad (5.8)$$

де H_{Ki} – кількість комплектуючих i -го найменування; C_{Ki} – ціна комплектуючих i -го найменування.

Витрати на електроенергію, яка використовується в процесі розробки нового технічного рішення, визначаються на основі тарифів на енергію за допомогою залежності [14]:

$$B_E = B_{1кВт} \cdot P_o \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.9)$$

де $B_{1кВт}$ – вартість одного кіловата енергії, $B_{1кВт} = 1,46$ грн.; P_o – установлена потужність обладнання, $P_o = 23$ кВт; Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, $\Phi = 265$ год.; K_n – коефіцієнт використання потужності, $K_n = 0,95$.

Підставивши значення в формулу (5.9), отримаємо:

$$B_E = 1,46 \cdot 23 \cdot 265 \cdot 0,95 = 8453,7 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати B_{IH} приймаються як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників, тобто:

$$B_{IH} = 2 \cdot (Z_o + Z_p). \quad (5.10)$$

Обчислимо інші витрати за виразом (5.10):

$$B_{IH} = 2 \cdot (16000 + 4016,8) = 40033,6 \text{ (грн.)}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на розробку нового технічного рішення – B , тобто:

$$B = Z_o + Z_p + Z_d + H_{ЗВ} + A + B_M + B_K + B_E + B_{IH}. \quad (5.11)$$

Підставивши значення в формулу (5.1), маємо:

$$B = 16000 + 4016,8 + 1600 + 4755,7 + 3291,6 + 1630 + 39000 + 8453,7 + 40033,6 = 118781,4 \text{ грн.}$$

Розрахунок загальних витрат $B_{ЗАГ}$ на виконання розробки нового технічного рішення здійснюється за формулою:

$$B_{ЗАГ} = \frac{B_{ІН}}{\alpha}, \quad (5.12)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець розробки нового технічного рішення, $\alpha = 0,8$.

Обчислимо загальні витрати за формулою (5.12):

$$B_{ЗАГ} = \frac{40073,6}{0,8} = 50042 \text{ (грн)}.$$

Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів розробки нового технічного рішення:

$$ЗВ = \frac{B_{ЗАГ}}{\beta}, \quad (5.13)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап розробки нового технічного рішення (розробка знаходиться на стадії технічного проектування, тобто $\beta=0,2$).

Підставивши значення в формулу (5.13), отримаємо:

$$ЗВ = \frac{50042}{0,2} = 250210 \text{ (грн)}.$$

5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Для даної розробки маємо випадок, коли неможливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. У цьому випадку збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$ для кожного із років, протягом яких очікується отримання

позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою [19]:

$$\Delta\Pi_i = \sum_i (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - v), \quad (5.14)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році (наприклад, ціна одиниці нової розробки); N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки; ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки; C_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки; n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки; λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2020 році ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$; ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, $\rho = 0,25$; v – ставка податку на прибуток, станом на 2020 рік $v = 0,18$ [16].

Припустимо що в результаті впровадження результатів наукової розробки покращується якість певного продукту, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 2000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 200, протягом другого року – ще на 300, протягом третього року – ще на 550.

Орієнтовно: реалізація продукції до впровадження результатів розробки складає 280 користувачів, а її ціна – 15000.

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом перших трьох років складатиме:

$$\Delta\Pi_1 = [2000 \cdot 280 + (15000 + 2000) \cdot 200] \cdot 0,8547 \cdot 0,25 \cdot (1 - \frac{18}{100}) = 673200$$

$$\Delta\Pi_2 = [2000 \cdot 280 + (15000 + 2000) \cdot (200 + 300)] \cdot 0,8547 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1540200$$

$$\Delta\Pi_3 = [2000 \cdot 280 + (15000 + 2000) \cdot (200 + 300 + 550)] \cdot 0,8547 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 3129700$$

5.4. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Припустимо, що загальні витрати ЗВ на виконання та впровадження результатів НДДКР (або теперішня вартість інвестицій PV) дорівнює 250210 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через три роки.

Таким чином, збільшення чистого прибутку підприємства після першого року складе 673200 грн., після другого року - 1540200 грн., після третього року - 3129700 грн.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рис. 5.1

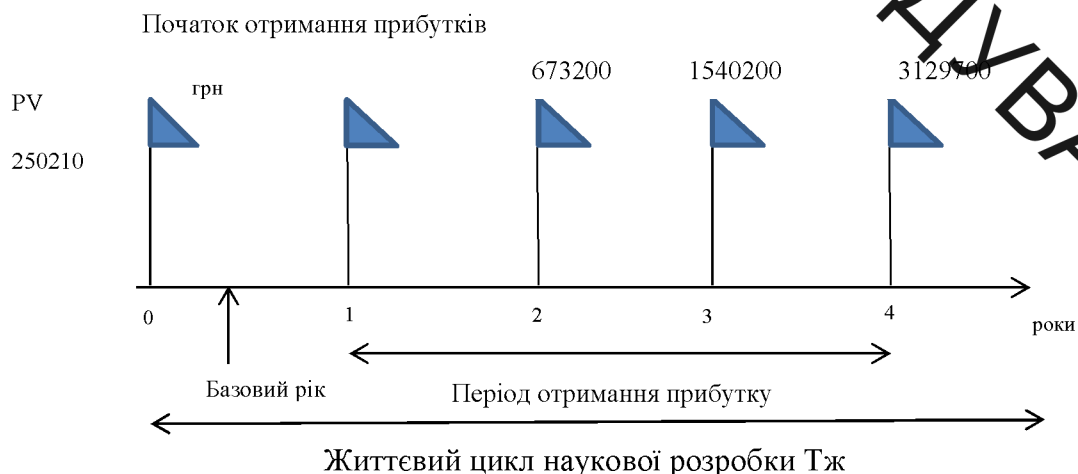


Рисунок 5.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$ за формулою [19]:

$$E_{абс} = ПП - ЗВ, \quad (5.15)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки.

В свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків $ПП$ розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_i^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.16)$$

де T – період часу, протягом якого виявляються результати наукової розробки; τ – ставка дисконтування, $\tau = 0,1$; t – період часу від моменту отримання чистого прибутку до точки "0".

Обчислимо приведену вартість всіх чистих прибутків за формулою (5.16):

$$ПП = \frac{673200}{(1+0,1)^2} + \frac{1540200}{(1+0,1)^3} + \frac{3129700}{(1+0,1)^4} = 3861039 \text{ грн.}$$

Розрахуємо за формулою (5.15) абсолютну ефективність вкладених інвестицій:

$$E_{абс} = 3861039 - 250210 = 3610829 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, то результат від проведення наукової розробки та її впровадження принесе прибуток.

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e розраховується за формулою :

$$E_e = T_{жс} \sqrt[1 + \frac{E_{абс}}{3B}]{1} - 1, \quad (5.17)$$

де $T_{жс}$ – життєвий цикл наукової розробки, $T_{жс} = 3$ роки.

Підставивши чисельні значення в формулу (5.17), отримаємо:

$$E_e = \sqrt[3]{1 + \frac{3652985,5}{250210}} - 1 = 1,5 \approx 150\%$$

Отже, відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій становить приблизно 150%.

Далі відносна ефективність вкладених інвестицій порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування τ_{min} , яка визначається як:

$$\tau_{min} = d + f, \quad (5.18)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках, $d = 0,14$; f – показник, що характеризує ризикованість вкладень, $f = 0,05$.

Обчислимо мінімальну ставку дисконтування за виразом (5.18):

$$\tau_{min} = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Оскільки $E_e = 150\% > \tau_{min} = 19\%$, то інвестори можуть бути зацікавленими у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e}. \quad (5.19)$$

Підставивши значення у вираз (5.19), маємо:

$$T_{ок} = \frac{1}{1,5} = 0,66 \text{ року.}$$

Оскільки термін окупності приблизно складає сім з половиною місяців та знаходиться в оптимальних межах (до п'яти років), то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

5.5 Висновки по розділу

1. Оцінено комерційний потенціал розробки, рівень якого є вище середнього, що свідчить про доцільність ймовірного впровадження розробки та отримання прибутку від її використання.

2. Розраховано витрати на виконання наукової роботи та впровадження її результатів. Сума всіх статей витрат складає 118781,4 грн, до яких входять витрати на: основну заробітну плату розробників – 16600 грн; заробітну плату робітників – 4016,8 грн; додаткову ЗП – 1600 грн; нарахування на ЗП – 4755,7 грн; амортизація обладнання – 3291,6 грн; витрати на силову електроенергію – 20265,9 грн; інші витрати – 40033,6 грн. Загальна вартість всієї наукової роботи складає 50042 грн, а прогнозовані витрати на виконання та можливе впровадження результатів даної роботи можуть скласти приблизно 250210 грн.

3. Розраховано комерційні ефекти від реалізації результатів розробки. Позитивні результати від провадження розробки очікуються протягом трьох років після впровадження. Збільшення чистого прибутку протягом 1-го року складає – 673200 грн, протягом 2-го року – 1540200 грн, протягом 3 – го року – 3129700 грн.

4. Розраховано ефективність вкладених інвестицій та період їх окупності. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій $E_{abc} > 0$, свідчить про те, що впровадження наукових досліджень принесе прибуток. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок} = 0,66$ року, звідси $T_{ок} < 3...5$ років, що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз умов праці

На дільниці де проводиться процес зневоднення продуктів переробки харчових виробництв виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори [15-17]:

- фізичні: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що переміщуються; підвищений рівень шуму; гострі кромки, заусенці; підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини; недостатня освітленість робочої зони; недостатнє природне освітлення;

- хімічні: загально токсичні (CO_2 – джерело – міжцеховий автотранспорт; вуглеводні містяться у парах ЗОР); роздратовуючі (пари лугів з ЗОР);

- психологічні: фізичні перенавантаження (при перенесенні деталей до робочого місця); нервово-психічні перенавантаження (викликаються монотонністю праці).

6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Вимоги до технологічних процесів, обладнання та приміщення

Обладнання повинно бути безпечним при монтажу, експлуатації і ремонту як окремо, так і в складі технологічних систем, при зберіганні, повинно бути пожежно-вибухобезпечним і не забруднювати навколишнє середовище вище норм.

Об'єм промислового приміщення на одного працюючого не повинен бути менше 15 м^3 , а площа – $4,5 \text{ м}^2$.

6.2.2 Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях визначається наступними параметрами: температура повітря t , °C; відносною вологістю φ , %; швидкістю руху повітря на робочому місці v , м/с; атмосферним тиском p , мм.рт.ст.

Метеорологічні умови визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Чоловік відчуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря $t = 18...22$ °C; відносна вологість $\varphi = 40...60\%$, швидкість руху повітря на робочому місці $v = 0,1...0,2$ м/с.

