

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту
центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МО-41
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

СВИРИД Олег
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник
(підпис) ПИЛИПЕЦЬ Оксана.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль
(підпис) КРАВЕЦЬ Олег
(прізвище та ініціали)

Т.в.о. завідувача
кафедри
(підпис) ПИЛИПЕЦЬ Оксана
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) СЕНЧИШИН Віктор
(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії споруд, машин та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о.завідувача кафедри

Пилипець О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 02 » лютого 2026 р.

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

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту Свириду Олегу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

Керівник роботи Пилипець Оксана Михайлівна, к.т.н, доц.

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

Затверджені наказом ректора від « 02 » лютого 2026 року № 4/9- 93

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Паспорт центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

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

Аналіз завдання. Характеристика дозувально-наповнювального автомату ДН-1. Аналіз основних технічних засобів і сучасних технологічних методів проведення ремонтних робіт. Планування і організація ремонту дозувально-наповнювального автомата. Розробка загальної інструкції по ремонту дозувально-наповнювального автомата. Визначення основних технічних умов на ремонт дозувально-наповнювального автомата. Розробка технології виготовлення зубчастого колеса. Встановлення норм витрат запасних частин і матеріалів на ремонт дозувально-наповнювального автомата. Розроблення технічних засобів для механізації ремонтних робіт Кінематичний аналіз дозувально-наповнювального автомату. Розрахунок передачі приводу каруселі дозувально-наповнювального автомату марки ДН1. Аналіз технологічності дозувально-наповнювального автомату. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці. Висновки. Перелік посилань Додатки.

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

1. Центрифуга марки FZHu-1000 для цукрового утфелю. Загальний вигляд – лист Ф-А1.

2. Шпиндельний вузол центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю. Скл. креслення–

лист Ф-А1. 3. Підшипниковий вузол центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю Скл.

креслення– лист Ф-А1. 4. Технологічна схема складання-розбирання підшипникового вузла

центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю. лист Ф-А1 4. 5. Деталювання - лист Ф-А1

6. Графік планово-попереджувальних ремонтних робіт центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю.– Ф-А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 02» лютого 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи. Характеристика та особливості об'єкта центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел щодо центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Постановка завдань кваліфікаційної роботи.	08.02.2026	
2	Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Проектування вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Обґрунтування конструктивних рішень вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Інженерні розрахунки вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.	15.02.2026	
3	Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту. Технологія експлуатації, технічного обслуговування та ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Розробка загальної інструкції по ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Розроблення технологічного процесу ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Основні технічні вимоги до ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Технологія виготовлення (ремонт) деталі. Обґрунтування вибору та розрахунок технологічного оснащення. Розрахунок основних ремонтних пристосувань. Підбір Розрахунок основних технічних засобів вимірювання.	08.06.2026	
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ. Забезпечення охорони праці на підприємстві. Здійснення заходів щодо знезаражування об'єктів у разі виникнення радіаційного, хімічного, бактеріологічного забруднення.	20.06.2026	
	Висновки		
	Центрифуга марки FZHu-1000 для цукрового утфелю. Загальний вигляд.	10.06.2026	
	Шпіндельний вузол центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю	12.06.2026	
	Підшипниковий вузол центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю.	12.06.2026	
	Технологічна схема складання-розбирання підшипникового вузла центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю.	14.06.2026	
	Деталювання	14.06.2026	
	Графік планово-попереджувальних ремонтних робіт центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю.	15.06.2026	

Студент

(підпис)

Свирид О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пилипець О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра Свирида Олега Ігоровича на тему: «Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000» виконана у ТНТУ в 2026 році.

Пояснювальна записка містить 85 сторінок, 8 рисунків, 12 таблиць, 5 додатків та 21 бібліографічне найменування за переліком посилань.

У роботі проведено аналіз сучасного стану обладнання для центрифугування цукрового утфелю, розглянуто конструктивні особливості та принцип роботи центрифуги марки FZHu-1000. Виконано аналіз патентної інформації та науково-технічних джерел, що дало змогу визначити напрями вдосконалення конструкції обладнання та сформулювати основні завдання кваліфікаційної роботи.

Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000 шляхом удосконалення її конструктивних елементів, розроблення технології ремонту, технічного обслуговування та виготовлення відповідальних деталей підшипникового вузла.

У процесі виконання роботи використано методи інженерного аналізу, машинобудівного проєктування, кінематичних і силових розрахунків, технологічного проєктування, а також методи оцінювання надійності та ремонтпридатності технологічного обладнання.

У конструкторській частині виконано проєктування вузла центрифуги марки FZHu-1000, обґрунтовано прийняті конструктивні рішення та проведено інженерні розрахунки основних елементів. Виконано кінематичний і силовий аналіз роботи механізму.

У технологічній частині розроблено технологію експлуатації, технічного обслуговування та ремонту центрифуги, складено загальну інструкцію з ремонту обладнання, визначено основні технічні вимоги до виконання

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Свирид.О.І.			Анотація	Літ.	Арк.	Аркушіє	
Перевір.		ПилипецьО.М.					4	2	
Рецензент						ФМТ, каф. ОХ, МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.							
Затверд.		Пилипець О.М.							

ремонтних робіт та розроблено технологічний процес ремонту вузлів центрифуги.

Виконано аналіз конструкції втулки підшипникового вузла центрифуги та визначено вимоги до її виготовлення. Обґрунтовано вибір матеріалу деталі та заготовки, розроблено маршрут механічної обробки, визначено припуски, міжопераційні розміри та режими різання. Проведено технічне нормування технологічного процесу, здійснено вибір технологічного обладнання та оснащення, виконано розрахунок ремонтних пристосувань і підбір засобів технічного контролю та вимірювання.

За результатами виконаних досліджень розроблено комплекс технічних і технологічних рішень, спрямованих на підвищення надійності роботи центрифуги, покращення ремонтпридатності обладнання та забезпечення необхідної точності виготовлення деталей підшипникового вузла. Запропоновано раціональний технологічний процес виготовлення втулки підшипникового вузла, що забезпечує виконання вимог щодо точності, шорсткості поверхонь та довговічності роботи вузла.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження запропонованих рішень, яке сприятиме зменшенню витрат на ремонт, підвищенню надійності обладнання та збільшенню строку його експлуатації.

Результати роботи рекомендуються для використання під час розроблення технологічної документації, проведення ремонтно-відновлювальних робіт, модернізації обладнання цукрових заводів.

Ключові слова: ЦЕНТРИФУГА, ЦУКРОВИЙ УТФЕЛЬ, ПІДШИПНИКОВИЙ ВУЗОЛ, ВТУЛКА, РЕМОНТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The bachelor's qualification thesis by Oleh Svyryd, entitled "Development of measures for maintenance and repair of the FZHu-1000 centrifuge for sugar massecuite" was completed at Ternopil Ivan Puluj National Technical University in 2026.

The thesis focuses on improving the operational efficiency and reliability of the FZHu-1000 sugar massecuite centrifuge through the development of maintenance and repair procedures, optimization of structural components, and the design of a manufacturing process for the bearing assembly bushing. The study includes an analysis of the centrifuge design, engineering calculations, maintenance technology, repair procedures, and machining process planning. A complete technological process for manufacturing the bearing bushing was developed, including material selection, machining operations, cutting conditions, quality control, and production planning.

The proposed technical and technological solutions improve equipment reliability, maintainability, and service life while reducing repair costs. The results can be applied in the maintenance, modernization, and technological documentation of sugar industry centrifuges.

Keywords: FZHu-1000 centrifuge, sugar massecuite, bearing assembly, bushing, maintenance, repair, machining, technological process, equipment reliability.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ					
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT			Лім.	Арк.	Аркушіє
Розроб.		Свирид.О.І.								
Перевір.		ПилипецьО.М.							6	1
Рецензент								ФМТ, каф. ОХ, МО-41		
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

Зміст

Вступ

1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи
 - 1.1. Характеристика та особливості об'єкта центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 1.2. Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел щодо центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 1.3. Постановка завдань кваліфікаційної роботи
2. Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 2.1. Проєктування вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 2.1.1. Обґрунтування конструктивних рішень вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 2.1.2. Інженерні розрахунки вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 2.1.3. 3D моделювання та симуляції
 - 2.2. Кінематичний та силовий аналіз центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 2.3. Комп'ютерно-інтегровані (смарт) технології у проєктуванні та експлуатації
3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту
 - 3.1. Технологія експлуатації, технічного обслуговування та ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Лім.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Свирид.О.І.							
Перевір.		ПилипецьО.М.					7	2	
Рецензент						ФМТ, каф. ОХ, МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.							
Затверд.		Пилипець О.М.							

- 3.1.1. Розробка загальної інструкції по ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 3.1.2. Розроблення технологічного процесу ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 3.1.3. Основні технічні вимоги до ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000
 - 3.2. Технологія виготовлення (ремонту) деталі
 - 3.2.1. Аналіз конструкції втулки підшипникового вузла центрифуги для цукрового утфелю моделі FZHu-1000 та вимог до його виготовлення
 - 3.2.2. Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки деталі втулки підшипникового вузла центрифуги для цукрового утфелю моделі FZHu-1000
 - 3.2.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки
 - 3.2.4. Розрахунок режимів різання по операціях
 - 3.2.5. Технічне нормування розробленого технологічного процесу
 - 3.2.6. Вибір технологічного обладнання
 - 3.3. Обґрунтування вибору та розрахунок технологічного оснащення.
 - 3.3.1. Розрахунок основних ремонтних пристосіблень
 - 3.3.2. Підбір Розрахунок основних технічних засобів вимірювання
 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
- Висновки
- Перелік посилань
- Додатки

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП.

Цукрова промисловість є однією з важливих галузей харчової промисловості України, ефективність роботи якої значною мірою залежить від надійності, продуктивності та технічного стану технологічного обладнання. Одним із ключових етапів виробництва цукру є процес центрифугування утфелю, під час якого здійснюється відокремлення кристалів цукру від міжкристального розчину. Для виконання цього процесу широко застосовуються промислові центрифуги різних типів і конструкцій.

Центрифуга для цукрового утфелю марки FZHu-1000 належить до високопродуктивного технологічного обладнання безперервної або періодичної дії, яке працює в умовах значних динамічних навантажень, вібрацій, підвищеної вологості та температурних впливів. У процесі експлуатації окремі вузли та механізми центрифуги зазнають інтенсивного зношування, що може призводити до зниження продуктивності, збільшення енергоспоживання, виникнення аварійних ситуацій і простоїв обладнання.

Простій обладнання через несправності або незапланований ремонт, порушують неперервність виробничого процесу, різко погіршують економічні показники підприємства, знижують точність в роботі окремих об'єктів обладнання, що негативно впливає на якість продукції, що випускається.

Задача забезпечення відповідного технічного стану обладнання при мінімальних втратах виробництва вирішується проведенням якісного монтажу обладнання і раціональної організації його технічного обслуговування і ремонту.

В процесі експлуатації в результаті природного спрацювання окремих деталей, виникає зниження робото здатності обладнання. Відновлення його експлуатаційних показників здійснюється шляхом ретельного догляду, систематичного догляду, проведення поточного, середнього і капітального ремонту з заміною зношених деталей і відповідної наладки обладнання.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Свирид.О.І.							
Перевір.		ПилипецьО.М.					9	1	
Рецензент						ФМТ, каф. ОХ, МО-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.							
Затверд.		Пилипець О.М.							

1. Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи.

1.1. Характеристика та особливості центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

Сучасне цукрове виробництво характеризується високими вимогами до енергоефективності, стабільності технологічних процесів та якості готової продукції. Одним із ключових етапів виробництва цукру є процес розділення утфелю на тверду та рідку фази. Для виконання цього процесу широко використовуються високошвидкісні центрифуги, серед яких значне поширення отримали підвісні центрифуги типу FZHu-1000. Їх застосування обумовлене можливістю забезпечення інтенсивного відділення міжкристалічного сиропу при відносно компактних габаритах і високій продуктивності.

У цукровому виробництві одним із найважливіших етапів технологічного процесу є відокремлення кристалів цукру від міжкристалічного розчину - утфелю. Від ефективності цього процесу безпосередньо залежать якість готового продукту, продуктивність підприємства, енерговитрати та втрати цукру з мелясою. Саме тому центрифуги займають ключове місце серед технологічного обладнання цукрових заводів. Одним із найбільш поширених типів такого обладнання є підвісна центрифуга типу FZHu-1000, яка поєднує високу продуктивність, надійність та ефективність процесу центрифугування.

Центрифуга FZHu-1000 належить до вертикальних підвісних центрифуг періодичної дії. Її основне призначення полягає у розділенні утфелю на тверду фазу - кристали цукру - та рідку фазу - міжкристалічний сироп. Робота центрифуги базується на використанні відцентрових сил, які виникають під час швидкого обертання ротора. Під дією цих сил сироп проходить через перфоровану поверхню барабана та сито, тоді як кристали залишаються всередині ротора.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз стану питання та визначення задач кваліфікаційної роботи		
Розроб.		Свирид.О.І.					
Перевір.		ПилипецьО.М.					
Рецензент							
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						10	13
					ФМТ, каф. ОХ, МО-41		

Центрифуга FZHu-1000, призначена для переробки цукрового утфелю, належить до автоматизованих центрифуг періодичної дії з програмним керуванням. Конструкція машини передбачає використання підвісного барабана з плоским днищем, що забезпечує розділення кристалічних суспензій на тверду фазу у вигляді кристалів цукру та рідку фазу – відтік. Обладнання може застосовуватися для обробки утфелю білого цукру, рафінаду, продукту другої кристалізації, афінаційних мас, а також у трипродуктових технологічних схемах для центрифугування утфелю третього продукту.

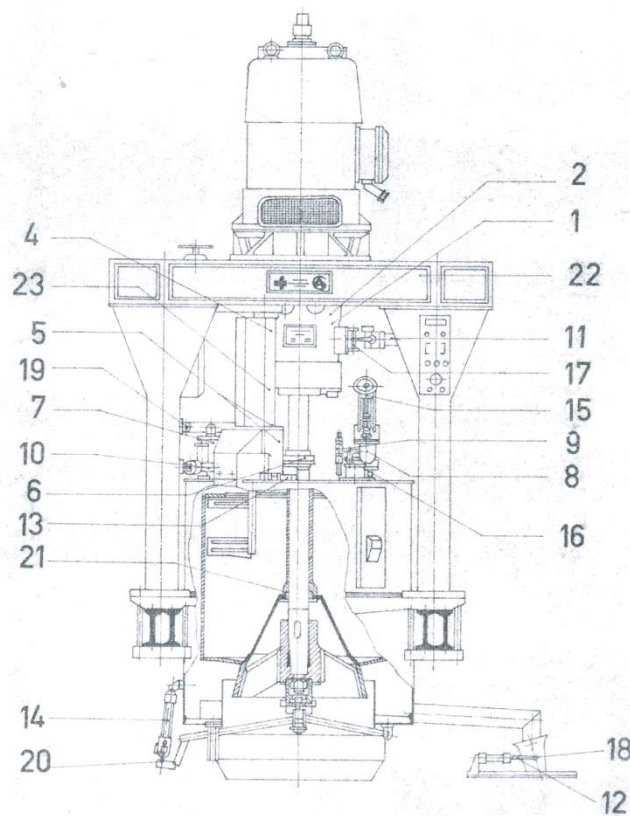


Рисунок 1.1 - Підвісна центрифуги марки FZHU-1000 для цукрового утфелю: 1-шпиндель; 2-муфта; 3 - гальма; 4 - шарикопідшипниковий вузол; 5 - барабан; 6 - розподільча тарілка; 7 – запірний ковпак; 8 – блокування кришки; 9 – амортизатор; 10 – кріплення для робочого циліндра; 11 – пристрій для підйому ковпака; 12 – водяна пробілка; 13 – центрувальний пристрій; 14 – вивантажувач; 15 – вимикач контролю завантаження; 16 – трубопровід; 17 – вентиль для води; 18 – вентиль для пари; 19 – розділювач відтоку; 20 – трубопровід стиснутого повітря; 21 – пневматична коробка; 22 – прохідний вентиль; 23 – робочий циліндр.