Для категорії робіт II б – роботи середньої важкості, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням та перенесенням невеликих вантажів до 10 кг, які вимагають помірних фізичних напружень, параметри мікроклімату наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура t , °C				Відносна вологість, %		Швид. повітря, м/с		
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на роб. місці	Оптимальна	Допустима на роб.
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост.	непост.	пост.	непост.				
Холодний	II б	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	>0,4
Теплий		20...22	27	29	16	15	40...60	70(1=25°C)	0,3	0,2...0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинно перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні не більше 25% поверхонь тіла.

Оптимальні параметри мікроклімату підтримувати економічно недоцільно, тому підтримують допустимі параметри.

У механічному цеху, де відсутні шкідливі виділення і необхідно мала кратність повітрообміну, застосовують витяжну загальну обмінну вентиляцію.

6.2.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. Кількісні показники: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. Якісні: фон, контраст об'єкта з фоном, видимість і т. д.

Зорова робота на розробляє мій ділянці відноситься до II групи: розрізнення об'єктів зорової роботи здійснюється при фіксованому направленні лінії зору робітників на робочу поверхню (виробничі приміщення промислових підприємств).

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості – це відношення освітленості зовні.

Таблиця 6.2 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення	Характер фону	Штучне,	Природне,
						Комб.	Комб.
Високоточне	більше 0,15 до 0,3	2	в	середній	середній	750	2,5

Нормальне значення для КПО:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot t \cdot c, \quad (6.1)$$

де e_H^{IV} – значення КПО для будівель, що розташовані у II поясі світлового клімату;

t – коефіцієнт світлового клімату, що враховує особливість світлового клімату іншої місцевості;

c – коефіцієнт сонячності клімату.

Для бокового природного освітлення $e_H^{III} = 10\%$; для суміщення освітлення $e_H^{III} = 6\%$; $m = 0,9$; $cC = 0,75$, для зовнішніх стін азимут 270° .

Отже, мінімальні значення КПО:

- для природного освітлення: $e_H^{IV} = 3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2\%$;
- для суміщення освітлення $e_H^{IV} = 6 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 1,215\%$.

Нестачу природної освітленості компенсує штучне. Воно складається з загального освітлення виробничої площі та місцевого освітлення. Місцеве освітлення реалізується лампами розжарювання; загальне – газорозрядними лампами.

6.2.4 Виробничий шум та вібрації

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на розглядаємій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

Вібрація виникає при зворотно-поступальних рухах системи, обертання неврівноважених мас, ударів деталей. По дії на людину вібрація поділяється на загальну та локальну. Систематична дія вібрації призводить до різноманітних порушень здоров'я людини.

На дільницях механічної обробки на робітників діє локальна та загальна вібрація, джерелом якої є працююче обладнання. На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях допустимі такі рівні вібрації (табл. 6.4) для категорії вібрації 3 типу «а» – технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин та обладнання, чи передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації

Вид вібрації	Категорії вібрації по СН	Напрявленн ^я дії	Нормативне корегування по частоті і еквівалентне корегування значення			
			Вібро-приско-рення	Рівень віброприс-корення	Вібро-швидкість	Рівень вібро-швидкості
			м с ⁻¹	дБ	м с ⁻¹ 10 ⁻²	дБ
загальна	3 типа «а»	z0, y0, x0	0.1	100	0,2	92

Санітарні норми одночисельних показників вібраційного навантаження на оператора для тривалості зміни 8 год. також наведені в таблиці 6.4.

Технічні заходи захисту від вібрацій полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін.

Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

6.3.1 Техніка безпеки

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі; блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.

6.3.2 Електробезпека

Дільниця по небезпеці ураження електричним струмом відноситься до особливо небезпечних приміщень, оскільки на цій дільниці існують струмопровідні поли і можливість одночасного дотику людини до механізмів, що мають з'єднання з землею, з одного боку, і до металевих корпусів з іншого. Безпека при експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується засобами захисту.

В якості захисного засобу на дільниці використовується занулення для трьохфазної чотирьох провідної мережі із заземленою нейтраллю. Занулення в електроустановках не знаходиться під напругою до 1000 В – спеціальне заземлення частин, які нормально не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережах трьохфазного струму.

Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання між фазним і нульовим проводами з метою утворення більшого струму, здатного забезпечити спрацювання захисту і відключення установки від мережі.

Другим основним засобом електробезпеки є захисне заземлення всіх струмопровідних корпусів обладнання на дільниці.

Захисна дія заземлення ґрунтується на зменшенні напруги дотику між корпусом обладнання і землею. При замиканні будь-якої фази на струмопровідний корпус через провідник заземлення фаза замикається на землю. Це є однофазне коротке замикання, від струму якого спрацює захисне обладнання, яке відключає дану установку від електромережі.

На дільниці виконане природне заземлення – всі струмопровідні корпуси установок та механізмів заземлені на підземні трубопроводи.

Крім того, на дільниці використовують різні електрозахистні засоби: діелектричні рукавиці, гумові килими, ізолюючі підставки, показники напруги. В різних місцях встановлені різні попереджувальні плакати: дозволяючи, остерігаючи та нагадуючи.

6.4 Пожежна безпека

В якості робочої рідини використовується мінеральне мастило. Температура спалаху у нього більше 61°C тому дане виробництво слід віднести до категорії «В». В відповідності з ДБН В.2.1.1-2002 приміщення має

ступінь вогнестійкості – II, допустиме значення поверхів – фактично 1, площа поверху не обмежується.

Межі вогнестійкості будівлі II ступеня стійкості:

Стіни	Межа вогнестійкості
Несучі і сходові кішки	2
Самонесучі	1
Зовнішні не несучі	0,25
Колони	2
Сходові площадки, ступені, балки	1
Плити, настили і інші перекриття	0,25
Елементи покриття:	
Плити, настили, прогони	0,25
Балки, ферми, арки	0,25

Для забезпечення гасіння пожежі в початковому стані його джерело треба встановити найшвидше, тому встановлюємо внутрішній пожежний кран.

З метою забезпечення пожежобезпеки слід контролювати установку по допускній температурі, так як в ній використовується мінеральне мастило, а також не допускати перегріву електродвигунів.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м. Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно ДБН В.2.1.1-

2002 не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері – 1 м, через розсувні ворота – 2,5 м. Кількість людей на 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно ДБН В.2.1.1-2002 кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.

6.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності системи ЧПК обладнання в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань.

6.5.1 Дія іонізуючих та електромагнітних випромінювань на електронні пристрої та системи

Радіoeлектронна апаратура, що знаходиться в зоні дії іонізуючих випромінювань, може істотно змінювати свої параметри і виходити з ладу.

Ці пошкодження відбуваються в результаті зміни фізичних і хімічних властивостей радіотехнічних (напівпровідникових, ізоляційних, металевих і ін.) матеріалів, параметрів приладів і елементів електронної техніки, виробів електротехніки і радіoeлектронних схемних пристроїв.

Здатність виробів виконувати свої функції і зберігати характеристики і параметри в межах встановлених норм під час і після дії іонізуючих випромінювань називають радіаційною стійкістю.

Ступінь радіаційних пошкоджень в опромінюваній системі залежить як від кількості енергії, що передається при опроміненні, так і від швидкості передачі цієї енергії. Кількість поглиненої енергії і швидкість передачі її у свою чергу залежать від виду і параметрів випромінювання і ядерно-фізичних характеристик речовин, з яких виготовлений опромінюваний об'єкт.

Зміна властивостей речовин, що виникають в результаті взаємодії з іонізуючими випромінюваннями, ґрунтується на утворенні різних дефектів в матеріалі. Радіаційні зміни в матеріалах бувають наступних типів: вакансії

(вакантні вузли), атоми домішок (домішкові атоми), зіткнення при заміщеннях, термічні (теплові) піки, піки зсуву, іонізаційні ефекти.

Суттєвий вплив на роботу електронних систем та обладнання має електромагнітне випромінювання. До основних його джерел можна прирахувати перш за все електромагнітну та атомну зброю, а також електротранспорт (трамваї, тролейбуси, поїзди і т.д.), лінії електропередач (міського освітлення, високовольтні і т.д.), електропроводку (усередині будівель, телекомунікації і т.д.), побутові електроприлади, теле- і радіостанції (трансляючі антени), супутниковий і стільниковий зв'язок (трансляючі антени), персональні комп'ютери і т.д.

Для зниження інтенсивності впливу цих випромінювань на різні системи можна вжити інженерно-технічні захисні заходи, що будуються на використанні явища екранування електромагнітних полів безпосередньо в місцях розташування обладнання або на заходах щодо обмеження емісійних параметрів джерела поля. Цей вид випромінювання має високу проникну здатність. Для захисту обладнання, що розташоване в відкритих приміщеннях здійснюється екранування оглядових вікон, вікон приміщень, перегородок застосовується металізованим склом, що володіє екрануючими властивостями. Така властивість скла додає тонка прозора плівка з оксидів металів, частіше за все олово, або металів – мідь, нікель, срібло і їх поєднання. Плівка володіє достатньою оптичною прозорістю і хімічною стійкістю. Будучи нанесеній на одну сторону поверхні скла вона ослабляє інтенсивність випромінювання в діапазоні 0,8-150 см на 30 Дб (у 1000 разів). При нанесенні плівки на обидві поверхні скла ослаблення досягає 40 дб (у 10000 разів). Для захисту обладнання від дії електромагнітних випромінювань в будівельних конструкціях, як захисні екрани можуть застосовуватися металева сітка, металевий лист або будь-яке інше провідне покриття, у тому числі і спеціально розроблені будівельні матеріали. У ряді випадків достатньо використання заземленої металевої сітки, що поміщається під облицювальний або штукатурний шар. Як екрани можуть застосовуватися також різні плівкові і

тканинній ізоляції з металізованим покриттям. Останніми роками як екрануючі матеріали широко використовуються металізовані тканини на основі синтетичних волокон. Їх отримують методом хімічної металізації (з розчинів) тканин різної структури і щільності. Існуючі методи отримання дозволяє регулювати кількість металу, що наноситься, в діапазоні від сотих доль до одиниць мкм і змінювати поверхневий питомий опір тканин від десятків до доль Ом.

6.5.2 Визначення області працездатності системи ЧПК обладнання в умовах дії іонізуючих випромінювань

Критерієм, що визначатиме працездатність системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Аналіз структурної та електричної схем системи ЧПК показує, що елементами без яких неможливе її нормальне функціонування є: інтегральні схеми, конденсатори, мікросхеми, випрямлячі, магнітні матеріали, транзистори, діоди, резистивні елементи, діелектричні матеріали, індуктивні елементи та напівпровідники.