Несучою основою центрифуги є окремо встановлена станина, до складу якої входять опорна плита, вертикальні стійки та траверса, виготовлена з балок коритного профілю. У центральній частині траверси змонтовано сталевий литий ліхтар, який сприймає навантаження від усієї конструкції та слугує

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

опорою для встановлення центрифуги через верхній фланець.

Передавання крутного моменту від приводного двигуна до барабана здійснюється через пружну муфту, що з'єднує вал двигуна зі шпинделем. Верхня частина шпинделя спирається на комбінований підшипниковий вузол, до складу якого входять радіально-упорний кульковий та циліндричний роликовий підшипники. Корпус вузла виконано за принципом сферичного шарніра, що дозволяє компенсувати відхилення ротора при виникненні дисбалансу, спричиненого нерівномірним розподілом утфелю. Коливання, які виникають у таких випадках, поглинаються гумовим буферним елементом.

Конструкцією передбачено дві автономні гальмівні системи. У нормальному режимі експлуатації сповільнення барабана здійснюється шляхом електродинамічного гальмування привідного двигуна. Для аварійної зупинки машини використовуються пневматичні стрічкові гальма, розташовані на нижньому фланці опорного ліхтаря.

Барабан центрифуги має циліндричну форму та виготовлений у вигляді зварної конструкції з високоміцної сталі. Його перфорована поверхня забезпечує відведення рідкої фази продукту. Кріплення барабана до шпинделя здійснюється через маточину та хрестовину, розташовані в нижній частині конструкції.

Система фільтрації барабана представлена кількома ситами: ситом із перфорованої латунної пластини, латунною сіткою та додатковим ситом із перфорованого латунного листа. Така комбінація забезпечує ефективне відокремлення сиропу від кристалів цукру.

У модифікаціях, призначених для виробництва білого цукру, вивантажувальний отвір барабана закривається спеціальним ковпаком. Під час розвантаження продукту цей ковпак автоматично піднімається за допомогою відповідного механізму. На захисному кожусі встановлено автоматичний ножовий вивантажувач, пристрої для водяного та парового промивання, систему контролю рівня завантаження, блокування кришки, вузли промивання лотків та патрубків для відведення сокової пари. Під барабаном розташована приймальна чаша для збору сиропу, яка може комплектуватися системою

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розділення відтоків.

Привод центрифуги реалізований на базі двигуна постійного струму. Електроживлення двигуна може здійснюватися як через систему «генератор–двигун», так і через тиристорний перетворювач. Регулювання швидкісних режимів завантаження, центрифугування та вивантаження забезпечується зміною параметрів збудження двигуна або регулюванням напруги якоря. Усі виконавчі механізми центрифуги працюють за допомогою пневматичних циліндрів.

Технологічний цикл роботи обладнання включає декілька послідовних етапів:

- розгін порожнього барабана до швидкості завантаження 230 об/хв;
- подачу утфелю в ротор через завантажувальний пристрій;
- розгін ротора до робочих швидкостей 500 та 1000 об/хв;
- процес центрифугування, розділення відтоків і промивання продукту;
- рекуперативне гальмування зі зниженням швидкості до 500, а потім до 230 об/хв;
- подальше протитокове та механічне гальмування до повної зупинки;
- автоматичне вивантаження готового продукту.

Робота центрифуги має циклічний характер. Після запуску електродвигун розганяє барабан до встановленої швидкості завантаження. Відкриваються засувки утфелерозподілювача, і кристалічна суспензія через живильний лоток та розподільний диск надходить усередину барабана.

Контроль товщини шару продукту здійснюється спеціальним датчиком наповнення. Після досягнення необхідного рівня завантаження подача утфелю автоматично припиняється, а ротор розганяється до швидкості центрифугування. Після завершення завантаження лоток промивається водою та переводиться у верхнє положення.

На стадії розгону або під час роботи на номінальній швидкості виконується водяне промивання шару кристалів, а потік сиропу спрямовується до каналу відбору білого відтоку. Після завершення водяної обробки здійснюється парова пробілка.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Після закінчення процесу центрифугування двигун переводиться в режим гальмування з рекуперацією енергії, поступово знижуючи частоту обертання до режиму розвантаження. Коли швидкість барабана досягає приблизно 100 об/хв, автоматично відкривається запірний ковпак. Подальше видалення кристалів цукру виконується механічним вивантажувачем.

Після завершення розвантаження ковпак повертається у вихідне положення, а порожній барабан піддається промиванню для очищення ситових елементів. Одночасно відбувається повторний розгін ротора до швидкості завантаження, що забезпечує безперервне повторення технологічного циклу.

Особливістю центрифуги FZHu-1000 є підвісна конструкція ротора. На відміну від жорстко закріплених систем, підвісна схема дозволяє частково компенсувати динамічні навантаження та дисбаланс, які виникають у процесі роботи через нерівномірний розподіл утфелю. Саме це забезпечує можливість роботи на високих швидкостях обертання без значного руйнування конструктивних елементів.

Основними конструктивними елементами центрифуги є: ротор (барабан); вертикальний вал; підшипниковий вузол; електропривід; система підвісу; корпус; гальмівна система; механізм вивантаження продукту.

Ротор центрифуги має перфоровану поверхню, на якій встановлюється сито. Саме через нього проходить рідка фаза утфелю. Діаметр ротора центрифуги становить близько 1000 мм, що і відображено в маркуванні моделі. За даними технічних матеріалів, швидкість обертання центрифуг цього класу може досягати 1200-1450 об/хв, що забезпечує високий фактор розділення та ефективне очищення кристалів цукру. [1]

Однією з найважливіших переваг FZHu-1000 є висока продуктивність. Центрифуга здатна працювати з великими об'ємами утфелю при збереженні стабільної якості відділення сиропу. У сучасних аналогах центрифуг діаметром 1000 мм допустиме завантаження становить близько 250-1000 кг за цикл залежно від типу продукту та режиму роботи. [2]

Водночас робота центрифуги супроводжується значними динамічними навантаженнями. Основними причинами їх виникнення є: нерівномірне

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

завантаження утфелю; дисбаланс ротора; зношення підшипників; проходження критичних швидкостей; вібрації приводу.

Проведений літературний огляд показав, що найбільш небезпечним режимом роботи є проходження через критичну частоту обертання, коли виникають резонансні коливання та різке збільшення амплітуди вібрацій. У результаті цього можуть виникати: руйнування підшипникових вузлів; деформація валу; пошкодження сит; аварійні режими роботи. [3]

Ще однією важливою особливістю центрифуги FZHu-1000 є можливість забезпечення високої якості цукру. Ефективне відокремлення сиропу дозволяє: зменшити вологість кристалів; покращити колір цукру; скоротити втрати продукту; підвищити вихід готової продукції.

Проте поряд із перевагами центрифуга має і певні недоліки. Основними з них є: значний рівень вібрацій; складність балансування; високі навантаження на підшипники; значне енергоспоживання; потреба у регулярному технічному обслуговуванні.

Особливо важливим є контроль технічного стану підшипникових вузлів, оскільки їх зношення призводить до: збільшення люфтів; погіршення балансування; підвищення шуму; аварійного руйнування ротора.

Сучасні тенденції розвитку центрифуг типу FZHu-1000 спрямовані на: підвищення енергоефективності; автоматизацію керування; впровадження систем моніторингу; використання високоміцних матеріалів; зменшення рівня шуму та вібрацій.

Наукові дослідження у сфері центрифугування підтверджують, що модернізація систем підвісу та балансування дозволяє знизити вібраційні навантаження на 20–35 %, а застосування частотного регулювання - скоротити енерговитрати на 10–18 %. [3]

Отже, центрифуга типу FZHu-1000 є високоефективним технологічним обладнанням для цукрової промисловості, яке забезпечує ефективне відокремлення кристалів цукру від утфелю. Її конструктивні особливості - підвісний ротор, високошвидкісний привід та система фільтрації - дозволяють досягати високої продуктивності та якості готового продукту. Водночас сучасні

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умови виробництва вимагають подальшого удосконалення конструкції, автоматизації та впровадження систем моніторингу технічного стану, що дозволить підвищити надійність, енергоефективність та довговічність обладнання.

1.2. Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел щодо об'єкта проектування - центрифуги FZHu-1000

У сучасній цукровій промисловості одним із найбільш відповідальних етапів технологічного процесу є центрифугування утфелю, під час якого відбувається відокремлення кристалічного цукру від міжкристалічного сиропу. Ефективність цього процесу визначає якість готової продукції, продуктивність підприємства, енергетичні витрати та рівень втрат цукру. Саме тому конструкції центрифуг постійно удосконалюються, а наукові дослідження та патентні розробки спрямовані на підвищення їхньої надійності, продуктивності та енергоефективності. Одним із типових представників такого обладнання є підвісна центрифуга типу FZHu-1000, яка широко використовується на цукрових заводах для оброблення утфелю.

Аналіз літературних джерел показує, що розвиток конструкцій центрифуг для цукрової промисловості відбувався у напрямі підвищення швидкості обертання ротора, удосконалення систем балансування та зменшення динамічних навантажень. Особливої актуальності ці питання набули після переходу до високопродуктивних технологічних ліній, де навіть короткочасне порушення роботи центрифуги може спричинити значні виробничі втрати.

Центрифуга FZHu-1000 належить до вертикальних підвісних центрифуг періодичної дії. Її конструкція передбачає розташування ротора на вертикальному валу з еластичним підвісом, що забезпечує часткове гасіння коливань, які виникають під час роботи. Основною перевагою такої конструкції є можливість роботи на високих швидкостях обертання, необхідних для ефективного відділення сиропу від кристалів цукру. Подібне конструктивне рішення дозволяє експлуатувати обладнання при значних швидкостях

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обертання без критичного перевантаження несучих елементів.

Відповідно до результатів наукових досліджень у галузі динаміки роторних машин, найбільш небезпечними для підвісних центрифуг є режими нерівномірного завантаження та проходження критичних швидкостей. У цих режимах виникають резонансні коливання, які призводять до збільшення навантажень на вал, підшипникові опори та елементи підвісу. У роботах, присвячених аналізу динаміки роторних систем, встановлено, що навіть незначний дисбаланс мас може суттєво підвищувати рівень вібрації та знижувати ресурс обладнання.

У технічній літературі значна увага приділяється питанням міцності барабанів центрифуг. У науковій роботі “Stress Analysis of the Suspended Centrifuge Drum for Sugar” проведено аналіз напружено-деформованого стану ротора цукрової центрифуги методом скінченних елементів. Дослідники встановили, що найбільші напруження виникають у місцях кріплення барабана та в зонах перфорації сит. Було доведено, що геометрія ротора та якість балансування безпосередньо впливають на довговічність конструкції та рівень вібрацій.[1]

Аналіз напружено-деформованого стану показує, що найбільш навантаженими зонами є: місця з'єднання барабана з валом; перфоровані ділянки ситової поверхні; області концентрації напружень біля зварних швів; ділянки різкої зміни геометрії конструкції.

Саме тому сучасні виробники обладнання застосовують високоміцні корозійностійкі сталі та використовують методи комп'ютерного моделювання для оцінювання міцності ротора ще на етапі проектування.

Зі збільшенням швидкості обертання підвищується ефективність сепарації, однак одночасно зростають динамічні навантаження, вібрації та напруження у вузлах машини. Саме тому значна частина наукових досліджень і патентних рішень спрямована на удосконалення систем балансування та віброзахисту.

Аналіз літературних джерел свідчить, що однією з основних проблем підвісних центрифуг є дисбаланс ротора, який виникає внаслідок:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нерівномірного розподілу утфелю; неоднорідності маси кристалів; зношення сит; деформації валу; зношення підшипників.

Наслідком цього є: підвищення вібрацій; збільшення динамічних навантажень; руйнування підшипникових вузлів; виникнення резонансних режимів роботи.

У статті “Equilibration of sugar centrifuges by method of automatic balancing” розглянуто причини виникнення вібрацій у цукрових центрифугах та методи автоматичного балансування. Автори доводять, що застосування автоматичних балансувальних пристроїв дозволяє суттєво знизити амплітуду коливань та підвищити надійність обладнання. Експериментальні дослідження показали ефективність використання автобалансирів для компенсації нерівномірного навантаження ротора.[2]

Патентний аналіз показує, що одним із головних напрямів модернізації центрифуг є удосконалення систем автоматичного балансування. У сучасних патентних розробках застосовуються: рідинні автобалансири; рухомі компенсаційні вантажі; електромеханічні системи корекції дисбалансу; цифрові системи контролю коливань.

Основна ідея таких рішень полягає у компенсації нерівномірного розподілу маси утфелю без зупинки обладнання. Це дозволяє зменшити рівень вібрацій та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Особливий інтерес становлять патенти, пов'язані з автоматичним балансуванням ротора. У патенті “Automatic Balance Adjusting Centrifuge and the Control Method Thereof” запропоновано систему автоматичного коригування дисбалансу на основі вимірювання рівня вібрації. Конструкція включає: датчики вібрації; систему компенсації дисбалансу; мікроконтролер; автоматичне керування балансувальними масами.[3]

Принцип роботи такої системи полягає у визначенні величини дисбалансу під час обертання ротора та автоматичному переміщенні компенсаційних мас для його усунення. Для центрифуги FZHu-1000 впровадження подібної системи може забезпечити: зниження вібрацій; підвищення ресурсу підшипників; стабілізацію режиму роботи; зменшення аварійності.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремий напрям патентних досліджень стосується систем приводу центрифуг. Традиційні схеми з прямим пуском електродвигуна характеризуються значними пусковими струмами та ударними навантаженнями. У зв'язку з цим сучасні технічні рішення передбачають використання частотних перетворювачів, які забезпечують: плавний розгін ротора; стабілізацію частоти обертання; зниження енергоспоживання; контроль режимів роботи.

Застосування частотного регулювання особливо важливе для центрифуг типу FZHu-1000, оскільки саме у моменти пуску та гальмування виникають максимальні навантаження на елементи конструкції.

У патенті “Control method of automatic balancing centrifuge using balancer” описано метод керування центрифугою, за якого система автоматично аналізує рівень вібрацій під час розгону та змінює параметри прискорення ротора для уникнення резонансних режимів.[4]

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділяють проблемі проходження критичної частоти обертання. Критична швидкість визначається співвідношенням:

У зоні критичної швидкості виникають резонансні коливання, які можуть призводити до руйнування конструкції. Саме тому сучасні системи керування забезпечують: плавний розгін; контроль рівня вібрації; автоматичне зниження швидкості; аварійне відключення обладнання.

У патенті “Centrifuge equipped with a balancing mechanism and method of balancing such a centrifuge” описано конструкцію з автоматичними компенсаційними масами, які самостійно переміщуються під час обертання ротора та блокуються після досягнення стабільного режиму роботи. Система також включає електронний блок контролю вібрацій, який аналізує амплітуду коливань під час розгону та гальмування.[5]

Для центрифуги FZHu-1000 такі технічні рішення є надзвичайно актуальними, оскільки традиційні конструкції мають низку недоліків: високий рівень вібрацій; значні ударні навантаження під час пуску; інтенсивне зношення підшипників; потребу в частому балансуванні; значне енергоспоживання.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналіз літературних джерел також свідчить, що суттєвий вплив на ефективність центрифугування мають технологічні параметри процесу. До них належать: частота обертання ротора; товщина шару утфелю; температура продукту; рівномірність завантаження; тривалість циклу центрифугування.