Довідникові дані про граничні значення доз іонізуючого випромінювання для системи ЧПК наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для елементів системи ЧПК

Елементи і матеріали системи ЧПК	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи ЧПК, $D_{гр,і}, Р$	Гранична доза гамма-випромінювання для системи ЧПК, $D_{гр}, Р$
1	2	3
Індуктивні матеріали	10^6	10^4
Інтегральні схеми	10^4	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	

Продовження таблиці 6.5

Індуктивні матеріали	10^6	10^4
Інтегральні схеми	10^4	
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	

За довідниковими даними граничне значення дози гамма-випромінювання для системи ЧПК складає $D_{гр} = 10^4$ Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання можна визначити за формулою

$$P_{ep.min} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 5}{2(\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 167,5 \text{ (Р/год)},$$

де $t_n = 1$, $t_k = 10$ років = 87601 год – відповідно, час початку і кінця роботи системи ЧПК, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{noc} = 5$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Отже, можна зробити висновки про те, що область працездатності системи ЧПК в умовах дії іонізуючих випромінювань визначена потужністю експозиційної дози іонізуючих випромінювань в межах від 0 до 167,5 Р/год.

6.6 Оцінка безпеки роботи працівників в умовах радіаційного забруднення

6.6.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;

- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;
- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

Окремі радіоактивні речовини концентруються в різних внутрішніх органах. Елементи, які акумулюються в м'яких тканинах організму, легко виділяються. Джерела α -випромінювання (радій, уран, плутоній), (β -випромінювання (стронцій, іпрій) і γ -випромінювання (цирконій) відкладаються в кістках у вигляді хімічно зв'язаних сполук з кістковою тканиною, тому важко виводяться з організму.

Деякі речовини харчових продуктів (пектинові, барвники) утворюють нерозчинні сполуки зі стронцієм, кобальтом, свинцем, кальцієм та іншими важкими металами, які не перетравлюються і виводяться з організму. Отже, ці речовини виконують радіозахисну функцію. Тому пектин, а також пектиномісткі продукти (чорна смородина, агрус, полуниці та ін.), використовують у спеціальному харчуванні для виведення радіоактивних елементів з організму.

Первинним процесом дії радіоактивних речовин в організмі людини є іонізація. Збуджена при цьому енергія іонізуючого опромінювання передається на різні речовини організму людини. У разі дії на прості речовини (гази, метали та ін.) будь-яких змін фізико-хімічної природи у них не спостерігається. При дії на складні речовини, молекули яких складаються з багатьох різних атомів, вони розпадаються (дисоціація). Це так звана пряма дія на прості або складні речовини організму людини. Більш суттєву роль відіграє механізм непрямої дії іонізуючого випромінювання, під яким треба розуміти радіаційно-хімічні зміни у певній розчинній речовині, зумовлені продуктами радіолізу (розпаду) води.

В організмі людини знаходиться 60-70% води. В результаті іонізації молекули води під впливом радіоактивних речовин утворюються вільні радикали гідроперекису (HO_2) і перекису (H_2O_2) водню, які як сильні окислювачі мають високу хімічну активність і вступають у реакції з білком, ферментами та іншими структурними елементами біологічної тканини, що призводить до зміни біологічних процесів в організмі. Внаслідок цього порушуються процеси обміну, пригнічується активність ферментних систем, затримується ріст тканин, виникають нові хімічні сполуки - токсини - сильні отрути. Все це призводить до порушення життєдіяльності окремих систем та організму в цілому. Патологічні процеси в організмі, у тому числі загибель клітин, ріст пухлин, пов'язують з хромосомними ураженнями соматичних клітин, причому рівень аутогенних ушкоджень хромосом зростає з віком людини.

6.6.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Під режимом роботи в умовах радіоактивного забруднення розуміють порядок і умови роботи, переміщення і відпочинку персоналу з використанням засобів захисту, що зменшує ураження людей і скорочує вимушену зупинку виробництва.

Можлива доза опромінення працівників в заданих умовах при роботі у режимі 2 зміни по 12 год. складає

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{пос}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{8} = 1,22 \text{ (мР)}, \quad (6.2)$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1\max}=1,25$ Мр/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{пос}}=8$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,5 \cdot 8}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,48 \text{ (мР/год)}. \quad (6.3)$$

Згідно проведеного розрахунку можлива доза опромінення персоналу $D_m > D_{\text{доп}}$ ($1,22 > 0,5$) та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\max} > p_{\text{гр}}$ ($1,3 > 0,48$) перевищують допустимі норми, тому робота працівників в режимі 2 зміни по 12 год. неможлива. Для продовження виробничої діяльності підприємства необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту працівників підприємства проведемо в такій послідовності.

Для кожної зі скорочених змін необхідно визначити час початку робочої зміни (t_n), час кінця робочої зміни (t_k), тривалість роботи зміни (t_p) та можливу дозу опромінення зміни (D_m).

Час початку роботи першої зміни визначається за коефіцієнтом α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пос}}}{1,33 \cdot p_{1\max}} = \frac{0,5 \cdot 8}{1,33 \cdot 1,25} = 2,4. \quad (6.4)$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни

$t_{п1} = 1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: час початку роботи $t_{п1} = 1$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{к1} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{п1}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 4,37 \approx 4 \text{ (год)}. \quad (6.5)$$

Тривалість роботи $t_{р1} = t_{к1} - t_{п1} = 4 - 1 = 3$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{м1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{к1}^3} - \sqrt[4]{t_{п1}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{4^3} - \sqrt[4]{1^3} \right)}{8} = 0,45 \text{ (мР)}. \quad (6.6)$$

Для 2-ї зміни: час початку роботи $t_{п2} = t_{п1} + t_{р1} = 1 + 3 = 4$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{к2} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{п2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{4^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 8,71 \approx 8,5 \text{ (год)}. \quad (6.7)$$

Тривалість роботи $t_{р2} = t_{к2} - t_{п2} = 8,5 - 4 = 4,5$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{м2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{к2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{8,5^3} - \sqrt[4]{4^3} \right)}{8} = 0,48 \text{ (мР)}. \quad (6.8)$$

Для 3-ї зміни: час початку роботи $t_{п3} = t_{п2} + t_{р2} = 4 + 4,5 = 8,5$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{8,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 14,13 \approx 14 \text{ (год)}. \quad (6.9)$$

Тривалість роботи $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 14 - 8,5 = 5,5$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{п3}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{14^3} - \sqrt[4]{8,5^3} \right)}{8} = 0,484 \text{ (мР)}. \quad (6.10)$$

Для 4-ї зміни: час початку роботи $t_{п4} = t_{п3} + t_{p3} = 8,5 + 5,5 = 14$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{14^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 21,27 \approx 21 \text{ (год)}. \quad (6.11)$$

Тривалість роботи $t_{p4} = t_{k4} - t_{п4} = 21 - 14 = 7$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k4}^3} - \sqrt[4]{t_{п4}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{21^3} - \sqrt[4]{14^3} \right)}{8} = 0,49 \text{ (мР)}. \quad (6.12)$$

Для 5-ї зміни: час початку роботи $t_{п5} = t_{п4} + t_{p4} = 14 + 7 = 21$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k5} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n5}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{21^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 30,42 \approx 30 \text{ (год)}. \quad (6.13)$$

Тривалість роботи $t_{p5} = t_{k5} - t_{п5} = 30 - 21 = 9$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{\text{мб5}} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k5}^3} - \sqrt[4]{t_{n5}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{30^3} - \sqrt[4]{21^3} \right)}{8} = 0,48 \text{ (мР)}. \quad (6.14)$$

Для 6-ї зміни час початку роботи $t_{\text{п6}} = t_{\text{п5}} + t_{\text{р5}} = 21 + 9 = 30$ (год).

Час закінчення роботи

$$t_{k6} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \times K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n6}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,5 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{30^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 41,95 \approx 42 \text{ (год)}. \quad (6.15)$$

Тривалість роботи $t_{\text{р6}} = t_{k6} - t_{\text{п6}} = 42 - 30 = 12$ (год).

Можлива доза опромінення

$$D_{\text{мб6}} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \left(\sqrt[4]{t_{k6}^3} - \sqrt[4]{t_{n6}^3} \right)}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot \left(\sqrt[4]{42^3} - \sqrt[4]{30^3} \right)}{8} = 0,566 \text{ (мР)}. \quad (6.16)$$

За результатами проведеного розрахунку роботу підприємства в дві зміни по 12 год. можна буде розпочинати через 21 год. після радіоактивного забруднення. Після того, як відпрацює 5-та скорочена зміна до роботи приступить наступна 6-та повна зміна.

Для захисту працівників в таких умовах роботи також необхідно взяти додаткових заходів, а саме:

- евакуювати працівників, що не зайняті на виробництві;
- зміну, що відпочиває укрити в сховищі;
- надати працівникам засоби індивідуального захисту;
- систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях;
- загерметизувати виробниче приміщення і обладнати вентиляційну систему фільтрами;

- здійснити йодну та медикаментозну профілактику персоналу;
- обмежити перебування працівників на відкритій місцевості.

6.7 Висновки до розділу

В даному розділі були розглянуті заходи щодо забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, а саме аналіз умов праці, організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи, пожежна безпека, безпека у надзвичайних ситуаціях а також оцінка безпеки роботи працівників в умовах радіаційного забруднення.

ВИСНОВКИ

В першому розділі було проведено огляд існуючих типів обладнання для зневоднення продуктів переробки харчового виробництва методом центрифугування.

В другому розділі були проведена розробки конструкції сопла для виходу рідкої фази а також виконані основні конструкторські розрахунки.

В третьому розділі проведене обґрунтування розробки удосконаленої системи електропривода, розроблена електрична схема частотно керованого приводу а також підібране необхідне для його реалізації обладнання.

В четвертому розділі проведено математичне моделювання процесу зневоднення продуктів переробки харчового виробництва методом центрифугування.

В п'ятому розділі оцінено комерційний потенціал розробки, рівень якого є вище середнього, що свідчить про доцільність ймовірного впровадження розробки та отримання прибутку від її використання. Розраховано витрати на виконання наукової роботи та впровадження її результатів. Розраховано комерційні ефекти від реалізації результатів розробки. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}=0,66$ року, звідси $T_{ок}<3...5$ років, що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

В шостому розділі були розглянуті заходи щодо забезпечення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, а саме аналіз умов праці, організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи, пожежна безпека, безпека у надзвичайних ситуаціях а також оцінка безпеки роботи працівників в умовах радіаційного забруднення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черевко О. І. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. – 2-е видання, доп. та випр. – Х.: Світ Книг, 2014. – 495 с.
2. Кавецкий Г. Д. Технологические процессы и производства (пищевая промышленность) / Г. Д. Кавецкий, А. В. Воробьева. – М.: Колос, 2006. – 368с.
3. Нечаев А. П. Технологии пищевых производств / А. П. Нечаев [и др.]; под ред. А. П. Нечаева. — М.: Колос, 2005. — 768 с.
4. Дубініна А.А. Загальна технологія харчових виробництв : навч. посібник / А.А. Дубініна, Ю.М. Хапкевич, Т.М. Попова, С.О. Ленерт. – Харків : ХДУХТ, 2016. – 497 с.
5. Зубар Н.М. Теоретичні основи харчових виробництв : підруч. / Н.М. Зубар. — Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. — 304 с.
6. Філімонова І.А. Процеси та апарати харчових виробництв: Навч.-мет.посібник для самостійної роботи студентів / І.А.Філімонова // – Умань: видавничо-поліграфічний центр «Візаві», 2014. – 105 с.
7. Горбатюк В. И. Процессы и аппараты пищевых производств / В. И. Горбатюк. — М.: Колос, 1999. — 335 с.
8. Малежик І. Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / за ред. проф. І. Ф. Малежика. — К.: НУХТ, 2003. — 400 с.
9. Усольцев А.А. Электрический привод/Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2012, – 238 с.
10. Павленко Т. П. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / Т. П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.

11. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

12. Посилання: <https://chastotnik.com.ua/Veichi-r-AC70-T3-022G%2F030F> Електронний ресурс.

13. Попович М. Г. Теорія електропривода: Підручник / М. Г. Попович, М. Г. Борисюк, В. А. Гаврилук та ін.; За ред. М. Г. Поповича. – к.: Вища шк., 1993. – 494 с.

14. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / В.О. Козловський // Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

15. Кобилянський О.В. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу охорона праці в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей / О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко // Вінниця: ВНТУ, 2003. – 46 с.

16. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах / В.Ф. Сакевич, М.А. Томчук // Вінниця: ВНТУ, 2008. – 141 с.

17. Сакевич, В. Ф. Цивільна оборона. Теоретичні основи : навчальний посібник / В. Ф. Сакевич, О. В. Поліщук // Вінниця : ВНТУ, 2010. – 126 с.
Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / уклад. В. О. Козловський. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

18. Підвищення продуктивності процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв / С. В. Поночовний, Є. І. Івашко, Р. Д. Іскович-Лотоцький // Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021): матеріали тез доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2020.

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

ДОДАТКИ

Додаток А

Вінницький національний технічний університет

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. Л.К. Поліщук

«___» _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЗНЕВОДНЕННЯ
ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

08-27.МКР.008.00.000 ПЗ

Керівник роботи:

д.т.н., професор кафедри ГМ

Іскович-Лотоцький Р.Д.

Розробив: ст. гр. 1ГМ-19м

Поночовний С.В.

Вінниця 2020

1 Найменування і область застосування

Найменування - центрифуги для зневоднення продуктів переробки харчових виробництв.

2 Підстава для виконання роботи

Підставою для розробки даної магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є індивідуальне завдання на МКР та наказ ректора по ВНТУ про затвердження тем та керівників МКР.

3 Мета і призначення дослідження

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності процесу зневоднення продуктів переробки харчових виробництв шляхом розробки нових технічних рішень для даного типу обладнання та його модернізація.

4 Джерела розробки

Список використаних джерел розробки

4.1. Черевко О. І. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. – 2-е видання, доп. та випр. – Х.: Світ Книг, 2014. – 495 с.

4.2. Кавецкий Г. Д. Технологические процессы и производства (пищевая промышленность) / Г. Д. Кавецкий, А. В. Воробьева. – М.: Колос, 2006. – 368с.

4.3. Нечаев А. П. Технологии пищевых производств / А. П. Нечаев [и др.]; под ред. А. П. Нечаева. — М.: Колос, 2005. — 768 с.

4.4. Дубініна А.А. Загальна технологія харчових виробництв : навч. посібник / А.А. Дубініна, Ю.М. Хацкевич, Т.М. Попова, С.О. Ленерт. – Харків : ХДУХТ, 2016. – 497 с.

4.5. Павленко Т. П. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / Т. П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко ; Харків: нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.

5 Вихідні дані для розробки пристрою:

- 1) Діаметр фракцій сировини 7·10⁻⁶ м;
- 2) Частоти обертання 1800-3200 об/хв;
- 3) Зневоднення продуктів переробки харчових виробництв;
- 4) Продуктивність за зміну 130 м³/зміну.

5.1 Технічні вимоги

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажно-придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 5 кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- деталі, вузли віброзбуджувача, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила;
- одиничний вид виробництва деталей, запасні частини не передбачаються.

5.2 Вимоги до надійності:

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність установки в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення установки повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вироблено можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації - конструкція деталей установки повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки конструкції установки використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, і ремонті. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонті установки.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні і управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей установки слід вибирати відповідно до рекомендацій, що застосовують під час виготовлення контрольно-розподільної гідроапаратури.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;
- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 1 рік;
- вид обслуговування періодичний;

- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 4 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

- можливість транспортування на будь-якому виді транспортних засобів;

- захист від ударів під час завантаження і розвантаження;

- зберігання на складі готової продукції;

- зберігання у законсервованому вигляді;

- складування на стелажах.

6 Економічні показники:

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – менше одного року;

- освоєння виробництва продукції;

- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

7 Виконавці НДР: студент спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Поночовний Сергій Вікторович.

8 Етапи НДР і терміни їх виконання:

- огляд відомих методів польових досліджень ґрунтів;

- аналіз розроблених принципів схем навісного обладнання з гідроімпульсним приводом для зондування ґрунтів;

- розробка та обґрунтування нової принципової схеми навісного обладнання з гідроімпульсним приводом для зондування ґрунтів;

- розробка математичної моделі процесу зондування ґрунтів;

- розробка методики експериментального дослідження установки;

- техніко-економічне обґрунтування розробки;

- охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях;

- висновки;

- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

9 Порядок контролю і прийомки

- попередній захист МКР;

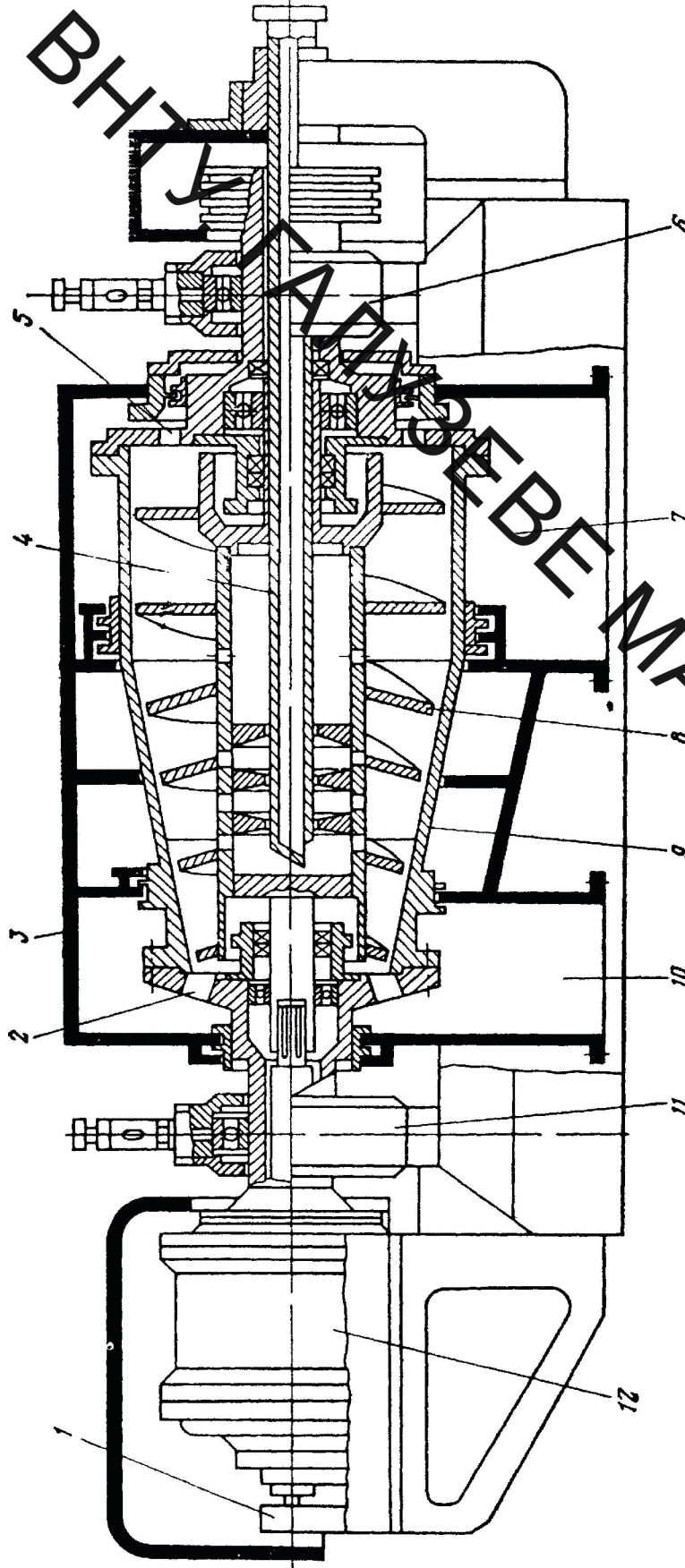
- захист МКР.

Додаток Б – Ілюстративна частина

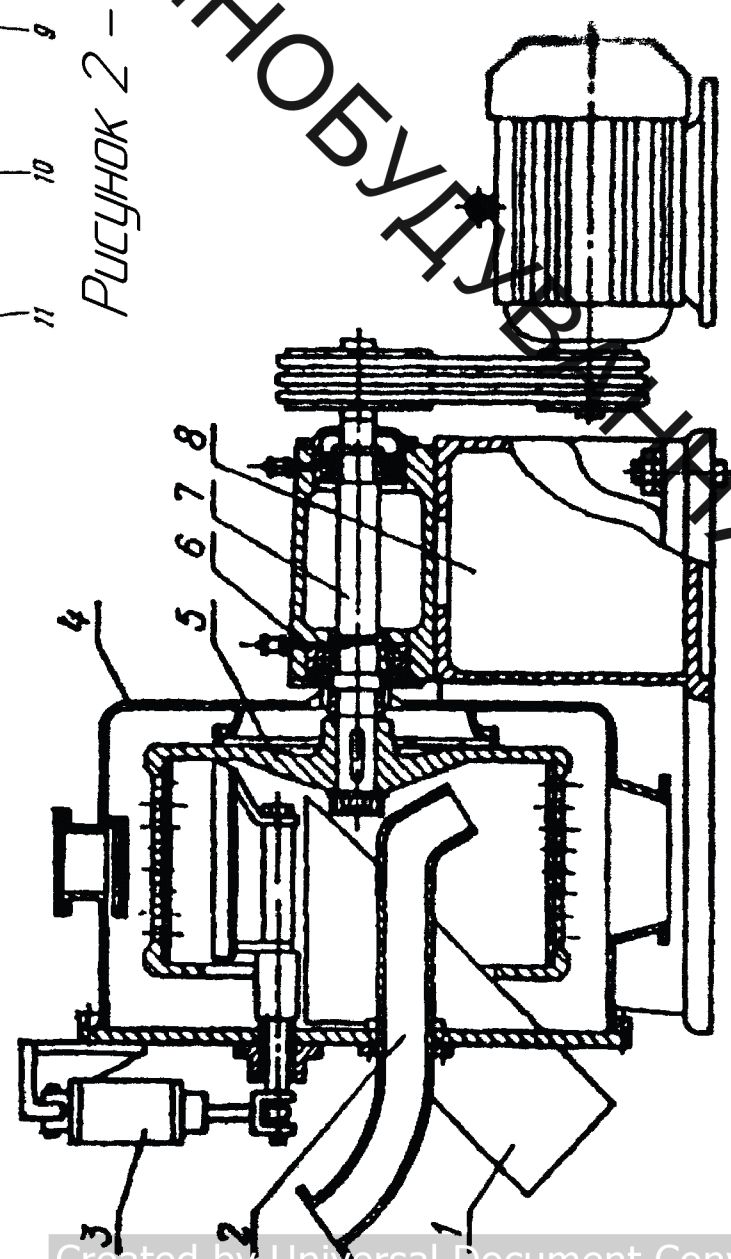
ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27.MKP.008.00.000 П/П			Код	Місце	Категорія
АНОУЗ ОБЛАСЬНА ДІЯ			11		
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШРАФУ					
ЦЕНТРАЛЬНЕ ДІЯ					
ВНТ, с.р. ПМ-194					