Зі збільшенням швидкості обертання інтенсивність відокремлення сиропу зростає, однак одночасно підвищуються механічні навантаження та небезпека виникнення резонансних явищ. Саме тому у сучасних дослідженнях особлива увага приділяється визначенню оптимальних режимів роботи.

У науково-технічній літературі також розглядаються питання зниження енерговитрат центрифуг. Одним із найбільш ефективних рішень вважається оптимізація кінематичної схеми приводу та використання електродвигунів із високим коефіцієнтом корисної дії. Дослідження показують, що впровадження частотно-керованого приводу дозволяє скоротити споживання електроенергії на 10–20 % залежно від режиму експлуатації.

Суттєва увага у патентних матеріалах приділяється також удосконаленню систем підвісу ротора. Традиційні жорсткі опори поступово замінюються комбінованими вібродемпфуючими системами, які поєднують: пружні елементи; гумометалеві амортизатори; демпфери коливань; системи автоматичного вирівнювання.

Такі конструктивні рішення дозволяють значно знизити передачу вібрацій на корпус машини та фундамент.

Важливий напрям досліджень стосується удосконалення систем підвісу. У патенті “Support structure for a suspension centrifuge” розглянуто конструкцію підвісної опори з автоматичним контролем завантаження ротора. Система дозволяє контролювати масу утфелю та забезпечувати рівномірне завантаження барабана, що сприяє зменшенню дисбалансу. [6]

Проведений аналіз патентних матеріалів і наукових джерел дає підстави стверджувати, що подальше вдосконалення центрифуги FZHu-1000 повинно здійснюватися у кількох взаємопов’язаних напрямках: підвищення динамічної стійкості ротора; удосконалення систем балансування; автоматизація контролю технічного стану; - зниження енергоспоживання; підвищення довговічності

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вузлів тертя; покращення умов експлуатації обладнання.

Проведений аналіз патентних матеріалів та літературних джерел свідчить, що центрифуга FZHu-1000 є ефективним, проте технічно складним обладнанням, робота якого супроводжується значними динамічними навантаженнями. Сучасні наукові дослідження та патентні рішення орієнтовані на зменшення вібрацій, автоматичне балансування ротора, підвищення енергоефективності та автоматизацію процесів контролю. Використання цих технічних рішень під час модернізації центрифуги FZHu-1000 дозволить підвищити її надійність, продуктивність та довговічність, а також забезпечити стабільну якість готового продукту.

1.3 Постановка завдань кваліфікаційної роботи.

На основі проведеного аналізу літературних джерел, патентних матеріалів та технічної документації встановлено, що підвісні центрифуги типу FZHu-1000 є важливим елементом технологічного обладнання цукрової промисловості, ефективність роботи яких значною мірою залежить від технічного стану вузлів приводу, системи підвісу, балансування ротора та режимів експлуатації. Водночас у процесі роботи центрифуги виникають значні динамічні навантаження, підвищені вібрації, нерівномірність завантаження ротора та інтенсивне зношення окремих вузлів, що негативно впливає на надійність обладнання, енерговитрати та якість готової продукції.

Аналіз сучасних наукових досліджень і технічних рішень показав, що перспективними напрямками вдосконалення центрифуг є:

- підвищення ефективності технічного обслуговування;
- зниження вібраційних навантажень;
- оптимізація режимів роботи;
- модернізація вузлів підвісу та приводу;
- впровадження елементів моніторингу технічного стану.

У зв'язку з цим метою кваліфікаційної роботи є розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту центрифуги для цукрового утфелю

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

марки FZHu-1000 з метою підвищення її надійності, проведення необхідних інженерних розрахунків та обґрунтування технологічних рішень щодо експлуатації і ремонту.

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз літературних джерел, технічної документації та патентних матеріалів щодо конструкцій підвісних центрифуг, особливостей їх роботи та сучасних напрямів модернізації.

2. Дослідити конструкцію центрифуги марки FZHu-1000, визначити її основні технічні характеристики, принцип роботи, конструктивні особливості та умови експлуатації.

3. Проаналізувати основні причини виникнення несправностей і підвищених вібрацій у процесі роботи центрифуги, зокрема вплив дисбалансу ротора, зношення підшипників та нерівномірного завантаження утфелю.

4. Виконати аналіз динамічних навантажень і режимів роботи ротора центрифуги, визначити фактори, що впливають на ефективність процесу центрифугування.

5. Розробити заходи з удосконалення технічного обслуговування та ремонту центрифуги марки FZHu-1000, спрямовані на підвищення надійності роботи обладнання та зменшення аварійності.

6. Виконати інженерні розрахунки, пов'язані з оцінкою міцності, жорсткості та динамічної стійкості окремих елементів конструкції, а також оцінити вплив запропонованих удосконалень на рівень вібрацій та енерговитрати.

7. Розробити удосконалену схему організації технічного обслуговування та ремонту центрифуги марки FZHu-1000 з урахуванням запропонованих технічних рішень.

8. Розглянути питання охорони праці та безпеки під час експлуатації, технічного обслуговування та ремонту центрифуги марки FZHu-1000.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.

2.1. Проєктування вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.

Одним із найважливіших етапів проєктування та модернізації технологічного обладнання є інженерне обґрунтування конструкції, яке дозволяє оцінити працездатність, міцність, жорсткість і динамічну стійкість основних вузлів машини. Для підвісних центрифуг цукрового виробництва ці питання мають особливе значення, оскільки робота обладнання супроводжується високими швидкостями обертання ротора, значними динамічними навантаженнями та періодичними ударними впливами під час завантаження і гальмування. У процесі експлуатації центрифуги FZHu-1000 найбільш навантаженими елементами є ротор, вал, підшипниковий вузол та система підвісу, тому саме вони потребують детального аналізу.

2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей центрифуги FZHu-1000

Центрифуга FZHu-1000 призначена для розділення та оброблення цукрового утфелю на підприємствах цукрової галузі. До складу її конструкції входять основні функціональні вузли: вертикально розташований вал, підвісний ротор, підшипникова опора, електромеханічний привід, з'єднувальна муфта, гальмівний механізм, корпусна частина та система підвішування.

Розроблення машини починається з формування її структурної моделі, яка графічно відображається у вигляді структурної схеми. Побудову такої схеми виконують відповідно до послідовності передавання енергії та руху, починаючи від електродвигуна і завершуючи робочими органами або виконавчими елементами установки.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сеирид.О.І.			Обґрунтування конструкції і розрахунки вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.	Літ.	Арк.
Перевір.		Пилипець О.М.					23
Рецензент							18
Н. Контр.		Кравець О.І.				ФМТ, каф. ОХ, МО-41	
Затверд.		Пилипець О.М.					

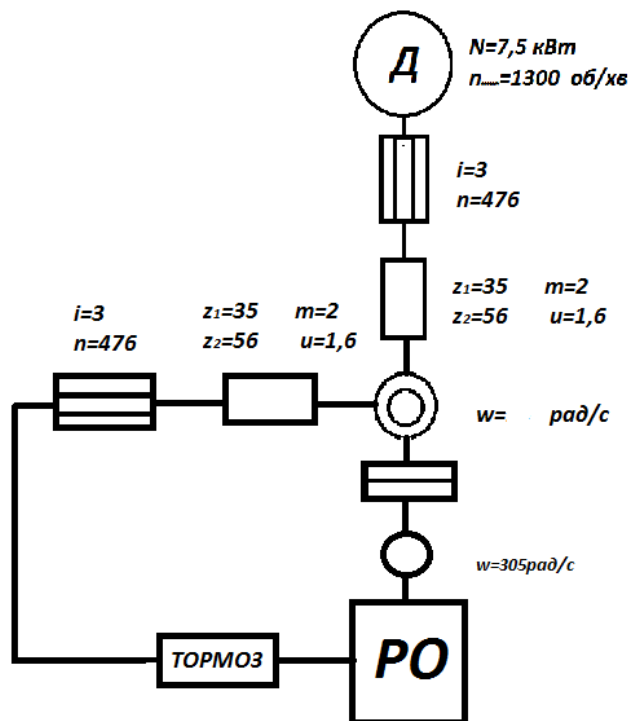


Рисунок 2.1 - Структурна схема центрифуги марки FZHU-1000 для цукрового утфелю

Процес центрифугування ґрунтується на дії відцентрових сил, що виникають під час обертання ротора та впливають переважно на дисперсне середовище, а також частково на тверду фазу суміші. У випадку застосування перфорованих роторів механізм розділення має комплексний характер і поєднує ознаки кількох технологічних процесів. Зокрема, окремі стадії центрифугування за своєю фізичною сутністю подібні до фільтрування через пористе середовище, механічного віджимання осаду та інших способів розділення неоднорідних систем.

2.2.2. Інженерні розрахунки центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.

1. Розрахунок пасової передачі підвісної центрифуги

Вихідні дані для розрахунку: $n_1=1000$ об/хв.; $n_2=476,733$ об/хв., крутний момент $T_1=36380$ Н мм;

Діаметр меншого шківa обчислюємо за формулою:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_1 = 3.5 \sqrt[3]{T_1} = 3.5 \sqrt[3]{36380} = 115,97 \text{ мм.}$$

Згідно таблиці [10] з врахуванням того чи іншого шківів для пасів, тип О, приймаємо $d_1 = 115 \text{ мм.}$

Діаметр більшого шківів:

$$d_2 = i_p d_1 (1 - \varepsilon) = 3.14 \cdot 115 (1 - 0.015) = 343.223 \text{ мм;}$$

Приймаємо $d_2 = 343 \text{ мм.}$

Уточнюємо передаточне відношення

$$i_p = \frac{d_2}{d_1(1-\varepsilon)} = \frac{340}{115(1-0,015)} = 3,002.$$

$$\frac{2,445 - 2,538}{2,445} \cdot 100 = -3,807$$

Що є допустиме.

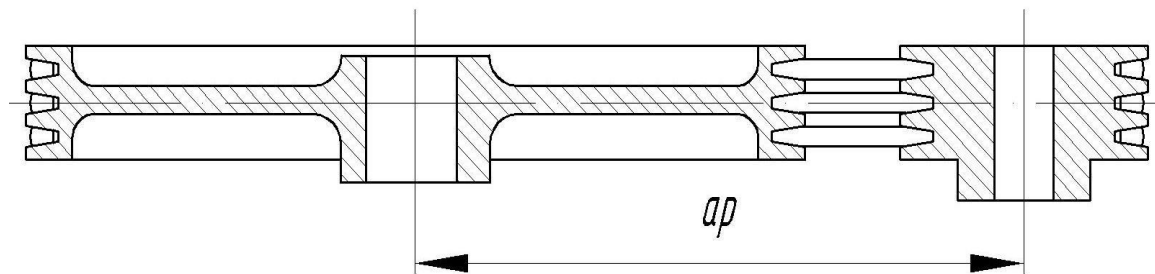


Рисунок 2.2 – Пасова передача підвісної центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю

Розрахункова довжина паса визначається виразом:

$$L = 2 \cdot a_p + 0.5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4a_p}$$

$$= 2 \cdot 256,25 + (115 + 340) + \frac{(340 + 115)^2}{4 \cdot 256,25} = 1429 \text{ мм}$$

Найближче значення за стандартом $L = 1500 \text{ мм.}$

Уточнення значення міжосьової відстані a_p з врахуванням стандартної величини паса.

$$\text{Де } \omega = 0,5\pi(d_1 + d_2)^2 = 0.5 \cdot \pi(115 + 340)^2 = 714,712 \text{ мм;}$$

$$\gamma = (d_1 + d_2)^2 = 207000;$$

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

При монтажі передачі необхідно забезпечити можливість зменшити міжосьову відстань на $-0,01 = -0,01 \cdot 1500 = -15 \text{ мм}$ для полегшення надівання пасів на шків і можливість збільшення його на $0,25 = 0,025 \cdot 1500 = 37,5 \text{ мм}$ для збільшення натяжних пасів.

Кут обхвату меншого шківа за формулою:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57 \frac{d_1 + d_2}{a_p} = 180 - 57 \frac{115 + 340}{308,857} = 96,029^\circ$$

Коефіцієнт режиму роботи, враховуючи умови експлуатації передачі за [табл. 7,10]:

Для приводу до стрічкового конвеєра при однозмінній роботі $C_p = 1.0$.

Коефіцієнт, що враховує вплив довжини паса за табл. 7,9:

Для паса перерізу О при довжині 1500 мм коефіцієнт $C_L = 1.03$.

Коефіцієнт, що враховує вплив кута обхвату при 83° коефіцієнт $C_\alpha = 0,77$.

Коефіцієнт, що враховує число пасів в передачі: якщо число пасів в передачі буде від 4 до 6, приймаємо коефіцієнт $C_z = 0.95$.

Число пасів в передачі обчислюємо з формулою:

$$z = \frac{P \cdot C_p}{P_o \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z} = \frac{5503 \cdot 1}{2500 \cdot 1.03 \cdot 0.77 \cdot 0.95} = 2,921$$

Приймаємо $z=3$, $e = 12$; $f = 8$

Ширина шківа $B_{ш}$:

$$B_{ш} = (z - 1)e + 2f = (3 - 1)12 + 2 \cdot 8 = 40 \text{ мм}$$

2. Розрахунок валу підшипникового вузла і підбір підшипників.

На першому етапі визначається крутний момент, що передається валом приводу. Його значення обчислюється за залежністю:

$$M = M_{эл} = \frac{30N_{эл}^p}{\pi \cdot n};$$

де $N_{эл}^p = 55 \text{ кВт}$, номінальна потужність електродвигуна типу 4ПФМ-280М.

n – частота обертання, $n=1000 \text{ об/хв.}$

Тоді:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$M = \frac{30 \cdot 55 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1000} = 729,8 \text{ (Нм)}.$$

Для виготовлення вала приймається нержавіюча сталь 12Х18Н10Т.
Попередній діаметр вала визначають із умови міцності на кручення:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi[\tau]_{кр}}}$$

Підставляючи числові значення, отримуємо:

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 729,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25}} = 72,4 \text{ мм}$$

Остаточне значення діаметра вала прийнято відповідно до стандартного ряду циліндричних кінців валів згідно з DIN 748. Приймаємо $d_e=100$ мм.

Для передачі крутного моменту передбачено використання призматичної шпонки. Перевірка виконується за напруженням зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2M_{кр}}{d(h-t)l} \leq [\sigma_{см}];$$

де допустиме напруження:

$$[\sigma_{см}] = 100 \text{ МПа}$$

Для вала діаметром 100 мм за стандартом вибирається шпонка з параметрами:

- ширина (b=28) мм;
- висота (h=16) мм;
- глибина паза (t=10) мм.

Необхідну довжину шпонки визначимо за формулою:

$$l = \frac{2M_{кр}}{d(h-t)[\sigma_{см}]}$$

Підставимо значення:

$$l = \frac{2 \cdot 729,8 \cdot 10^3}{100 \cdot (16 - 10)100} = 24,3 \text{ мм}$$

Отримане значення округлюється до стандартного: $l = 25$ мм

Попередній вибір підшипника.

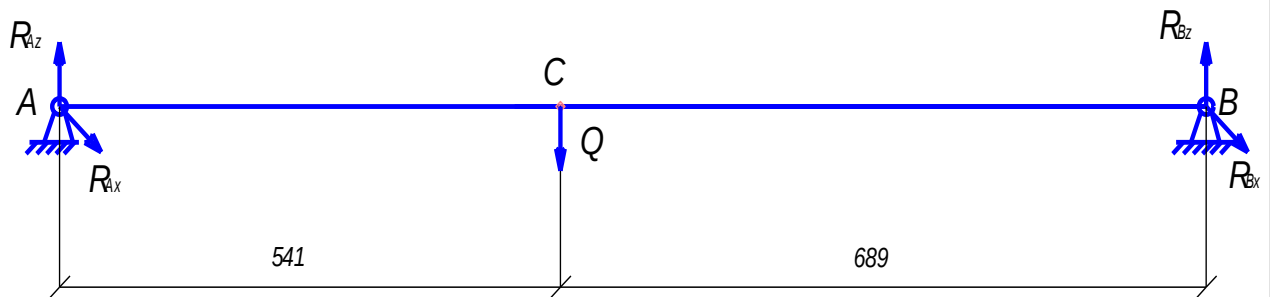
					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення необхідної вантажопідйомності та компенсації можливих перекосів приймається сферичний дворядний радіальний роликовий підшипник типу 3620 за ГОСТ 5721-75 із такими параметрами:

- внутрішній діаметр ($d=100$) мм;
- зовнішній діаметр ($D=215$) мм;
- ширина ($B=73$) мм;
- радіус фаски ($r=4,0$) мм.

Визначення реакцій опор.

Реакції підшипникових опор визначаються із рівнянь статичної рівноваги.



Для горизонтальної площини:

$$\sum M_A^x = 0; R_B^x \cdot 1230 = 0;$$

$$R_B^x = 0 \text{ кН};$$

$$\sum M_B^x = 0; R_A^x \cdot 1230 = 0;$$

$$R_A^x = 0 \text{ кН};$$

Для вертикальної площини:

$$\sum M_A^z = 0; -Q \cdot 541 + R_B^z \cdot 1230 = 0;$$

$$R_B^z = 0,44Q = 0,44 \cdot 33756,2 = 14852,7 \text{ (Н)}.$$

Аналогічно:

$$\sum M_B^z = 0; Q \cdot 689 - R_A^z \cdot 1230 = 0;$$

$$R_A^z = 0,56 \cdot 33756,2 = 18903,5 \text{ (Н)}.$$

Перевірка рівноваги:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum F_i^z = 0; R_A^z + R_B^z = Q;$$

$$14852,7 + 18903,5 = 33756,2$$

Умова виконується.

Перевірка міцності вала на вигин

Еквівалентне напруження визначають із виразу:

$$\sigma_{из} = \frac{\sqrt{M_{из}^2 + 0,45M_{кр}^2}}{W} \leq [\sigma]_F,$$

де $M_{из}$ - момент у небезпечному перерізі.

$W_{из} = \pi d^3 / 32$ - момент опору круглого перерізу.

Згинальний момент у небезпечному перерізі:

$$M^{xoy} = R_B^x \cdot 0,689 = 0 \text{ Нм};$$

$$M^{zoy} = R_B^z \cdot 0,689 = 14852,7 \cdot 0,689 = 10223,5 \text{ Нм};$$

Тоді: $M_{из} = M^{zoy} = 10223,5 \text{ Нм}$, $W_{из} = 98125 \text{ мм}^3$.

Підставимо значення:

$$\sigma_{из} = \frac{\sqrt{10223,5^2 + 0,45 \cdot 729,8^2} \cdot 10^3}{98125} = 104 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{из} < [\sigma]_{из};$$

Допустиме напруження для матеріалу: $\sigma_{из} = 363 \text{ МПа}$

$$104 \text{ МПа} < 363 \text{ МПа}$$

умова міцності виконується.

Перевірка жорсткості при крученні

Кут закручування на одиницю довжини визначають за формулою:

$$\varphi_0 = M_{кр} \cdot 180^\circ / (\pi G \cdot J_p) \leq [\varphi_0],$$

де $G = 8 \cdot 10^4$ – модуль зсуву, МПа,

$J_p = \pi d^4 / 32$ - полярний момент інерції, мм⁴,

Для прийнятого діаметра:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$J_p = 9812500 \text{ мм}^4$$

Допустимий кут закручування:

$$[\varphi_0] = (0,25 \div 1,5)^\circ$$

Після обчислення отримуємо:

$$\varphi_0 = 729,8 \cdot 10^3 \cdot 180^\circ / (3,14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 9812500) = 0,0001 \leq [\varphi_0].$$

Оскільки розрахункове значення значно менше допустимого, жорсткість вала є достатньою.

Оцінка довговічності підшипника

Ресурс підшипника при імовірності безвідмовної роботи 90 % визначається за формулою:

$$L_h = (10^6 / 60 \cdot n) \cdot (C/P)^\alpha,$$

де $n=1000$ об / хв,

C - динамічна вантажопідйомність підшипника; $C=520\text{кН}$,

$$\alpha = 3,3$$

Після розрахунку:

$$L_h = (10^6 / 60 \cdot 1000) \cdot (520/18,9)^{3,3} = 164004,6 > T$$

Необхідний ресурс роботи механізму:

$$T = L_r \cdot D \cdot G \cdot t = 12 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 2 = 57600 \text{ год.}$$

де $L_r=12$ років;

$D=300$ робочих днів на рік;

$G=8$ змін;

$t=2$ год.

Тоді:

$$\alpha = T/L_h;$$

$$\alpha = 57600/164004,6 = 0,35;$$

Отриманий результат відповідає імовірності безвідмовної роботи приблизно 98 %.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок ротора центрифуги на міцність

Одним із найбільш навантажених елементів підвісної центрифуги є ротор, який у процесі роботи сприймає одночасний вплив відцентрових навантажень і тиску рідкої фази. Для фільтруючих центрифуг циліндрична та конічна ділянки ротора зазвичай виконуються перфорованими, тому при визначенні їхньої міцності необхідно враховувати зниження несучої здатності стінок через наявність отворів.

Розрахунок починають із попереднього визначення товщини елементів оболонки в областях дії крайових ефектів. Далі обчислюють еквівалентні напруження в місцях з'єднання окремих елементів конструкції. Отримані значення порівнюють із допустимими напруженнями матеріалу. Якщо розрахункові напруження перевищують допустимі межі, товщину оболонки збільшують і виконують повторний розрахунок.

Для проведення розрахунку приймаються такі вихідні дані:

- внутрішній діаметр ротора $d = 1,25$ м;
- висота ротора $H = 1,05$ м;
- частота обертання $n = 1000$ об/хв;
- радіус внутрішньої поверхні $r_1 = 0,425$ м;
- радіус зовнішньої поверхні $r_2 = 0,4375$ м;
- густина робочого середовища $\rho = 1270$ кг/м³;
- густина матеріалу ротора $\rho_m = 7850$ кг/м³;
- коефіцієнт міцності зварного шва $K = 0,95$;
- матеріал ротора - сталь 12X18H10T;
- допустиме напруження матеріалу $\sigma_{\text{доп}} = 127$ МПа при температурі 20°C;
- маса завантаження $M = 400$ кг.

Конструкція ротора включає перфоровану циліндричну обичайку, плоске днище та плоску кришку. Для попередньої оцінки працездатності приймається товщина стінки ротора 12 мм.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

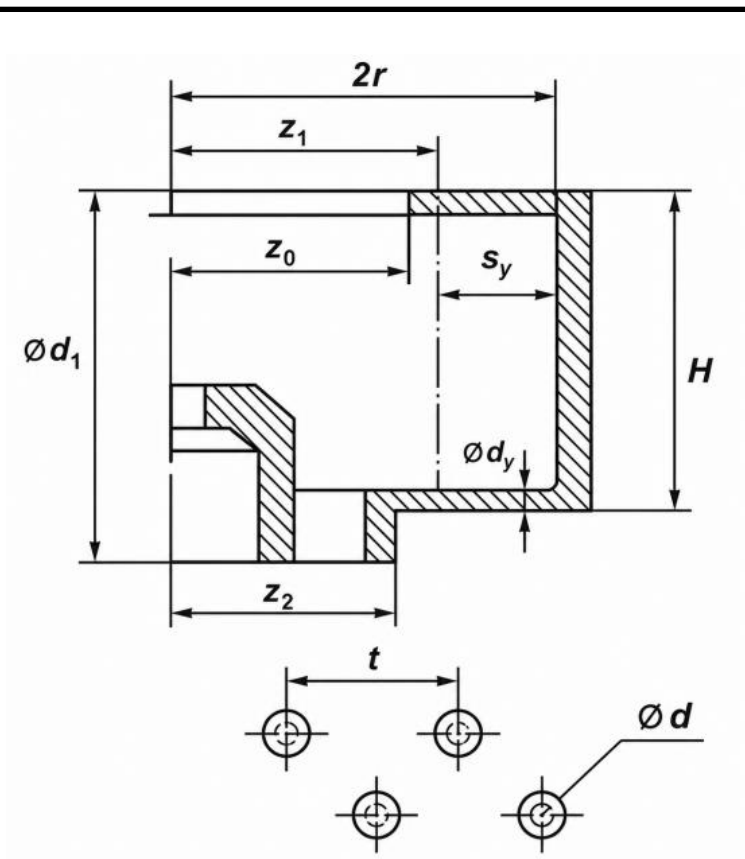


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема ротора

Перевірка умов застосування методики розрахунку

На першому етапі визначають відповідність геометричних параметрів ротора вимогам обраної методики розрахунку. Особливу увагу приділяють співвідношенню розмірів перфораційних отворів та радіуса серединної поверхні оболонки.

$$\frac{d^2}{r_{cp} S_{ц}} \leq 0,018;$$

де r - радіус отвору в стінці циліндра м; r_{cp} - радіус серединної поверхні елемента ротора, $r_{cp} = \left(r_{PT} + S/2 \right) = 0,631$ м.

$$\frac{0,005^2}{0,631 \times 0,012} = 0,0039 < 0,018,$$

Наступним кроком є визначення ступеня перфорації, який характеризує відношення сумарної площі всіх отворів до площі внутрішньої поверхні циліндричної частини ротора. Значення цього показника не повинно

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищувати встановлених нормативних обмежень, $C \leq 0,2$:

$$C = \sum f / F ,$$

де $\sum f = 0,244 \text{ м}^2$ - площа всіх отворів в обичайці;

$F = 1,296 \text{ м}^2$ - внутрішня поверхня ротора (циліндричної частини).

$$C = 0,244 / 1,296 = 0,19$$

З урахуванням схеми розташування отворів за вершинами рівносторонніх трикутників визначають питому масу перфорованої оболонки (C). Після цього обчислюють фактичну густину стінки ротора (ρ_{II}), модуль пружності матеріалу (E_{II}) та коефіцієнт ослаблення конструкції отворами (φ):

$$C = 0,907 \left(\frac{d}{t} \right)^2$$

де $t = 0,278$ крок отворів, м.

$$C = 0,907 \left(\frac{0,005}{0,0278} \right)^2 = 0,0293,$$

$$\rho_{II} = \rho_M (1 - C) = 7850 (1 - 0,0293) = 7620 \text{ кг} .$$

$$E_{II} = E (1 - C)^3 (1 + 4C^2) = 2 \times 10^5 (1 - 0,0293)^3 (1 + 4 \times 0,0293^2) = 0,1875 \times 10^5 \text{ МПа}.$$

$$\varphi = 1 - d/t = 1 - 0,005/0,0278 = 0,83$$

Крім того, встановлюється коефіцієнт заповнення ротора рідкою фазою, який використовується при подальшому визначенні напруженого стану оболонки.

$$\psi = (r_{PT}^2 - r_1^2) / r_{PT}^2 = (0,625^2 - 0,4375^2) / 0,625^2 = 0,51$$

З урахуванням зменшення маси ротора через перфорацію визначають робочі напруження у стінці ротора.

$$\sigma_0 = 39,44 \times 10^{-6} n_c^2 \rho_{II} r_{PT}^2 = 39,44 \times 10^{-6} \times 15,8^2 \times 7620 \times 0,625^2 = 29,31 \text{ МПа},$$

де n_c - число обертів ротора, $n_c = 15,8$ об/с.

На основі отриманих результатів розраховується необхідна товщина циліндричної оболонки.

$$S_{II}^{II} = \frac{\sigma_0 \lambda_N \psi r_{PT}}{2(\kappa[\sigma] - \sigma_0^{II})} = \frac{29,31 \times 0,1824 \times 0,51 \times 0,625}{2(0,83 \times 127 - 29,31)} = 0,0104$$

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

λ_N - відношення густин рідини і стінки ротора, $\lambda_N = \rho_P / \rho_{II}$;

$$\lambda_N = 1390 / 7850 = 0,1824$$

Для компенсації корозійного зношування приймається середня швидкість корозії 0,0001 м/рік. За розрахунковий період експлуатації 8 років сумарний корозійний припуск становить 0,0008 м. З урахуванням цього фактора остаточно приймається товщина оболонки 15 мм.

Товщина циліндричної частини в місцях з'єднання з днищем і кришкою визначається окремим розрахунком, який враховує концентрацію напружень у крайових зонах конструкції.

$$S_{II} = 0,865 \times r_{PT} \sqrt{\frac{\sigma_0^N \psi \lambda_N}{[\sigma]^M}} = 0,865 \times 0,625 \sqrt{\frac{0,931 \times 0,51 \times 0,1824 \times 0,0495}{185}} = 0,0132$$

На завершальному етапі обчислюють допустиму частоту обертання ротора та виконують її порівняння з робочою частотою. Результати розрахунку підтверджують, що фактичний режим експлуатації не перевищує гранично допустимих значень і забезпечує безпечну роботу ротора.

$$[f] = \frac{159,2}{r_{PT}} \sqrt{\frac{\kappa[\sigma]}{\rho_{II} \left[\frac{\lambda_N r_{PT} \psi}{2(S_{II}^N - C)} + 1 \right]}} = \frac{159,2}{0,625} \sqrt{\frac{0,83 \times 127}{7620 \left[\frac{0,1824 \times 0,625 \times 0,51}{2(0,015 - 0,008)} \right]}} + 1 = 17 \text{ об/с.}$$

У розглянутій центрифугі значення $n < [f]$ розрахункового.

4. Розрахунок вала приводу на вібростійкість.

Для перевірки вібростійкості привідного вала необхідно проаналізувати масово-інерційні параметри ротора та визначити значення його критичної частоти обертання. У даному розрахунку власною масою вала знехтувано, оскільки її внесок є незначним порівняно з масою барабана та робочої рідини.

Перш за все обчислюють маси елементів, що формують ротор. До складу системи входять верхній кільцевий диск, циліндрична обичайка, днище барабана та рідина, яка знаходиться всередині робочого об'єму. Значення мас визначаються на основі геометричних характеристик деталей і густини матеріалів. У результаті розрахунків отримано такі значення: маса кільцевого

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

диска становить 414,3 кг, обичайки - 541,2 кг, днища - 746,1 кг, а рідини - 400 кг. Загальна маса барабана разом із заповненням дорівнює 2101,6 кг.