08-27.MKP.008.00.000 П/П



Рисунки 2 - Центрифуга типу ФГП



Рисунки 1 - Центрифуга типу ФГШ

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27МКР.008.00.000 П/12	Л/П	М/П	М/П	М/П
АНОНС ОБЛЮЩОЇ ДІЯ	11			
ЗВЕДЕННЯ ШРАХУ				
ЦЕНТРАЛІЗОВАНА				
ВНТ, ар. ПМ-194				

08-27МКР.008.00.000 П/12

ВНТУ, ГАЛУЗ ЕЛЕКТРОМАШИНОБУДУВАННЯ

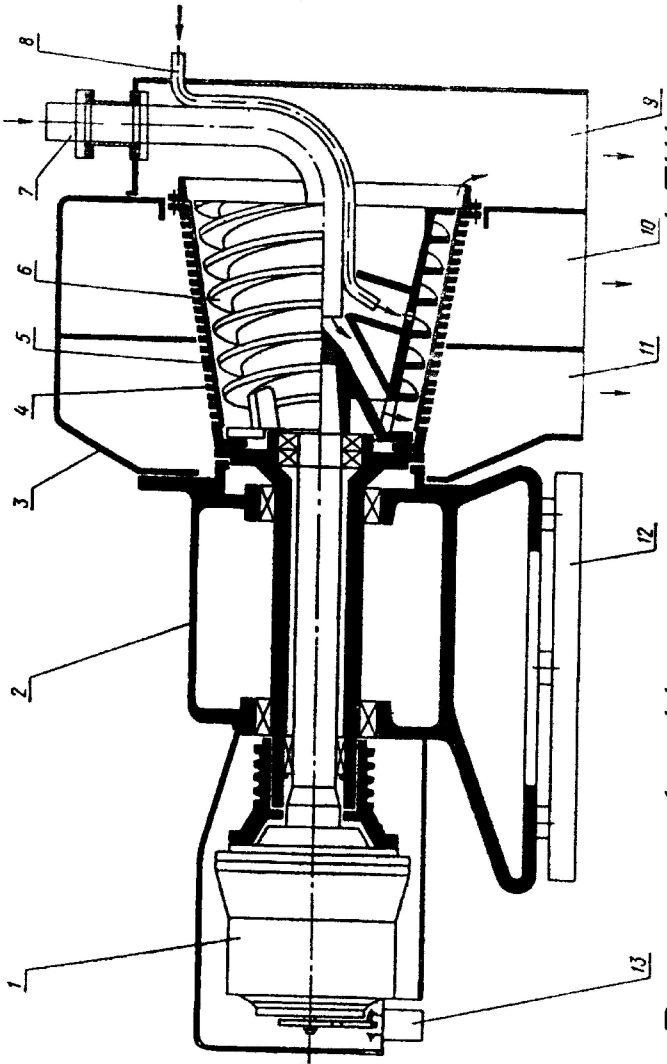


Рисунок 1 – Центрифуга типу ФГШ

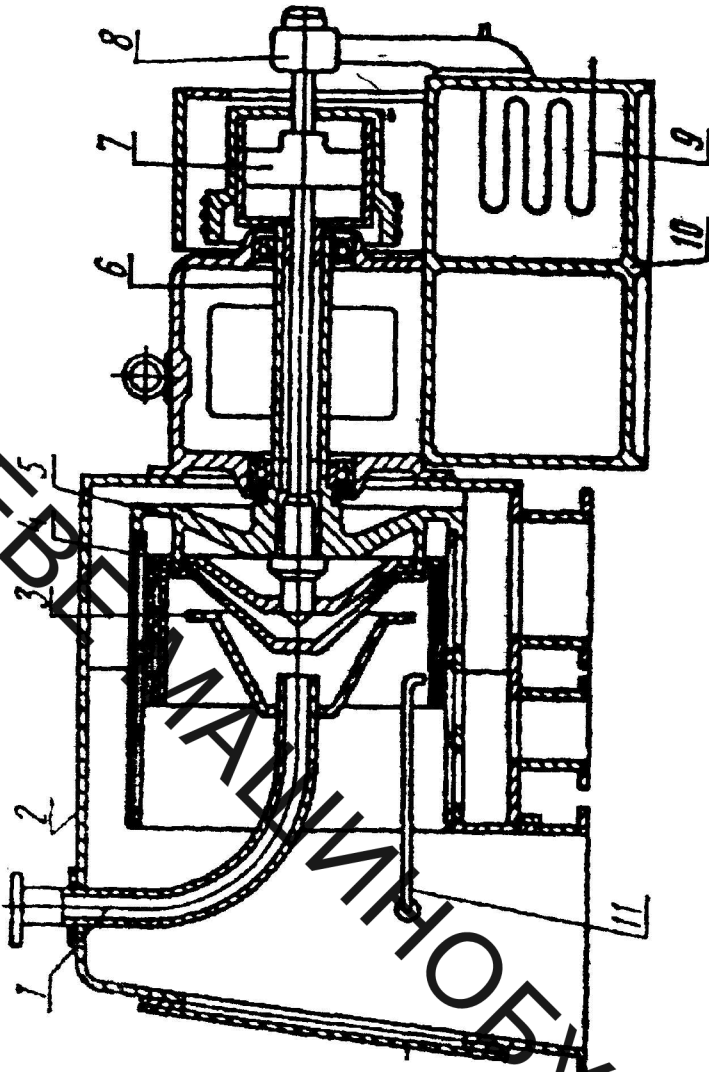


Рисунок 2 – Центрифуга типу ФГП

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

№	Відомості	№	Відомості	№	Відомості
1	Відомості	2	Відомості	3	Відомості
4	Відомості	5	Відомості	6	Відомості
7	Відомості	8	Відомості	9	Відомості
10	Відомості	11	Відомості	12	Відомості
13	Відомості	14	Відомості	15	Відомості
16	Відомості	17	Відомості	18	Відомості
19	Відомості	20	Відомості	21	Відомості
22	Відомості	23	Відомості	24	Відомості
25	Відомості	26	Відомості	27	Відомості
28	Відомості	29	Відомості	30	Відомості
31	Відомості	32	Відомості	33	Відомості
34	Відомості	35	Відомості	36	Відомості
37	Відомості	38	Відомості	39	Відомості
40	Відомості	41	Відомості	42	Відомості
43	Відомості	44	Відомості	45	Відомості
46	Відомості	47	Відомості	48	Відомості
49	Відомості	50	Відомості	51	Відомості
52	Відомості	53	Відомості	54	Відомості
55	Відомості	56	Відомості	57	Відомості
58	Відомості	59	Відомості	60	Відомості
61	Відомості	62	Відомості	63	Відомості
64	Відомості	65	Відомості	66	Відомості
67	Відомості	68	Відомості	69	Відомості
70	Відомості	71	Відомості	72	Відомості
73	Відомості	74	Відомості	75	Відомості
76	Відомості	77	Відомості	78	Відомості
79	Відомості	80	Відомості	81	Відомості
82	Відомості	83	Відомості	84	Відомості
85	Відомості	86	Відомості	87	Відомості
88	Відомості	89	Відомості	90	Відомості
91	Відомості	92	Відомості	93	Відомості
94	Відомості	95	Відомості	96	Відомості
97	Відомості	98	Відомості	99	Відомості
100	Відомості	101	Відомості	102	Відомості