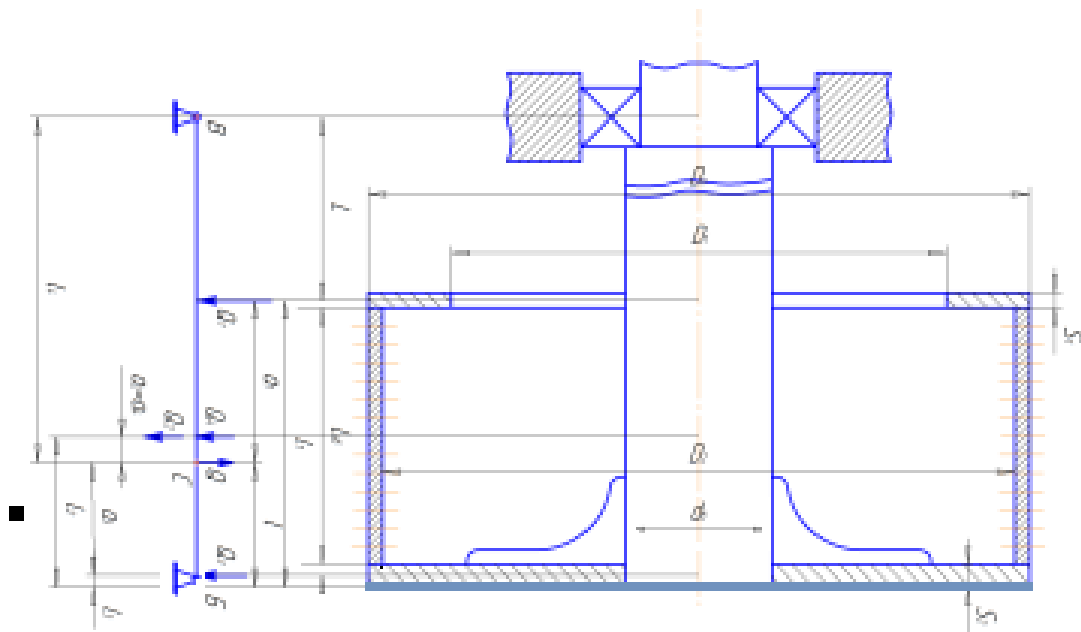


Рис 2.4. Розрахункова схема вала на вібростійкість

Далі визначають сили ваги, створювані кожною складовою ротора. Для цього масу кожного елемента множать на прискорення вільного падіння. Розраховані навантаження становлять: для кільцевого диска - 4060,2 Н, для циліндричної обичайки - 5303,8 Н, для днища - 7311,8 Н, для рідини - 17080,4 Н. Сумарна вага заповненого барабана складає 33756,2 Н.

Наступним кроком є знаходження координати центра мас усієї системи. Для цього визначають положення центрів мас окремих елементів відносно вибраної опорної точки та, використовуючи умову рівності моментів, обчислюють координату спільного центра мас барабана. Проведені розрахунки показали, що він розташований на відстані 0,304 м від краю днища. Після цього визначають плечі всіх складових відносно знайденого центра мас. Виліт центра мас барабана при цьому становить 0,2865 м.

Після встановлення положення центра мас переходять до визначення моментів інерції ротора. Для кожного елемента окремо розраховують осьові та екваторіальні моменти інерції, а потім підсумовують отримані результати. У підсумку сумарний осьовий момент інерції барабана дорівнює $1731,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, тоді як екваторіальний момент інерції становить $1073,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

На початковому етапі критичну швидкість обертання визначають за спрощеною моделлю, в якій вся маса барабана умовно прикладена в точці його з'єднання з валом. За такого припущення критична кутова швидкість дорівнює:

$$\omega_{\text{кр}} = 163,7 \text{ рад/с.}$$

Для підвищення точності розрахунку враховують фактичне положення центра мас барабана відносно точки його кріплення. Після введення поправки на виліт центра мас отримують:

$$\omega'_{\text{кр}} = 337,6 \text{ рад/с.}$$

Подальше уточнення виконується з урахуванням гіроскопічного моменту, який виникає під час обертання ротора. Для цього визначають коефіцієнти впливу, що характеризують пружні переміщення системи, а також параметри, пов'язані з різницею осьового та екваторіального моментів інерції. З урахуванням гіроскопічного ефекту критична швидкість становить:

$$\omega_{\text{скр}} = 305,2 \text{ рад/с.}$$

Порівняння результатів показує, що нехтування вильотом центра мас та гіроскопічним моментом призводить до суттєвого викривлення результатів. Зокрема, без урахування зазначених факторів критична швидкість виявляється заниженою приблизно на 46 %. Водночас неврахування лише гіроскопічного ефекту спричиняє завищення розрахункової швидкості майже на 10 %, що для високошвидкісних роторних систем є неприпустимим.

Для перевірки вібростійкості отриману критичну швидкість порівнюють із робочою кутовою швидкістю ротора. Відношення робочої швидкості до критичної становить:

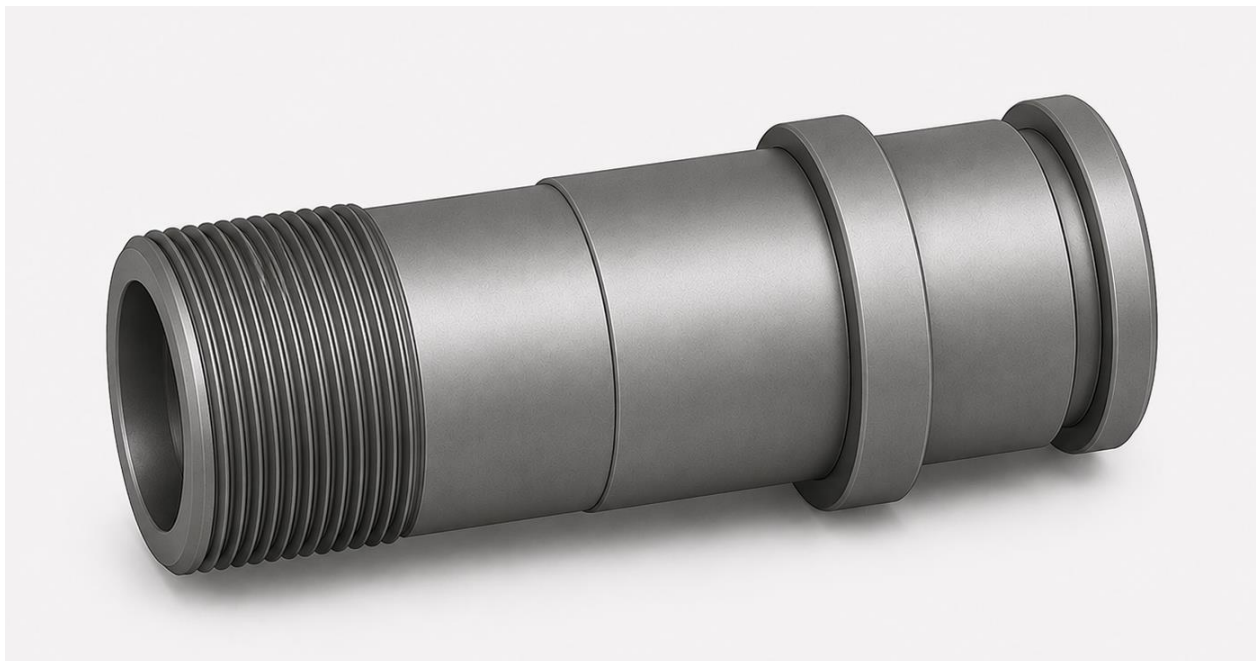
$$\omega / \omega_{\text{скр}} = 0,3.$$

Оскільки отримане значення є меншим за гранично допустиме значення 0,7, вал працює у докритичній області. Це свідчить про відсутність небезпеки

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виникнення резонансних коливань у робочому діапазоні швидкостей та підтверджує достатню вібростійкість конструкції привідного вала центрифуги FZHu-1000.

2.1.3. 3D моделювання та симуляції.



2.2. Кінематичний та силовий аналіз центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.

Розрахунок кінематичної схеми привідного вузла підвісної центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю:

1. Передаточне число приводу [1,с.8]:

$$U_{заг} = \frac{n_n}{n_T} = \frac{\omega_n}{\omega_T}$$

$$U_{заг} = \frac{151.268}{10.472} = 14.445$$

2. Передаточне число редуктора вибираємо відповідно до ГОСТ 2185-66 [1, с. 36]. Виберемо $U_p=1,6$.

3. Передаточне число відкритої пасової передачі $U_{пн}$ находимо наступним чином [4,с.72]:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_n = \frac{U_{\text{заг}}}{U_p} = \frac{14.445}{1.6} = 9.028$$

4. Визначаємо кутові швидкості і частоти обертання валів редуктора:

$$n_1 = n_H = 1000 \text{ об/хв.} \quad \omega_1 = \omega_H = 151,268 \text{ рад/с}$$

$$n_3 = \frac{n_1}{U_{\text{заг}}}; n_3 = 100 \text{ об/хв.}$$

$$\omega_3 = \frac{\pi n_3}{30} = \frac{3.1415 \cdot 100}{30} = 10,472 \text{ рад/с}$$

де: ω_1, ω_3 - кутові швидкості;

n_1, n_3 - частоти обертання;

відповідно двигуна і тихохідного валу.

5 Визначаємо обертові моменти T_1 та T_3 на валах редуктора [1, с.340]

$$T_1 = T_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{5503}{151.268} = 36.377 \text{ Н м} = 36380 \text{ Н мм};$$

$$T_3 = T_1 \cdot U_{\text{заг}} = 36380 \cdot 9,028 = 525500 \text{ Н мм}$$

2.3 Комп'ютерно-інтегровані (смарт) технології у проектуванні та експлуатації центрифуги FZHu-1000

Сучасний розвиток машинобудування характеризується активним впровадженням комп'ютерно-інтегрованих технологій, цифрових систем керування та елементів концепції Industry 4.0. Для обладнання харчових і цукрових виробництв особливо важливими є технології автоматизованого моніторингу, цифрового моделювання та інтелектуального керування, які дозволяють підвищити ефективність, енергоощадність і надійність роботи машин.

Підвісні центрифуги типу FZHu-1000 працюють у складних динамічних умовах: при високих швидкостях обертання; значних вібраційних навантаженнях; циклічних режимах запуску та гальмування; нерівномірному завантаженні утфелю.

У таких умовах використання смарт-технологій дозволяє: здійснювати постійний контроль технічного стану; автоматично регулювати режими роботи;

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прогнозувати несправності; зменшувати енерговитрати; підвищувати ресурс вузлів машини.

Згідно з сучасними науковими дослідженнями, цифровізація роторних машин є одним із найбільш перспективних напрямів модернізації технологічного обладнання харчової промисловості.

Проектування сучасних роторних систем здійснюється із застосуванням CAD/CAE/CAM-технологій.

Основними етапами комп'ютерно-інтегрованого проектування є: створення параметричної 3D-моделі; проведення інженерних розрахунків; FEM-аналіз конструкції; моделювання динамічних процесів; оптимізація геометрії; підготовка цифрової документації; автоматизоване виготовлення деталей.

Для проектування вузлів центрифуги FZHu-1000 можуть використовуватись: SolidWorks; Autodesk Inventor; ANSYS; Siemens NX; KISSsoft.

Застосування параметричного моделювання дозволяє швидко змінювати: геометрію ротора; діаметр валу; параметри підшипникових вузлів; характеристики демпферів; параметри приводу.

Сучасні методики цифрового проектування підтверджують, що інтеграція CAD/CAE-систем дозволяє суттєво скоротити терміни розробки та підвищити точність інженерних розрахунків.

Одним із ключових елементів комп'ютерно-інтегрованої центрифуги є система моніторингу технічного стану.

Для контролю параметрів роботи доцільно використовувати: датчики вібрації; температурні датчики; тахометри; датчики струму; сенсори навантаження; датчики дисбалансу.

Система моніторингу дозволяє контролювати: рівень вібрацій; температуру підшипників; швидкість обертання; енергоспоживання; навантаження на привід; стан балансування ротора.

Для аналізу вібрацій використовуються спектральні методи та FFT-аналіз.

Вібраційний контроль дозволяє виявляти: дисбаланс; дефекти підшипників; ослаблення кріплень; деформацію валу; пошкодження муфти.

Сучасні системи predictive maintenance базуються саме на аналізі вібраційних характеристик роторних машин.

Впровадження комп'ютерно-інтегрованих технологій у центрифугу FZHu-1000 дозволяє: підвищити надійність роботи; знизити рівень аварійності; збільшити ресурс вузлів; зменшити енерговитрати; автоматизувати процес центрифугування; підвищити продуктивність; скоротити витрати на ремонт.

Як результат отримуємо зниження вібрацій на 20–30 %; зменшення витрат на технічне обслуговування; підвищення ефективності процесу сепарації; скорочення часу простоїв обладнання.

Отже, використання комп'ютерно-інтегрованих (смарт) технологій є перспективним напрямом модернізації центрифуги FZHu-1000. Інтеграція CAD/CAE-систем та автоматизованих систем керування дозволяє суттєво підвищити ефективність, енергоощадність та надійність роботи обладнання.

Використання смарт-технологій забезпечує: підвищення динамічної стійкості; зниження рівня вібрацій; прогнозування технічного стану; оптимізацію режимів роботи; цифровізацію процесу експлуатації обладнання.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту.

3.1. Технологія експлуатації, технічного обслуговування та ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.

Підвісна центрифуга FZHu-1000 належить до високошвидкісного обладнання роторного типу з циклічним режимом роботи, яке використовується на підприємствах цукрової галузі для відділення кристалів цукру від міжкристалічної рідини - меляси. Під час функціонування машина зазнає значних динамічних навантажень, працює в умовах інтенсивних вібрацій і постійного чергування процесів розгону та гальмування.

Ремонт такого обладнання має низку специфічних особливостей. Насамперед це пов'язано зі значною масою ротора, необхідністю його високоточного балансування, дотриманням співвісності складових елементів і забезпеченням точного монтажу підшипникових вузлів. Оскільки маса ротора разом із валом може досягати 700–1000 кг, виконання ремонтних операцій потребує застосування вантажопідіймальної техніки, спеціалізованих стендів, пристроїв для центрування та обладнання для проведення динамічного балансування.

Забезпечення працездатності та ефективної експлуатації центрифуг FZHu-1000 ґрунтується на комплексній системі технічного обслуговування, яка включає планово-попереджувальні ремонти, використання сучасних автоматизованих засобів контролю та неухильне виконання вимог експлуатаційної документації.

Під ремонтоздатністю центрифуги розуміють можливість відновлення її функціональних характеристик шляхом проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт. Для цього передбачено багаторівневу систему поточних ремонтів.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту		
Розроб.		Свирид.О.І.					
Перевір.		Пилипець О.М.					
Рецензент							
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						41	38
					ФМТ, каф. ОХ, МО-41		

Перший рівень поточного ремонту виконується після завершення виробничого сезону. У межах цього ремонту здійснюють часткове розбирання підвісного механізму, завантажувального пристрою та запірного вузла барабана, очищують елементи конструкції, ремонтують підшипники, вентилі й циліндри, виконують балансування ротора та замінюють фільтрувальні сита. Крім того, через встановлені інтервали напрацювання проводять періодичне технічне обслуговування, під час якого контролюють стан валу, підшипників, демпферів та електропривода, перевіряють биття ротора, здійснюють його балансування і замінюють мастило.

Другий рівень поточного ремонту охоплює весь комплекс робіт першого рівня та додатково передбачає повне очищення і повторне змащування підшипників кочення із заміною до половини їх кількості новими елементами. Також виконуються складніші операції з балансування. До середнього ремонту належать заміна підшипників, відновлення муфти, перевірка геометричних параметрів валу, балансування ротора та ремонт гальмівного обладнання.

Третій рівень поточного ремонту включає всі попередні заходи, а також проведення статичного і динамічного балансування, шабрування поверхонь у разі значного спрацювання та відновлення пневмоциліндрів із заміною окремих деталей. Під час капітального ремонту обладнання повністю демонтують, виконують дефектацію вузлів, замінюють зношені компоненти, відновлюють посадкові місця, ремонтують вал і ротор, перевіряють співвісність конструкції та проводять післяремонтні випробування.

Міжремонтне обслуговування передбачає систематичний контроль роботи привода, стану систем змащування й охолодження, перевірку надійності кріпильних елементів та усунення незначних несправностей. Щозмінне технічне обслуговування виконується оператором перед початком роботи та після завершення зміни. До його складу входять очищення центрифуги, огляд ротора, контроль рівня вібрацій, вимірювання температури підшипників, перевірка роботи привода, огляд муфти та кріплень, а також контроль функціонування системи змащення.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу під час експлуатації необхідно приділяти появі сторонніх звуків, нерівномірності обертання ротора, підвищеним вібраціям та перегріванню підшипникових вузлів. Перевищення температурою підшипників позначки 80 °С може свідчити про недостатню кількість мастила, перевантаження механізму, порушення співвісності або дефекти елементів кочення.