08-27МКР.008.00.000 П/В

Забірний вантаж
центральний міст
ОГП-3504-01

ВНТУ, с.р. ПМ-194

08-27МКР.008.00.000 П/В

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд центрифуги ОГШ-350У-01



ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

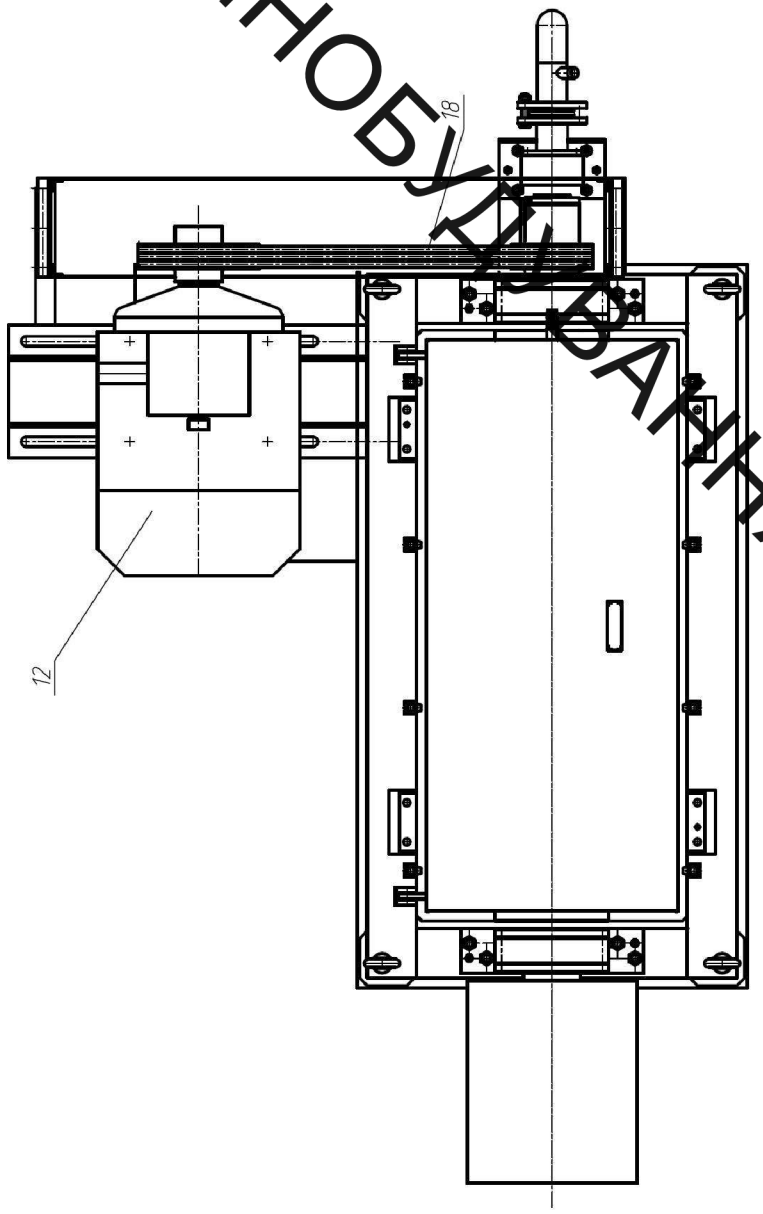
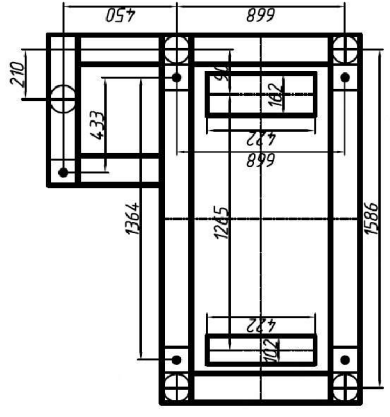
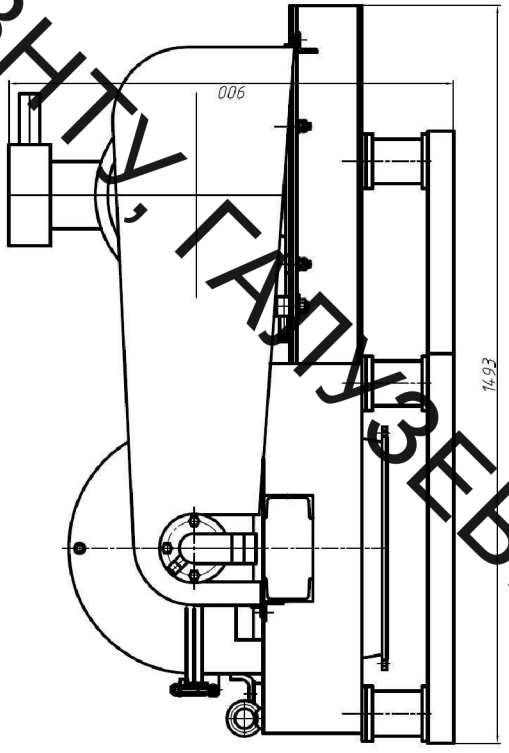
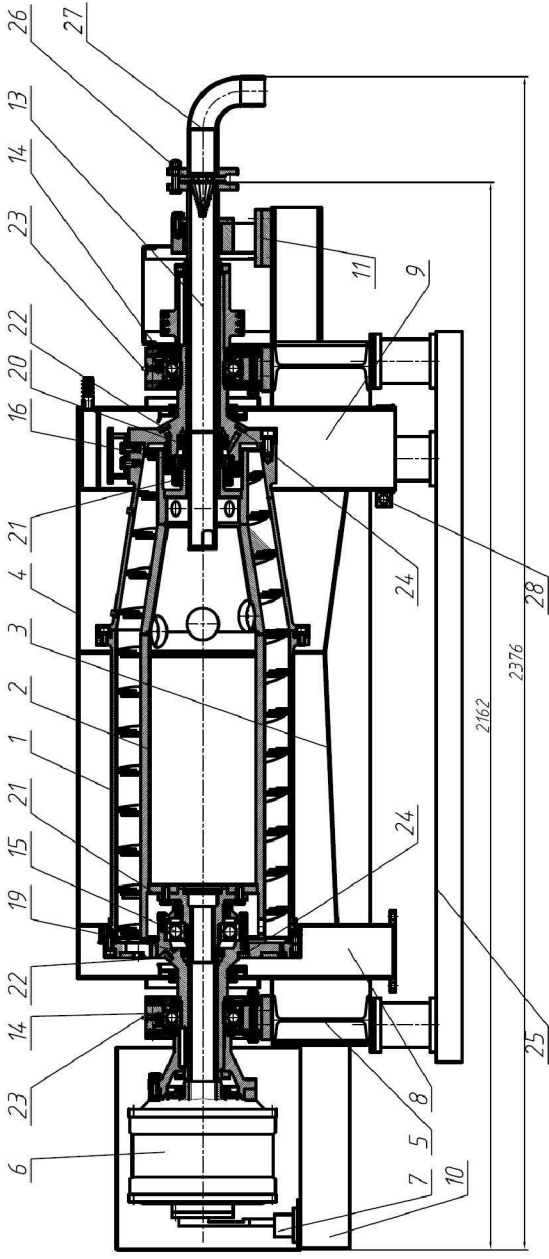
08-27MKP.008.00.000 П/14		Лист		№ документа		11	
КОМП'ЮТЕРНИЙ ЦЕНТРАЛЬНИЙ		КОМП'ЮТЕРНИЙ ЦЕНТРАЛЬНИЙ		КОМП'ЮТЕРНИЙ ЦЕНТРАЛЬНИЙ		КОМП'ЮТЕРНИЙ ЦЕНТРАЛЬНИЙ	
МОДЕЛІ ОПШ-350У-01		МОДЕЛІ ОПШ-350У-01		МОДЕЛІ ОПШ-350У-01		МОДЕЛІ ОПШ-350У-01	
ВНТУ, с.р. ПТМ-194		ВНТУ, с.р. ПТМ-194		ВНТУ, с.р. ПТМ-194		ВНТУ, с.р. ПТМ-194	

08-27MKP.008.00.000 П/14

ВНТК, КАЗУК

УДРЕ МАШИНОБУДІВАННЯ

Схема розташування амортизаторів і розвантажувальних бункерів

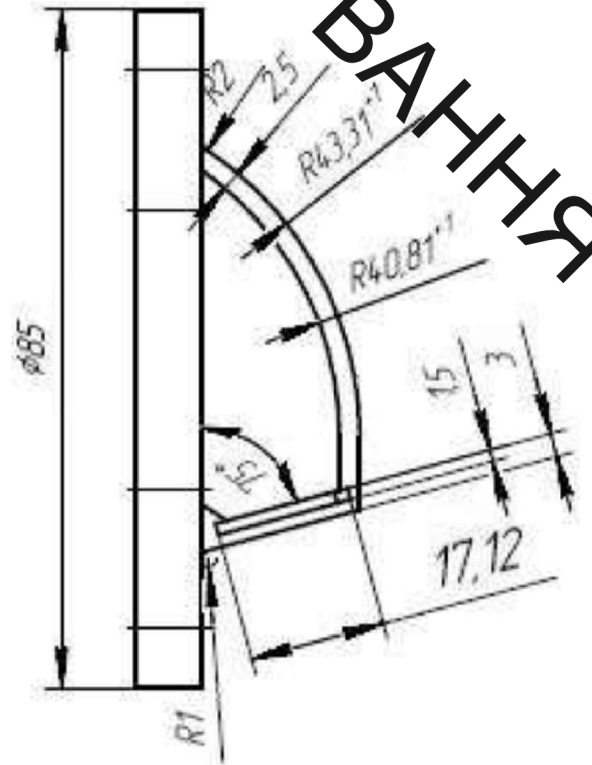
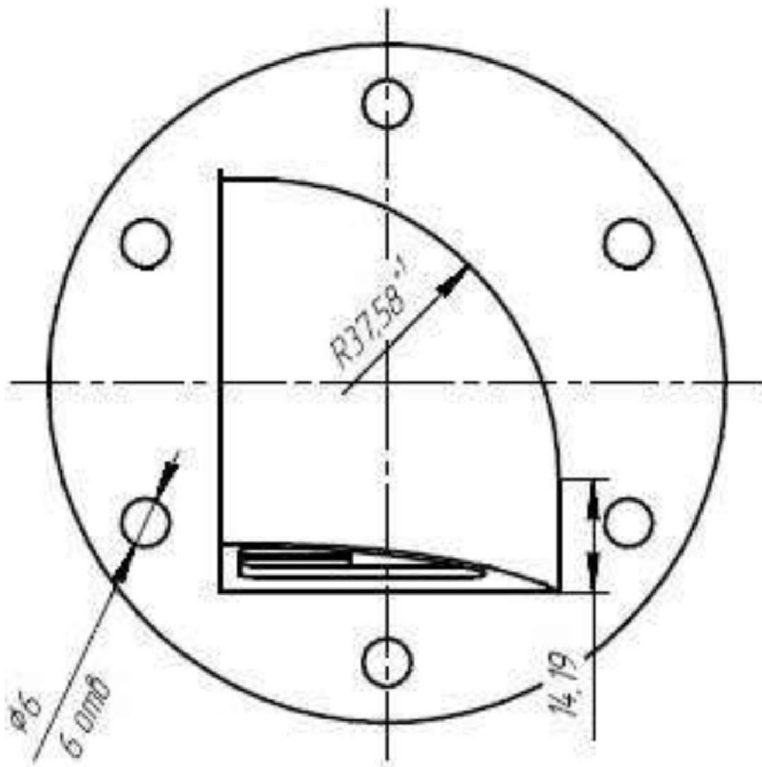
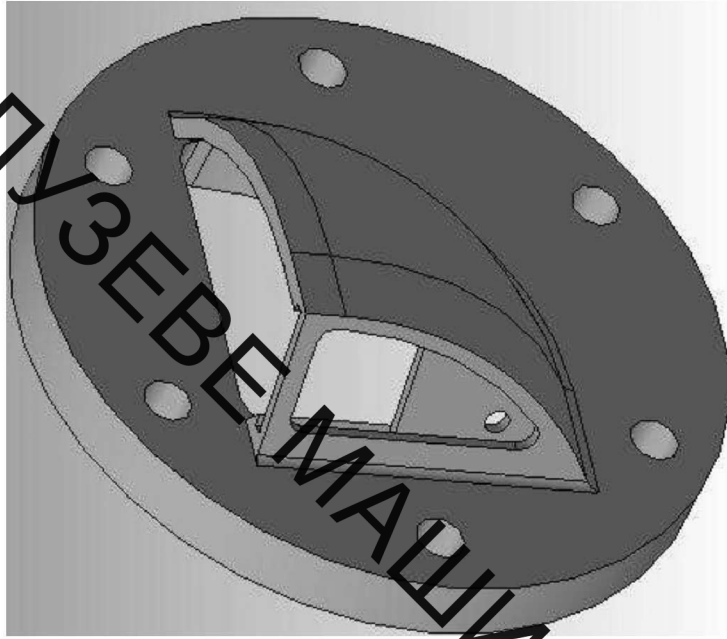