Для скорочення часу простою обладнання рекомендується підтримувати запас найважливіших комплектуючих, зокрема роторів, валів, гідромуфт, механізмів підйому ножів та клапанів.

Результативність роботи центрифуг визначається не лише їх продуктивністю, а й рівнем енергоспоживання.

Одним із найефективніших шляхів підвищення економічності є використання автоматизованих систем частотного регулювання електропривода на базі перетворювачів частоти, що дозволяє оптимізувати виробничий цикл і скоротити тривалість допоміжних операцій.

Зменшенню витрат електроенергії сприяє застосування електродвигунів із функцією рекуперації під час гальмування. У сучасних моделях це дозволяє знизити споживання електроенергії приблизно до 1 кВт·год на один цикл завантаження.

Підвищити вихід готової продукції дає змогу вдосконалення системи вивантаження. Зокрема, використання спеціальних ножів, які залишають на ситі шар цукру завтовшки не більше 1,0–1,2 мм, забезпечує зменшення втрат продукту та скорочення часу очищення сит.

Важливим напрямом модернізації є вдосконалення конструкції ротора. Застосування еліптичних отворів у його оболонці дозволяє приблизно на 40 % знизити максимальні внутрішні напруження, що позитивно впливає на довговічність вузла.

Надійність експлуатації значною мірою залежить від дотримання технологічної дисципліни. Необхідно забезпечувати рівномірне завантаження утфелю, контролювати температуру підшипників у межах 60–65 °С та уникати роботи на надмірних швидкостях.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для центрифуг FZHu-1000 з діаметром ротора 1000 мм встановлено орієнтовні експлуатаційні показники. Разове завантаження утфелю становить близько 450 кг. Трудомісткість ремонтних робіт для моделі ACWW-1000 складає: для ремонту першого рівня - 27,4 люд.-год, другого - 45,5 люд.-год, третього - 53,6 люд.-год.

Для безперервної роботи цукрового підприємства продуктивністю близько 3000 т буряків за добу зазвичай необхідно шість центрифуг, одна з яких використовується як резервна.

Довговічність і надійність роботи обладнання визначаються правильністю експлуатації, своєчасністю проведення технічного обслуговування, якістю балансування, ефективністю привода, а також станом ротора та підшипникових вузлів. Найбільш інтенсивному зношуванню під час роботи піддаються підшипники, вал ротора, елементи підвісної системи, муфта, гальмівний механізм і завантажувальний пристрій.

Експлуатацію центрифуги необхідно здійснювати відповідно до внутрішніх регламентів підприємства, вимог інструкції з експлуатації, правил безпечної роботи з роторними механізмами та чинних норм охорони праці й промислової безпеки.

Перед введенням обладнання в роботу необхідно перевірити справність привода, стан підшипників, рівень мастила, надійність кріплень, якість балансування ротора, працездатність гальмівного механізму, герметичність корпусу, а також функціонування датчиків і систем автоматизації.

Запуск центрифуги повинен відбуватися поступово, із плавним збільшенням частоти обертання ротора.

Під час ремонту обов'язково проводять дефектацію основних вузлів, зокрема валу, ротора, підшипників, муфти, підвісних елементів і корпусу. Найпоширенішими дефектами є тріщини, деформації, корозійні пошкодження, спрацювання посадкових поверхонь, порушення балансування та втомне руйнування матеріалу.

Для виявлення прихованих пошкоджень застосовують сучасні методи неруйнівного контролю: ультразвукову діагностику, магнітопорошковий та капілярний контроль, а також аналіз вібраційних характеристик обладнання.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.1. Розробка загальної інструкції по ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

У процесі експлуатації підвісної центрифуги FZHu-1000 можуть виникати різноманітні відмови та несправності. Для кожного типу пошкоджень передбачено відповідні способи усунення, наведені в таблиці 3.1. Частина дефектів ліквідується шляхом регулювання або налаштування окремих вузлів, тоді як інші потребують виконання трудомістких ремонтно-відновлювальних робіт.

Таблиця 3.1 – Типові причини відмов центрифуги для цукрового утфелю FZHu-1000

Найменування неполадок, зовнішні прояви і додаткові ознаки	Імовірна причина	Способи усунення
1	2	3
При вмиканні кнопки керування сигнальна лампа не загоряється	1) Немає напруги в мережі 2) Перегоріла сигнальна лампочка 3) Несправний кінцевий вимикач блокування на осі кришки	Усунути дефект мережі Замінити сигнальну лампочку Перевірити або замінити кінцевий вимикач
Ротор центрифуги не набирає паспортних обертів, двигун гудить і нагрівається	Перегоріли обмотки двигуна, або є міжвиткове замикання	Перевірити та відремонтувати обмотки двигуна
Протікання води з труби промивання	Забились ущільнюючі поверхні пароводяного клапана	Клапан розібрати і прочистити

1	2	3
Цукор в роторі промивається нерівномірно	Неправильно відрегульовані, або забились форсунки промивки	Зняти і прочистити форсунки, відрегулювати кут розпилення та тиск.
Шток пневмоциліндра не переміщається	Не працюють пневмо-розподільвачі, або зрив манжет	Розібрати і прочистити пневмоциліндр. Замінити манжети.
Вібрація центрифуги під навантаженням	Неякісний тufель. Зацукрилось сито, або в ньому появились дірки	Добре промити та пропарити сито. Замінити сито.
Відбувається раннє ввімкнення слідуєчої швидкості	Розрегулювалось реле	Відрегулювати реле
Пересушування цукру	Налаштування реле часу не відповідає технологічним вимогам через зміну якості утфеля	Змінити налаштування реле

3.1.2. Розроблення технологічного процесу ремонту центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000

Попередній варіант дефектної відомості зазвичай оформлюють за два-три місяці до початку ремонту. Документ використовується для підготовки закупівель запасних частин, розроблення ремонтної документації та планування необхідних ресурсів. Після демонтажу обладнання складають уточнену відомість, до якої вносять додаткові дефекти, виявлені під час розбирання, а також перелік деталей, що потребують заміни. До її оформлення залучають представників відділу технічного контролю та фахівців служби головного механіка.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Оскільки для багатьох видів обладнання відсутні детально регламентовані технічні умови ремонту, особливого значення набуває якість складання дефектної документації. Саме тому під час розбирання всі деталі ретельно очищають, промивають, оглядають та вимірюють для своєчасного виявлення пошкоджень і проведення дефектації відповідно до чинних нормативних вимог.

Допустимий ступінь зношування деталей визначається їх конструктивними особливостями, матеріалом виготовлення, режимами термічної обробки та характером навантажень, які виникають під час експлуатації. Через різноманітність умов роботи обладнання встановити граничні величини спрацювання лише на підставі попереднього досвіду неможливо. Для кожної одиниці устаткування формується окрема дефектна відомість, яка є основним документом, що визначає обсяг і якість майбутнього ремонту.

Оформлення дефектної відомості здійснюється поетапно. Спочатку фіксуються несправності обладнання в цілому та визначаються найбільш доцільні способи їх усунення. Після цього детально описуються дефекти окремих вузлів із зазначенням деталей, які необхідно замінити або відновити.

Паралельно виконують дефектацію окремих елементів конструкції. Литі сталеві деталі, на яких виявлено тріщини або руйнування, можуть бути відновлені за допомогою зварювання. Невеликі чавунні елементи з подібними пошкодженнями, як правило, бракують, тоді як великогабаритні деталі допускається ремонтувати шляхом зварювання тріщин або встановлення штифтів.

Під час контролю технічного стану вибраковують:

- вали із залишковими деформаціями, тріщинами або іншими не виправними пошкодженнями;
- підшипники кочення зі зношеними доріжками кочення, пошкодженими роликами чи кульками, корозією або порушенням посадкових поверхонь;
- кріпильні вироби із зірваною різьбою;

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пружні кільця та шайби з ознаками залишкової деформації чи руйнування;
- шпонки з дефектами поверхні;
- пружини, на яких виявлено тріщини.

Якісно складена дефектна відомість значно спрощує організацію ремонтних робіт і виступає важливим доповненням до технологічної документації.

Після завершення дефектації виконують технічне опрацювання отриманих даних та готують комплект робочих креслень, необхідних для ремонту окремих деталей і всього агрегату. Відомість дефектів є базовим документом як з технічної, так і з економічної точки зору.

Ремонт вузлів розпочинається з їх демонтажу. Для цього розробляються схеми та карти розбирання, які визначають послідовність виконання операцій. Монтаж виконується у зворотному порядку порівняно з демонтажем, при цьому необхідно дотримуватись установлених вимог до складання.

Перед установленням підшипників їх звільняють від консерваційних матеріалів і промивають у бензині або нагрітому до 80 °С мінеральному маслі. Монтаж підшипників на вал і в корпус здійснюється відповідно до вимог технології складання. Послідовність складання шарикопідшипникового вузла наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. – Технологічна карта складання шарикопідшипникового вузла центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000.

№ п/п	Операції і переходи	Інструмент пристосування, матеріал	Технічні вимоги на складання	Професія і розряд робочого	Норма часу	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	від'єднати маслянки 24	гайковий ключ			2	
2	відгвинтити від корпусу шарикопідшипника пазову гайку	гайковий ключ		Слюсар II розряд		
	(11)					Арх.
КРБ 283.00.00.000 ПЗ						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
3	відгвинтити центробіжне кільце (5)	гайковий ключ				
4	відгвинтити регулювальні болти 30 з гайками 34 та шайбами 35	гайковий ключ				
5	відгвинтити болти 31 з шайбами 36	гайковий ключ				
6	Зняти кільце 8, опорне кільце 6, гумове кільце 14, нажимне кільце 7	молоток, оправка, лещата				
7	відгвинтити лабіринтову шайбу (9),	гайковий ключ		Слюсар II розряд	1,6	
8	Зняти радіальні манжети 21 з ущільненням 23	молоток, оправка, лещата				
9	відгвинтити болти 32 з шайбами 37	гайковий ключ				
10	зняти втулку 4 з кільцем 15	молоток, оправка		- // -	3,5	
11	зняти стопорне кільце 22	зйомник		- // -	2	
						Арк.
КРБ 283.00.00.000 ПЗ						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
12	зняти втулку 10 з підшипником 16 і стопорним кільцем 20	молоток, оправка, лещата				
13	зняти втулку 12	молоток				
14	зняти підшипник 17	зйомник	знімати підшипник без перекосу			
15	зняти втулку 19	молоток				
16	зняти стопорне кільце 18	молоток				
17	зняти підшипник 16	зйомник	знімати підшипник без перекосу			
18	зняття корпус шарикопідшипника (1)	зйомник				
19	Викрутити шпильку 13	рим-болт		- // -	1	
20	відгвинтити болти 33 з шайбами 38					
21	Зняти шарів стакан 2 з корпусу опори 3					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 283.00.00.000 ПЗ

Арк.

50

Після завершення ремонтних робіт обладнання монтують у виробничу лінію цукрового заводу. Далі виконують комплекс налагоджувальних операцій.

Перш за все проводять юстування центрифуги. При вертикальному положенні шпинделя та встановленому центрувальному пристрої барабан не повинен відхилятися від осі. Після регулювання всі гайки надійно фіксують.

Наступним етапом є налаштування контактів керування вивантажувальним механізмом. Відстань між лемішем і кришкою барабана, а також між лемішем і його дном повинна становити не менше 3 мм

Після цього перевіряють рівень мастила та працездатність усіх пневматичних систем, включаючи механізм підйому ковпака, гальмівний пристрій і центрувальний механізм запобіжника кришки.

Перед введенням машини в експлуатацію необхідно переконатися у:

- справності запобіжників і електричних ланцюгів;
- правильному положенні перемикачів;
- наявності робочого тиску в системі в межах 0,6–0,8 МПа;
- готовності барабана та вивантажувального механізму до роботи;
- відкритому положенні вентилів подачі води, пари та стисненого повітря.

Після завершення виробничого сезону в сі відкриті металеві поверхні необхідно покривати тимчасовими захисними матеріалами - мастилом, воском або консерваційною оливою. Якщо обладнання не експлуатуватиметься тривалий час, його консервують спеціальним антикорозійним складом КН. Для видалення захисного покриття використовують уайт-спірит або аналогічні розчинники.

3.1.3. Основні технічні вимоги до ремонту центрифугидля цукрового утфелю марки FZHu-1000

Першою операцією будь-якого ремонту є демонтаж обладнання. Після розбирання виконують очищення та миття деталей, визначають ступінь їх зношування, здійснюють відновлення або заміну пошкоджених елементів, проводять складання, змашування, фарбування корпусних деталей і

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завершальні випробування без навантаження та під робочим навантаженням.

Розбирання і складання центрифуги FZHu-1000 здійснюються відповідно до встановленого технологічного регламенту.

Якщо ремонт виконується без демонтажу обладнання з фундаменту, спочатку відключають електродвигун від мережі живлення, демонтують захисні огорожі, клинопасову передачу та від'єднують трубопроводи. Після цього переходять до розбирання вузлів, починаючи з тих деталей, які перешкоджають демонтажу інших елементів. Залежно від обсягу робіт розбирання може бути частковим або повним. Для виконання демонтажних операцій використовують механічні, гідравлічні та пневматичні знімачі.

Дрібні демонтовані деталі зберігають на пересувних стелажах або в спеціальних шафах із секціями. Під час розбирання не допускається нанесення будь-яких механічних пошкоджень елементам конструкції.

Після демонтажу всі деталі очищують від залишків продукції, мастильних матеріалів, бруду та старого лакофарбового покриття. Для цього застосовують механічне очищення, промивання в гасі або бензині та продування стисненим повітрям. Після висушування поверхні покривають тонким шаром мастила або технічного вазеліну.

Для видалення старої фарби використовують 10 %-й розчин каустичної соди, нагрітий приблизно до 70 °С. Після витримки протягом 8–10 годин фарбове покриття розм'якшується та легко видаляється.

Миття деталей здійснюють у гарячих водних розчинах із додаванням мийних компонентів: соди, пральних засобів, мильних розчинів, рідкого скла або трихлоретилену.

Якщо деталі підлягають тривалому зберіганню, їх додатково обробляють спеціальними лужними розчинами температурою 60–65 °С, після чого висушують, покривають консерваційним мастилом і загортають у промаслений папір.

На великих виробництвах для очищення деталей використовують автоматизовані конвеєрні мийні установки, де гарячий мийний розчин подається через форсунки під тиском 0,3–0,4 МПа.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3. Відомість дефектів

на середній ремонт центрифуги для цукрового утфелю
(середній, капітальний) (обладнання)

марки FZHu-1000 інв №2354 встановленого в

відділенні

№ п\п	Деталі які мають дефект	Дефект	Способи усунення	Необхідна кільк. запасних деталей матеріалів і		Тру до- міс- ткі- сть	Оцінка стану обладнання при здачі в ремонт
				Наймен- ування	Кількі- сть		
1	Сито	Досягнуто граничних розмірів	Замінити сито				
2	Вали	Зрізані кріпильні різьби Зімяті шпоночні пази Поломка вала	Нарізати різьбу на верстаті 16K20 Фрезерувати більші шпоночні пази Зварити вал або використати вставки компенсатори Виточити новий вал				
3	Підши- пники	Зноше- ність тіл кочення, поломка сепаратора	Замінити новим				

Арк.

КРБ 283.00.00.000 ПІЗ

53

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці 3.3.

5	Шпон- ки	Зріз або зминання шпонок	Замінити новими				
6	Втулки	Зношені посадочні поверхні	Замінити новими				
7	Кільця ущіль- нюючі	Пропус- кання мастила через знос	Замінити				
12	Манже- та	Те ж	Замінити				
13	Кріпи- льні деталі болти, гвинти	Зріз різьби Поломка	Нарізати плашкою з поперед. проточування м Замінити				
14	Гайки	Зріз різьби Замин різьби	Нарізати мітчиком з поперед. розсверл. Те ж Замінити				

За результатами дефектації всі деталі поділяють на три категорії:

- придатні до подальшої експлуатації без ремонту;
- такі, що можуть бути відновлені ремонтними методами;
- непридатні до використання та такі, що підлягають заміні.

Після усунення виявлених дефектів значна частина основних деталей

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може повторно використовуватися в роботі обладнання.

Вибір способу відновлення зношених елементів здійснюється з урахуванням економічної доцільності. Для ремонту застосовують регулювання посадок і зазорів, установлення ремонтних втулок та кілець, нарощування зношених поверхонь зварюванням, наплавленням або полімерними матеріалами з подальшою механічною обробкою, а також методи пластичного деформування. Остаточне рішення щодо способу відновлення приймають на підставі технічної ефективності та економічної вигоди.

3.2 Технологія виготовлення (ремонту) деталі.

3.2.1 Аналіз конструкції втулки підшипникового вузла центрифуги для цукрового утфелю моделі FZHu-1000 та вимог до його виготовлення

Підшипниковий вузол центрифуги для цукрового утфелю моделі FZHu-1000 призначений для передавання крутного моменту на шпindel. Важливим фактором його надійної роботи є точність з'єднання конічної поверхні втулки з конусом шпинделя, оскільки саме від цього залежить плавність і рівномірність обертання центрифуги.

Втулка (рисунок 3.1) є складовою частиною підшипникового вузла зазначеної центрифуги. У процесі експлуатації обладнання дана деталь працює в умовах значних змінних та динамічних навантажень, що висуває підвищені вимоги до її міцності та точності виготовлення.

За конструктивними ознаками та геометричною формою втулка належить до класу деталей типу «втулки» та відноситься до виробів середньої маси. Її конструкція включає циліндричні посадкові поверхні, призначені для монтажу підшипників. З цієї причини такі поверхні виготовляються з точністю за 6-м квалітетом і мають шорсткість поверхні $R_a = 0,32$. Для решти поверхонь передбачено шорсткість $R_z = 40$.

Матеріалом для виготовлення втулки обрано нержавіюча сталь 12X18H10T згідно з EN 10083-2. Відомості про її хімічний склад, а також механічні характеристики наведено в таблицях 3.4 та 3.5.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Хімічний склад нержавіюча сталь 12X18H10T згідно з EN 10083-2 у %.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
≤0.12	≤0.80	≤2.00	9.00-11.00	≤0.02	≤0.040	17.00-19.00

Таблиця 3.5. – Механічні властивості сталі 40 згідно з EN 10083-2 у стані поставки.

σ_s МПа	σ_m МПа	δ %	ψ %	a_k кг/см ²	HB
550	280	22	30	6	200

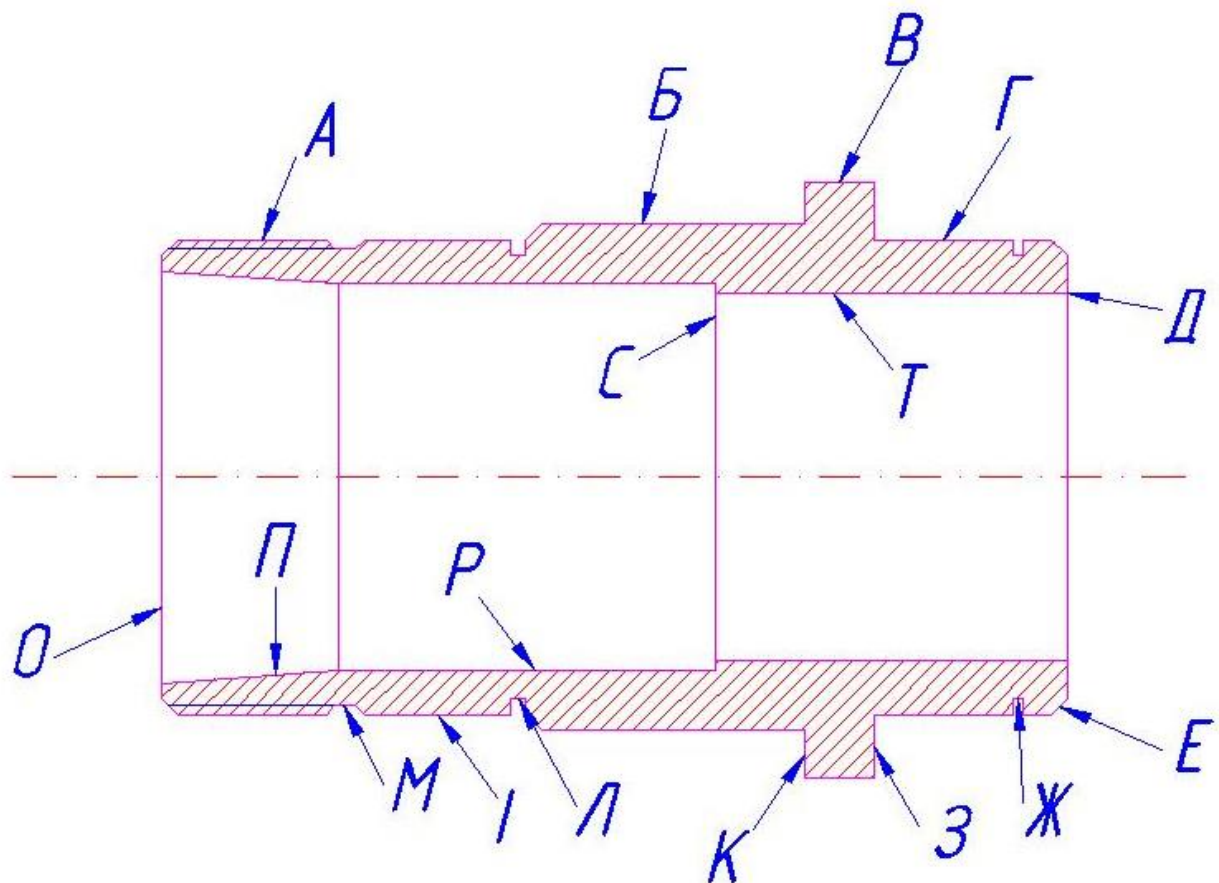


Рисунок 3.1. - Ескіз втулки з позначеними оброблюваними поверхнями.

Таблиця 3.6. Аналіз технічних вимог до оброблюваних поверхонь втулки підшипникового вузла центрифуги для цукрового утфелю моделі FZHu-1000

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
В, Д, Р, С, Т, З, О, П	Забезпечити точність по 9-12 квалітету і $R_z = 40$	Точіння чистове	Точність- штангенциркулем, Шорсткість- за зразками
Ж, Е, Н, Л, М,	Забезпечити точність по 6 квалітету, шорсткість $R_a = 0,63$	Точіння чистове	Точність- штангенциркулем, Шорсткість- за зразками- // –
А,	Точність 9-12 квалітету і Шорсткість $R_z 40$	Нарізання різьби	
Б, Г, І	Забезпечити точність по 6 квалітету, шорсткість $R_a = 0,32$	Шліфування	Шорсткість- за зразками

3.2.2 Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки деталі втулки підшипникового вузла центрифуги для цукрового утфелю моделі FZHu-1000.

Технологічний процес механічної обробки розробляють на основі конструкції заготовки з урахуванням типу виробництва та прийнятої форми його організації. Спочатку визначають поверхні деталі, що потребують оброблення, після чого для кожної з них підбирають способи обробки, здатні забезпечити необхідні показники точності та якості поверхні. Сукупність обраних операцій формує маршрут виготовлення деталі.

Опис технологічного процесу виконується поопераційно із зазначенням усіх переходів (таблиця 3.7).

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7. – Маршрут технологічного процесу механічної обробки втулки

№ операції.	Назва операції (переходу)	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Обладнання
005 установ А	Токарно-гвинторізна Встановити і закріпити заготовку 1. Підрізати торець Д 2. Проточити зовнішній діаметр В в розмір Ø180h8 на довжину L=83 мм. 3. Проточити пов. Г в розмір Ø155h8 мм. 4. Підрізати торець З в розмір 61 мм.	Д В Г З	Зовнішній поверхня заготовки А	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
установ Б	Токарно-гвинторізна 1. Підрізати торець О. 2. Проточити пов. Б в розмір Ø165 на довжину L=203 мм. 3. Підрізати торець К 4. Проточити пов. А в розмір Ø155 на довжину L=110 мм. 5. Розточити отвір Т в розмір Ø116. 6. Розточити отвір Р в розмір Ø122, підрізавши торець С. 7. Розточити конус П.	О Б, К А Т Б Р,С П	поверхня Г і торець Д	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
010 установ А	Токарно-гвинторізна чистова Встановити і закріпити заготовку 1. Проточити пов. Г в розмір Ø150 залишивши припуск під шліфування. 2. Проточити канавку Ж в розмір 3 мм. 3. Проточити фаску Е.	Г Ж Е	поверхня Б і торець О	Токарно-гвинторізний верстат 16K20

установ Б	Перевстановити деталь 1. Проточити пов. Б в розмір Ø160 залишивши припуск під шліфування. 2. Проточити пов. А в розмір Ø150 залишивши припуск під шліфування. 3. Проточити фаску Н. 4. Нарізати різьбу М150 5. Проточити канавку Л в розмір 3 мм. 6. Проточити канавку М в розмір 3 мм.	Б А Н	поверхня Г і торець Д	Токарно-гвинторізний верстат 16К20
015	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Г розмір Ø 150f7	Г	поверхня Б і торець О	Круглошліфувальний мод.3М153
020	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Б в розмір Ø 160f7. 2. Шліфувати поверхню К в розмір Ø 150f7.	Б К	поверхня Г і торець Д	Круглошліфувальний мод.3М153

3.2.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки.

Як приклад розглянемо розрахунок припуску для поверхні Г - посадкового місця під підшипник діаметром Ø150H6, для якого встановлено шорсткість поверхні $Ra = 0,32$.

Необхідну кількість переходів визначають за формулою:

$$n = \frac{\lg(\varepsilon)}{0,46} ;$$

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_o} ;$$

де T_z – допуск заготовки, мкм;

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

T_{∂} – допуск деталі, *мкм*;

ε – логарифмічне відхилення допуску, *мкм*;

Для діаметра $\varnothing 150$ мм:

$T_z = 630$ *мкм* для $\varnothing 150$ при IT 13;

$T_{\partial} = 25$ *мкм* для $\varnothing 150$ при IT 6.

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_{\partial}} = \frac{630}{25} = 25$$

Тоді ;

$$n = \frac{\lg(\varepsilon)}{0,46} = \frac{\lg(25)}{0,46} = 3$$

переходи.

Після підстановки значень отримуємо три технологічні переходи. Отже, досягнення заданої точності забезпечується виконанням таких операцій:

1. напівчистове розточування;
2. чистове розточування;
3. шліфування.

За довідковими таблицями [4] для кожного переходу визначаються параметри шорсткості, товщина дефектного шару, величина відхилень та похибка базування.

Для вихідної заготовки:

$Rz = 60$ *мкм*; $T = 630$ *мкм*. ([4] с.66 табл. 27).

Після чорнового точіння:

$Rz = 40$ *мкм*; $T = 80$ *мкм*..

Після чистового точіння:

$Rz = 20$ *мкм*; $T = 30$ *мкм* .

Після шліфування:

$Ra = 0,32$ *мкм*; $T = 25$ *мкм*. .

Величину просторового відхилення визначають за відповідною розрахунковою залежністю. Згідно з табличними даними [4] (с. 72, табл. 32), питоме відхилення становить певне значення в *мкм/мм*.

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2} ;$$

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_k = 0,7_{\text{мкм/мм}}, \quad ([4] \text{ с.72 табл. 32}).$$

Для довжини контрольованої ділянки $l=45$ мм розраховується сумарне відхилення поверхні.

$$\rho_k = L \cdot \Delta_k = 45 \cdot 0,7 = 31,5_{\text{мкм}};$$

$$\rho_y = 0,25_{\text{мм}} \quad ([4] \text{ с.73 табл. 33}).$$

У результаті обчислень отримують значення відхилень для:

- заготовки;

$$\rho = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2} = \sqrt{31,5^2 + 250^2} = 252_{\text{мкм}};$$

- поверхні після чорнового точіння;

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho = 0,06 \cdot 252 = 15,1_{\text{мкм}};$$

- поверхні після чистового точіння

$$\rho_1 = 0,04 \cdot \rho = 0,04 \cdot 251 = 10,1_{\text{мкм}};$$

Похибку базування приймають за довідковими даними для самоцентрувального патрона ([4], с. 76, табл. 18).

На основі одержаних параметрів виконують розрахунок мінімальних припусків для кожного етапу обробки:.

чорнового точіння

$$2 \cdot z_{\min 1} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2 \cdot (60 + 630 + 252) = 2 \times 942_{\text{мкм}}.$$

чистового точіння

$$2 \cdot z_{\min 2} = 2 \cdot (40 + 80 + 15,1) = 2 \times 135,1_{\text{мкм}}.$$

Шліфування

$$2 \cdot z_{\min 3} = 2 \cdot (15 + 25 + 10,1) = 2 \times 50,1_{\text{мкм}}.$$

Далі визначаються розрахункові діаметри після кожного переходу, а також найменші граничні розміри оброблюваної поверхні. На підставі цих значень встановлюють мінімальні та максимальні припуски між суміжними операціями і знаходять номінальний припуск на обробку..

$$d_{p1} = 150,78 - 2 \cdot 0,942 = 150,7_{\text{мм}};$$

$$d_{p2} = 150,7 - 2 \cdot 0,0135 = 150,51_{\text{мм}};$$

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{p3} = 150,51 - 2 \cdot 0,501 = 150,41_{\text{мм.}}$$

$$d_{\min 1} = 151,41 - 0,78 = 150,62_{\text{мм.}}$$

$$d_{\min 2} = 150,51 + 0,22 = 150,73_{\text{мм.}}$$

$$d_{\min 3} = 150,7 + 0,087 = 150,78_{\text{мм.}}$$

$$d_{\min 4} = 150,87 + 0,035 = 150,90_{\text{мм.}}$$

$$2 \cdot z_{\max 1} = 150,73 - 149,62 = 2,11_{\text{мм.}}$$

$$2 \cdot z_{\max 2} = 150,78 - 150,73 = 0,5_{\text{мм.}}$$

$$2 \cdot z_{\max 3} = 150,90 - 150,78 = 0,12_{\text{мм.}}$$

$$2 \cdot z_{\min 1} = 150,51 - 149,41 = 1,1_{\text{мм.}}$$

$$2 \cdot z_{\min 2} = 150,7 - 150,51 = 0,19_{\text{мм.}}$$

$$2 \cdot z_{\min 3} = 150,87 - 150,7 = 0,17_{\text{мм.}}$$

$$z_{\text{ном}} = z_{\min} + ei_{i-1} + ei_i = 1640 + 35 + 87 + 220 = 1982_{\text{мкм.}}$$

Для всіх інших поверхонь втулки підшипникового вузла центрифуги FZHu-1000, призначеної для переробки цукрового утфелю, значення припусків і допусків приймаються відповідно до вимог ГОСТ 7505–89.

Підсумкові результати розрахунків припусків і допусків для всіх оброблюваних поверхонь втулки наведено в таблиці 3.8 «Зведена таблиця припусків і допусків на обробку деталі втулки підшипникового вузла центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю».

Таблиця 3.8 «Зведена таблиця припусків і допусків на обробку деталі втулки підшипникового вузла центрифуги марки FZHu-1000 для цукрового утфелю»

Поверхня	Розмір, мм	Припуск, мм		Допуск мкм
		табличний	розрахунковий	
О, Д, З	Торці	2*2,5	--	630
Г	Ø150Н6	-	2*1,982	630
А, І	Ø150	2*4,5	--	630
Б	Ø160	2*4,5	--	870
В	Ø188	2*4,5	--	65
Е, Н	Фаски	4,5	--	740

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ		Арк.
							62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 3.9. – Зведена таблиця припусків і допусків поверхні Ø 150 Н6.