РАТНА

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

		08-27.МФР.008.00.000 П/Б	
№	Дата	Вибір	Відомості
1	2021	1	1
		Розробка конструкції корпусу	
		для вилочного диска фазу	
		ВНТУ, м. ІІМ-194	

ВНТУ, ГАЛУЗЬВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ



ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ	№	ВНТ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

08-27МР.008.00.000 П/16

Розробник
ВНТУ, с.п.т. 1994

08-27МР.008.00.000 П/16

08-27МР.008.00.000 П/16

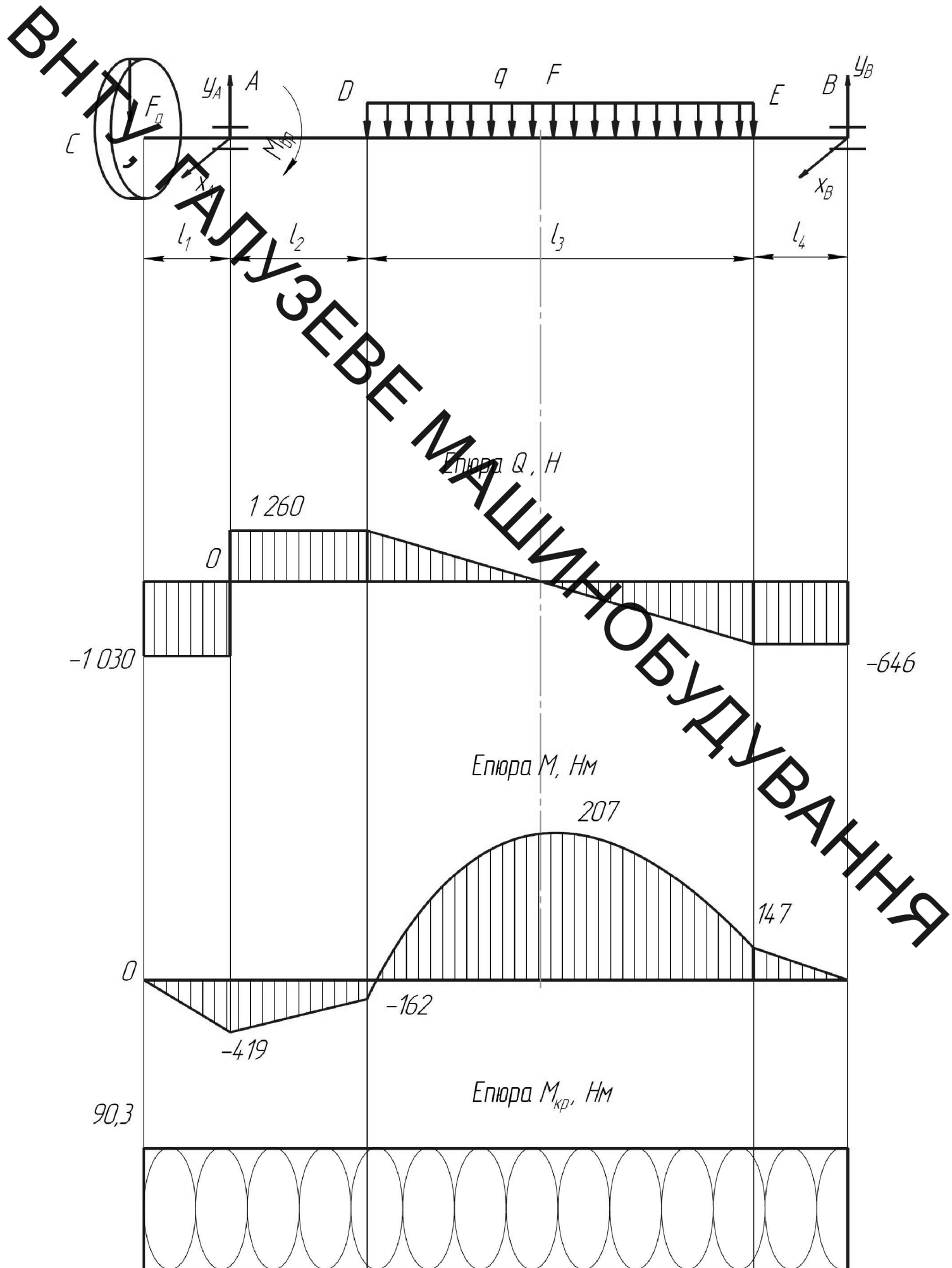


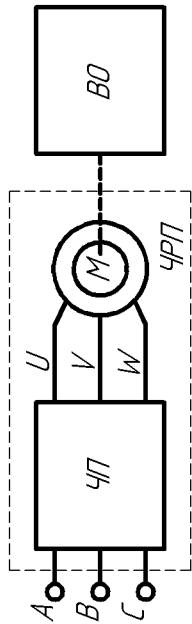
Рисунок 1 – Розрахункова схема вала, епюри поперечних сил і згинальних моментів

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

№	Відомості	№	Відомості	№	Відомості	№	Відомості	№	Відомості
1	Відомості	2	Відомості	3	Відомості	4	Відомості	5	Відомості
6	Відомості	7	Відомості	8	Відомості	9	Відомості	10	Відомості
11	Відомості	12	Відомості	13	Відомості	14	Відомості	15	Відомості
16	Відомості	17	Відомості	18	Відомості	19	Відомості	20	Відомості
21	Відомості	22	Відомості	23	Відомості	24	Відомості	25	Відомості
26	Відомості	27	Відомості	28	Відомості	29	Відомості	30	Відомості
31	Відомості	32	Відомості	33	Відомості	34	Відомості	35	Відомості
36	Відомості	37	Відомості	38	Відомості	39	Відомості	40	Відомості
41	Відомості	42	Відомості	43	Відомості	44	Відомості	45	Відомості
46	Відомості	47	Відомості	48	Відомості	49	Відомості	50	Відомості
51	Відомості	52	Відомості	53	Відомості	54	Відомості	55	Відомості
56	Відомості	57	Відомості	58	Відомості	59	Відомості	60	Відомості
61	Відомості	62	Відомості	63	Відомості	64	Відомості	65	Відомості
66	Відомості	67	Відомості	68	Відомості	69	Відомості	70	Відомості
71	Відомості	72	Відомості	73	Відомості	74	Відомості	75	Відомості
76	Відомості	77	Відомості	78	Відомості	79	Відомості	80	Відомості
81	Відомості	82	Відомості	83	Відомості	84	Відомості	85	Відомості
86	Відомості	87	Відомості	88	Відомості	89	Відомості	90	Відомості
91	Відомості	92	Відомості	93	Відомості	94	Відомості	95	Відомості
96	Відомості	97	Відомості	98	Відомості	99	Відомості	100	Відомості

08-27МКР.008.00.000 П17	Модернізація електрообладування	11	ВНТУ, с.р. ПТ-194
Центральна ОТ-3504-01			

08-27МКР.008.00.000 П17



ЧП – частотний перетворювач,
 ВО – виконавчий орган,
 ЧРП – частотно регульований привод

Рисунок 1 – Схема частотно регульованого приводу



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд частотно регульованого перетворювача VEICHI AC70-T3-022G/030P

Таблиця 1 – Технічні характеристики частотно регульованого перетворювача VEICHI AC70-T3-022G/030P

Бренд	Veichi
Серія	AC70
Модель	AC70-T3-022G/030P
Основна потужність	30,0 кВт
В режимі другої потужності	30,0 кВт
Число фаз/напряга на вході	3-ф/380 В
Число фаз/напряга на виході	3-ф/380 В
М _{пвх} (1 pin) %	150
Номинальний струм	45 А
Номинальний струм по другій потужності	60 А
Струм на протязі 1 хвилини	68,0 А
Максимальний струм на протязі 2 с	90,0 А
Максимальна вихідна частота	400 Гц
Степінь захисту по IP	20
EMC фільтр	-
Висота	330 мм
Ширина	230 мм
Глибина	200 мм
Гальмівний модуль	+
Вбудований ПЛК	+
Вбудований резистор	ПД
Скалярний режим керування	+
Векторний режим керування без енкодера	+
Векторний режим керування з енкодером	-
Лінійний закон керування U/f	+
Квадратичний закон керування U/f 2	+
Зовнішня панель	+
Програматор	-
Максимальна кількість фіксованих швидкостей	16
Кількість/тип аналогових входів	3(1:0-20mA; 1:0-10V; 1:0-10Vили0-20mA;)
Кількість дискретних входів	7
Кількість /тип аналогових виходів	2(1:0-10V; 1:0(4)-20mA)
Кількість дискретних(транзисторних) виходів	2
Кількість релейних виходів	1
Вбудований потенціометр (або номінал резистора)	+
Протокол ModBus RTU	+
Інтерфейс RS-485/Modbus	+

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

№	Відп.	№	Відп.	№	Відп.	№	Відп.	№	Відп.
1		2		3		4		5	
6		7		8		9		10	
11		12		13		14		15	
16		17		18		19		20	
21		22		23		24		25	
26		27		28		29		30	
31		32		33		34		35	
36		37		38		39		40	
41		42		43		44		45	
46		47		48		49		50	
51		52		53		54		55	
56		57		58		59		60	
61		62		63		64		65	
66		67		68		69		70	
71		72		73		74		75	
76		77		78		79		80	
81		82		83		84		85	
86		87		88		89		90	
91		92		93		94		95	
96		97		98		99		100	

08-27МКР.008.00.000 П/В

Матеріальне моделювання
11

Процесу центрофуговання

ВНТУ, ар. 17М-194

08-27МКР.008.00.000 П/В

Розглянемо варіант, коли перед вікном вивантаження осадку всередині ротора встановлена заслінка заввишки h_s , а на ділянці осьової довжиною H витки шнека повністю відсутні.

У центрифугах моделей ОГШ–750, ОГШ–450, ОГШ–460, ОГШ–350 поділялися різні водні суспензії. Спостереження за формою осадку проводилися наступним чином. Центрифуга працювала на певній продуктивності. У певний момент часу виробляли зупинку відносного обертання шнека і припинення подачі суспензії. Потім відключали привод ротора центрифуги.

Після зупинки обертання ротора осад, що знаходиться в області розвантажувальних вікон і в шнековому каналі в межах одного витка був доступний для безпосереднього огляду (рис. 4.1).

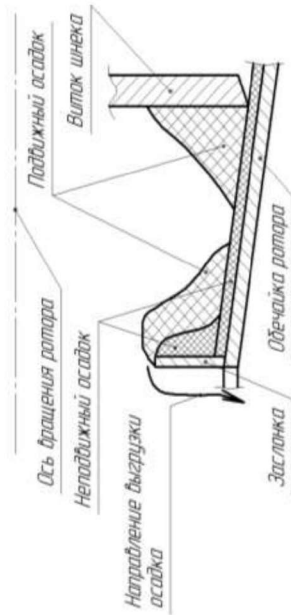


Рисунок 4.1 – Рухомі та нерухомі частини осадку

Валик осадку перед витком шнека мав трикутне або трапецієподібне перетини, що відповідає загальноприйнятим положенням. [12]

Розмір і форма валика осадку залежать від властивостей осадку, продуктивності, частоти відносного обертання шнека.

Безпосередньо перед заслінкою розташовувався нерухомий осадок, який жорстко зчіплюється з заслінкою і зі стінкою ротора і не вивантажується з ротора. Форма валика нерухомого осадку залежить від фізико-механічних властивостей: коефіцієнта внутрішнього тертя і від зчеплення між частинками.

Також між заслінкою і витком шнека розташовувався рухливий (вивантажуваний) осад. Форма валика цього осадку залежить не тільки від властивостей осадку, а й від режиму роботи центрифуги, розташування осадку в області розвантажувальних вікон.

Для завдання розташування елементарного обсягу осадку в області розвантажувальних вікон введемо полярну систему координат з центром на осі обертання ротора. Площина відліку полярного кута φ перпендикулярна осі обертання ротора. Початок відліку полярного кута φ відповідає початку останнього витка спіралі шнека. Значення полярного кута $\varphi=2\pi$ відповідає закінченню спіралі шнека (рис. 4.2).

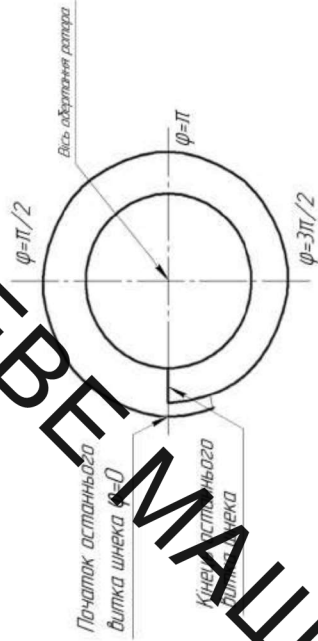


Рисунок 4.2 – Полярна система координат

Наведемо зміну форми осадку, що знаходиться між поверхнею витка шнека і поверхнею заслінки.

При розробці математичної моделі будемо керуватися наступними припущеннями:

- утворює ротора в області вікон вивантаження осадку паралельна осі обертання ротора;
- утворює спіралі шнека перпендикулярна осі обертання ротора;
- матеріал осадку – силуча тіло.

При $\varphi=0$ осад буде у вигляді двох валиків (рис. 4.3). Один валик, перед витком спіралі шнека, має трикутний перетин, а інший, біля заслінки, має перетин близьке до трапецієподібно.

Площа поперечного перерізу валика осадку, прилеглого до шнека, m^2

$$S_{oc} = \frac{G_{oc}}{\rho_{oc} \cdot r \cdot \omega_{ш}} \quad (4.1)$$

де G_{oc} – продуктивність центрифуги по осадку, кг/с; ρ_{oc} – щільність осадку, $кг/м^3$; r – радіус ротора в області вікон вивантаження, м; $\omega_{ш}$ – кутова швидкість відносного обертання шнека.

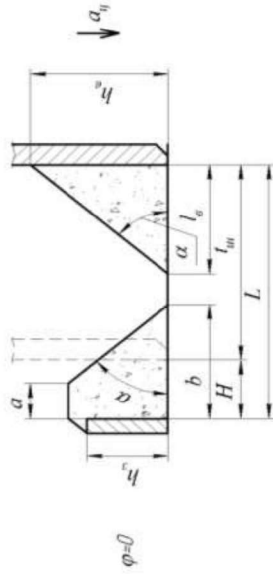


Рисунок 4.3 – Форма валиків осадку до їх догик

Беручи трикутну форму валика осадку, можна визначити його висоту h_e і довжину в осьовому напрямку l_e :

$$h_e = \sqrt{2S_{oc}} \operatorname{tg} \alpha, \quad l_e = \sqrt{2S_{oc}} / \operatorname{tg} \alpha. \quad (4.2)$$

Нижня основа трапеції можна визначити, знаючи її площу і задавшись її висотою.

$$b = \left(S + \frac{h^2 \operatorname{tg} \alpha}{2} \right) / h. \quad (4.3)$$

Відстань від заслінки до перетину витка шнека змінюється відповідно до рівняння:

$$\frac{dL}{d\varphi} = -\frac{l_m}{2\pi}, \quad (4.4)$$

а при початкових умовах

$$L(\varphi) = t_m + H. \quad (4.5)$$

Інтегрування рівняння (4.4) призводить до залежності:

$$L(\varphi) = H + t_m \left(1 - \frac{\varphi}{2\pi} \right). \quad (4.6)$$

Зміна величини L означає, що валик осадку, що знаходиться перед шнеком, рухається в бік вивантаження. У певний момент він торкнеться валика осадку перед заслінкою. Це станеться за умови, що $L = b + l_e$.

Прирівняємо цей вираз з правою частиною рівняння (4.6):

$$b + l_e = H + t_m \left(1 - \frac{\varphi}{2\pi} \right). \quad (4.7)$$

З рівняння (4.7) визначимо кутову координату дотику валиків:

$$\varphi_{oc} = 2\pi \left(1 - \frac{l_e + b - H}{t_m} \right). \quad (4.8)$$

Після торкання валиків починається зона спучування і ущільнення осадку. Між валиками утворюється перешийок товщиною h_n .

Спучування спучуочого матеріалу осадку буде зосереджено в області перешийка (рис. 4.4).

Зміна товщини перешийка відбуватиметься відповідно до рівняння:

$$\frac{dh_n}{d\varphi} = -\frac{dL}{d\varphi} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (4.9)$$

При досягненні певної «критичної» товщини перешийка, міцність його зростає настільки, що спучування припиниться, і почнеться рух всього осадку в бік вивантаження. Для оцінки «критичної» товщини шару осадку в роботі [4] було запропоновано рівняння, що дозволяє задачу механіки спучуочого тіла звести до розгляду геометричних характеристик осадку: $h_{cp} = \sqrt{h_{min}^2 + h_{min}} \cdot h$, де h – товщина шару, що рухається осадку (відповідає товщині валика осадку перед заслінкою); h_{min} – мінімальна стійка товщина шару, що рухається осадку. У нашому випадку в якості оцінки для мінімально можливої товщини можна прийняти з $h_{min} \approx h$.

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27ЖР.008.00.000 П110		08-27ЖР.008.00.000 П110	
Матеріальне моделювання	11	Матеріальне моделювання	11
Процесу централізовані		Процесу централізовані	
ВНТУ, ар. 17М-19М		ВНТУ, ар. 17М-19М	

08-27ЖР.008.00.000 П110

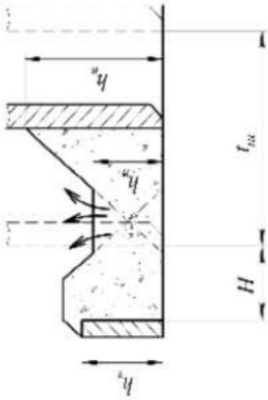


Рисунок 4.4 – Зона спучування – ущільнення осаду

Підставляючи рівняння (4.5) в (4.9) проводячи інтегрування по h_n в межах від 0 до h_{sp} , а за кутом α в межах від флот до фвів, визначимо кутову координату початку зони вивантаження осаду (рис. 4.5):

$$\varphi_{оми} = \frac{h_{sp} + \varphi_{оми} \cdot t_w \cdot \text{tg} \alpha / 2\pi}{t_w \cdot \text{tg} \alpha / 2\pi} \quad (4.10)$$

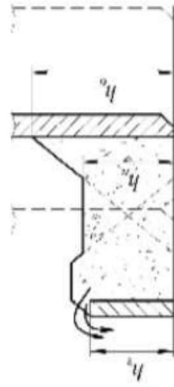


Рисунок 4.5 – Зона вивантаження осаду

Якщо продуктивність по осадку мала, то може виявитися, що $h_{sp} > h_n$. В цьому випадку спучування осаду в області «перешийка» продовжиться за рівнянням (4.9) до досягнення висоти h_n .

Це станеться при:

$$\varphi' = \frac{2\pi h_n}{t_w \cdot \text{tg} \alpha} + \varphi_{оми} \quad (4.11)$$

Після цього можна прийняти, що незаповнений простір перешийка шнека в осьовому перерізі матиме форму трапеції. Спучування осаду призведе до подальшого зростання товщини перешийка і зменшення площі трапеції:

$$\frac{dS_n}{d\varphi} = h \frac{dL}{d\varphi} = -h \frac{t_w}{2\pi} \quad (4.12)$$

Інтегрування рівняння (4.12) призводить до вираження:

$$S_n = S' - h \cdot \frac{t_w}{2\pi} \cdot (\varphi - \varphi') \quad (4.13)$$

де S'_n – це значення площі трапеції при $\varphi = \varphi'$.

З іншого боку, виходячи з геометричних міркувань, площа трапеції можна визначити як

$$S_n = (L(\varphi) - a) \cdot \frac{(h - h_n)^2}{2\text{tg} \alpha} \quad (4.14)$$

де h_n висота перешийка осаду при $\varphi = \varphi'$, витком шнека.

Щоб за рівнянням (4.14) визначити S'_n , треба зробити підстановки $\varphi = \varphi'$, $h_n = h_n$.

У момент початку руху осаду на вивантаження (при $\varphi = \varphi_{оми}$) Товщина перешийка досягне критичної позначки $h_n = h_{sp}$. Вирішуючи спільно рівняння (4.13) і (4.14) визначимо кутову координату початку зони вивантаження осаду при $h_n = h_{sp}$:

$$\varphi_{оми} = 2\pi \left(\frac{(h - h_n)^2}{2\text{tg} \alpha - (H + t_w a) \cdot (h - h_{sp}) + S'_n} + \frac{S'_n}{h_{sp} \cdot t_w} \right) \quad (4.15)$$

Беручи, що осад в зоні безпосередньо близькою до шнеку не деформується в області $\varphi_{оми} \leq \varphi \leq 2\pi$, кількість осаду, що залишається в зоні ущільнення, можна визначити наступним чином:

$$S'_s = Hh_s + \frac{1}{2} \cdot \frac{(h - h_{sp})^2}{\text{tg} \alpha} \quad \text{при} \quad H > \frac{h - h_{sp}}{\text{tg} \alpha} \quad (4.16)$$

$$S'_s = Hh_s + \frac{1}{2} \cdot H^2 \text{tg} \alpha \quad \text{при} \quad H < \frac{h - h_{sp}}{\text{tg} \alpha} \quad (4.17)$$