Технологічні переходи обр. поверхні.	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ мм	Розрахунковий розмір d_p мм	Допуск δ , мм	Граничні розміри, мм		Граничні значення при пусках, мм
	Rz	T	ρ	Квалітет.				d_{min}	d_{max}	
					$2Z_{min}$ мм	d_p мм	d_{min}			
Заготовка	60	630	252	13	—	149,41	780	149,62	149,41	—
Точіння чорнове	40	80	15,1	11	942	150,51	220	150,73	150,51	2110
Точіння чистове	20	30	10,1	9	135,1	150,7	87	150,78	150,7	500
Шліфування	15	25	—	6	50,1	150,90	35	150,90	150,87	120
Всього									2730	1460

3.2.4 Розрахунок режимів різання по операціях

Розрахунок параметрів різання для окремих переходів технологічного процесу виконується аналітичним методом на прикладі операції 005 - токарно-гвинторізної обробки.

Детальний розрахунок проводиться для поверхні діаметром $\varnothing 150H6$. Для інших операцій і переходів параметри режимів різання приймаються згідно з нормативно-довідковими матеріалами.

Вихідні дані

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Матеріал заготовки: труба зі нержавіючої сталі 12X18H10T.

Різальний інструмент:

- для чорнової обробки - прохідний упорний різець із твердосплавною пластиною T15K6;

- для чистової обробки - прохідний упорний різець із ріжучою частиною з матеріалу T15K6.

Спосіб закріплення заготовки: трикулачковий патрон.

Визначення глибини різання

Загальний припуск на механічну обробку становить 2,5 мм. Оскільки необхідно залишити шар металу під подальше шліфування величиною 0,25 мм, глибина різання для токарних переходів приймається такою:

- при чорновому точінні:

$$t = 2,5 - 0,25 = 1,75 \text{ мм};$$

- при чистовому точінні:

$$t = 0,25 \text{ мм}.$$

Вибір подачі

Відповідно до рекомендацій довідника [5] (табл. 13, с. 268), міцність твердосплавної пластини допускає використання подачі до:

$$S = 2,6 \text{ мм/об} \text{ ([5] табл.13, с.268)}.$$

Для забезпечення необхідної якості поверхні з шорсткістю $R_z=20R_z$ при чистовому точінні рекомендоване значення подачі становить: $S = 0,6 \text{ мм/об}$; ([5]

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

табл.14, с.268).

Після узгодження з паспортними характеристиками верстата остаточно приймаються такі значення:

- чорнове точіння $S = 0,8 \text{ мм/об}$;
- чистове точіння $S = 0,6 \text{ мм/об}$.

Розрахунок швидкості різання

Швидкість різання визначається за розрахунковою залежністю:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v;$$

де C_v , x , y , m – емпіричні коефіцієнти;

T – період стійкості ынструмента;

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Згідно з даними [5] (табл. 17, с. 269), для чорнового та чистового точіння приймаються:

$$C_v = 350;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,35;$$

$$m = 0,2.$$

Для одноінструментної обробки стійкість різця знаходиться в межах 30–60 хв. У розрахунках приймається:

$$T = 50 \text{ хв.}$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv};$$

$$K_{mv} = K_2 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} \quad (\text{табл.1, с. 261, [5]}).$$

$$K_2 = 0,95 \quad (\text{табл.2, с. 262, [5]}).$$

$$n_v = 1,0 \quad (\text{табл.2, с. 262, [5]}).$$

$$K_{nv} = 1,0 \quad (\text{табл.5, с. 263, [5]}).$$

$$K_{uv} = 1,0 \quad (\text{табл.6, с. 263, [5]}).$$

$$K_{mv} = K_2 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{640} \right)^1 = 1,11$$

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1,11 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,11.$$

Після підстановки вихідних параметрів отримують швидкість різання:
для чорнового точіння

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,75^{0,15} \cdot 0,8^{0,35}} \cdot 1,11 = 200,9 \text{ м/с;}$$

для чистового точіння

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{350}{50^{0,2} \cdot 0,25^{0,15} \cdot 0,8^{0,35}} \cdot 1,11 = 238,3 \text{ м/с.}$$

Визначення частоти обертання шпинделя

Частота обертання шпинделя обчислюється за стандартною формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ об/хв;}$$

Де V - швидкість різання, м/хв;

D - діаметр оброблюваної поверхні, мм.

У результаті розрахунків визначаються:

для чорнового точіння

$$n = \frac{1000 \cdot 200,9}{3,14 \cdot 150} = 1230,4$$

для чистового точіння

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 238,3}{3,14 \cdot 150} = 1459,4 \text{ об/хв.}$$

Фактична швидкість різання.

З урахуванням прийнятих паспортних значень частоти обертання визначається фактична швидкість різання:

при чорновій обробці

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 1230,4}{1000} = 200,8 \text{ м/с;}$$

при чистовій обробці

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 150 \cdot 1459,4}{1000} = 238,2 \text{ м/с.}$$

Визначення потужності різання

Необхідна потужність процесу різання розраховується за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60};$$

де:

P_z - тангенціальна складова сили різання, Н;

V - фактична швидкість різання.

Після визначення сили різання обчислюється потужність, потрібна для виконання як чорнового, так і чистового точіння. Отримані значення використовуються для перевірки відповідності режиму різання потужності приводу верстата.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p;$$

$$C_p = 300; x = 1; y = 0,75, n = -0,15 \quad (\text{табл.22, с. 273 [5]}).$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\varepsilon p};$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n; \quad n = 0,75 \quad (\text{табл.9, с. 264 [5]}).$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{640}{750} \right)^{0,75} = 0,89;$$

$$K_{\phi p} = 0,89 \text{ - чорнове розточування, } K_{\phi p} = 1 \text{ - чистове розточування.}$$

$$K_{\gamma p} = 1,1;$$

$$K_{\lambda p} = 1; K_{\varepsilon p} = 1 \quad (\text{табл.23, с. 275 [5]}).$$

Тоді

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 200,9^{-0,15} \cdot 0,87 = 740 \text{ Н;}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0,25^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 238,3^{-0,15} \cdot 0,97 = 263 \text{ Н.}$$

Визначення потужності різання та норм часу

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

У результаті розрахунків потужність, необхідна для виконання обробки, становить:

- при чорновому точінні

$$N = \frac{P_{z1} \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{740 \cdot 200,9}{1020 \cdot 60} = 2,43 \text{ кВт};$$

- при чистовому точінні

$$N = \frac{P_{z1} \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{263 \cdot 238,3}{1020 \cdot 60} = 1,02 \text{ кВт}.$$

Потужність, яку може передати шпиндель верстата, дорівнює:

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}.$$

Оскільки фактична потужність приводу шпинделя перевищує розраховану потребу процесу різання, обраний верстат забезпечує виконання даної операції без перевантаження.

Після завершення токарної обробки посадкову поверхню піддають шліфуванню абразивним кругом типорозміру 40×50×13 марки 25А. Операцію виконують до досягнення необхідної якості поверхні з шорсткістю Ra=0,32.

Для решти поверхонь деталі параметри режимів різання приймають за довідковими матеріалами та узагальнюють у таблиці 2.10.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 3.10 Зведена таблиця режимів різання по операціях.

№ п/п	Назва операції, переходу, позиції	Пере- хід	L , мм	t , мм	S_p , мм/об	n , об/хв	V , м/хв, м/с	Час різання , T_0 хв	По- дача, S_m , мм/хв
005 уст А	Токарно- гвинторіз на	1	7	1,0	0,8	315	159,7	0,65	252
		2	83	0,5	0,8	315	189,9	0,53	252
		3	61	0,5	1,0	210	125,9	0,45	210
		4	3	0,6	0,6	315	169,1	0,34	189
уст Б		1	7	0,5	0,6	315	188,9	0,26	189
		2	203	0,5	0,8	210	171,4	0,65	168
		3	6	1,0	0,6	210	131,9	0,72	126
		4	110	0,1	0,6	315	116,6	3,2	189
		5	111	0,5	0,8	210	114,2	3,4	168
		6	119	5	0,32	295	12,0	4,20	245
		7	56	1	0,48	280	7,0	1,7	189
010 уст А уст Б	Токарно- гвинторіз на	1	61	5	0,34	180	6	3,2	168
		2	3	8	0,32	295	12,0	4,20	245
		3	3	1	0,48	280	7,0	1,7	189
		1	88	5	0,34	180	6	3,2	168
		2	110	5	0,32	315	116,6	3,9	56
		3	3	0,5	0,32	146	29,9	3,9	56
		4	54	0,5	0,8	315	189,9	0,53	252
		5	3	0,5	1,0	210	125,9	0,45	210
		6	3	0,6	0,6	315	169,1	0,34	189
015	Кругло- шліфувал ьна	1	61	5	0,34	180	6	3,2	245
020	Кругло- шліфувал ьна	1	110	8	0,6	180	6	4,2	245
		2	54	5	0,34	180	6	3,2	245

3.2.5 Технічне нормування розробленого технологічного процесу.

Визначення норм часу для операції 005 здійснюється розрахунково-аналітичним методом, характерним для умов одиничного виробництва. Для інших операцій використовують нормативні дані, наведені в джерелі [4].

Спочатку обчислюється основний технологічний час за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S}, \text{ хв}$$

L - розрахункова довжина проходу інструмента;

S - подача, мм/об;

n - частота обертання шпинделя, об/хв.

Для даного переходу:

довжина оброблюваної поверхні l=61 мм;

кількість проходів різця i=1;

враховується величина врізання інструмента;

у розрахунок також входить кут загострення різальної частини.

Після визначення основного часу розраховується норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_0 + t_0 + t_{обсл} + t_{відп}$$

де T_0 – сновний технологічний час;

t_0 – допоміжний час;

$t_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{відп}$ – час на відпочинок та особисті потреби працівника.

Відповідно до нормативних даних [4] приймаються такі складові допоміжного часу:

встановлення та закріплення заготовки $t_{уст.з}=0,1\text{хв}$

встановлення або заміна інструмента $t_{уст}=0,14\text{хв}$;

час на керування верстатом $t_{yn}=0,12\text{ хв}$;

час, необхідний для контролю розмірів деталі, також приймається за довідковими таблицями. $t_{вим}=0,08\text{ хв}$;

Сумарний допоміжний час знаходять додаванням усіх зазначених складових:

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{дон}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{уст.з}} + t_{\text{ун}} + t_{\text{вим}} = 0,14 + 0,12 + 0,08 + 0,1 = 0,44 \text{ хв}$$

Після цього визначається оперативний час:

$$T_{\text{он}} = T_{\text{дон}} + T_0 = 0,44 + 3,6 = 4,04 \text{ хв.}$$

Час, відведений на обслуговування робочого місця, встановлюють як частку від оперативного часу згідно з нормативами.

$$T_{\text{обсл}} = 4\% T_{\text{он}} = 0,04 \cdot 4,04 = 0,16 \text{ хв}$$

Аналогічно визначається час на відпочинок і природні потреби працівника.

$$T_{\text{відп}} = 4\%; T_{\text{он}} = 0,16 \text{ хв}$$

З урахуванням усіх складових отримують норму штучного часу для операції:

$$T_{\text{шт}} = 4,04 + 0,16 + 0,16 = 4,36 \text{ хв}$$

Далі обчислюється підготовчо-заклучний час:

$$T_{\text{п.з.}} = 24 \text{ хв}$$

Для серійного виробництва штучно-калькуляційний час визначають за формулою:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{к}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}$$

де n - кількість деталей у партії.

Розраховане значення штучно-калькуляційного часу для токарної операції приймається відповідно до нормативів [4] (с. 173, табл. 1).

Усі отримані результати розрахунків заносяться до відповідної таблиці. Норми часу для інших операцій технологічного процесу визначаються за нормативними довідниками [4] та також зводяться в загальну таблицю.

Підсумкові дані наведено в таблиці 3.11 «Розрахунок штучного часу за операціями технологічного процесу».

Таблиця 3.11. – Розрахунок штучного часу по операціях технологічного процесу.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика шліфувального верстату 3М153.

Найбільший діаметр заготовки, мм	140	500
Найбільша довжина заготовки, мм		
Найбільший діаметр отвору, що шліфується, мм	550	
Найбільші розміри шліфувального круга, мм		
Межі частоти обертання шпинделя Min об / хв	10	
Межі частоти обертання шпинделя Max об / хв	1900	
Клас точності верстата по ГОСТ 8-82, (Н, П, В, А, С) П		
Частота обертання шпинделя бабки виробу, об / хв 0		
Потужність двигуна кВт		
5.5		
Габарити верстата (мм)		
2150*1500*1950		
Маса, кг 4000		

3.3. Обґрунтування вибору та розрахунок технологічного оснащення.

3.3.1 Розрахунок основних ремонтних пристосіблень.

Центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000 є складною роторною машиною, ремонт якої потребує використання спеціального технологічного оснащення, підйомно-транспортних механізмів, контрольно-вимірювальних приладів та пристроїв для балансування. Вибір технологічного оснащення визначається: конструктивними особливостями центрифуги; масою ротора; габаритними розмірами вузлів; точністю монтажу; умовами ремонтного виробництва; вимогами техніки безпеки.

Згідно з методиками організації ремонтного виробництва, технологічне оснащення повинно забезпечувати: скорочення трудомісткості ремонту; підвищення точності складання; безпечне виконання робіт; мінімізацію простоїв обладнання; зменшення пошкодження деталей під час демонтажу та монтажу.

Для ремонту центрифуги FZHu-1000 найбільш відповідальними операціями є: демонтаж ротора; заміна підшипників; балансування ротора; центрування валу; монтаж приводу; контроль геометричних параметрів.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000 характеризується наявністю значної кількості деталей у спраженнях. Для проведення ремонтних і монтажних робіт часто виникає необхідність у складанні і розбиранні вузлів у спраженнях. Для проведення ремонтно-монтажних робіт слід використати пристосіблення, пневматичний прес.

В зв'язку з тим, що спраження підшипників кочення в парі з корпусною деталлю чи валом, а також втулок з валами чи корпусними деталями застосовуються в основному посадки з натягом, то доцільним є застосування відповідних пристосіблень. В нашому випадку – це прес пневматичний.

В системах автоматичного регулювання технологічних процесів широкого розповсюдження отримали виконавчі механізми, в яких перестановче зусилля створюється тиском системного повітря в робочій порожнині на поршень.

Розрахунок преса пневматичного зводиться до визначення діаметра поршня при заданих технологічних параметрах робочого середовища.

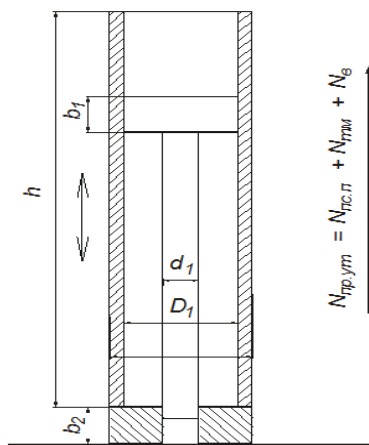


Рисунок 3.2. Розрахункова схема.

Вихідні дані до розрахунків:

$N_{пс.п}$ - перестановчне зусилля в кінці прямого ходу штока

$N_{пс.п} := 4500$ (Н);

$P_{пит}$ - тиск живлення виконавчого механізму відповідно з ГОСТ 6540-68

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$p_{\text{пит}} := 24.2 \cdot 10^5 \text{ (Па);}$$

Розрахунок виконаємо в наступній послідовності.

Задаємо коефіцієнтом навантаженості k , який враховує зусилля активного опору [], і має наступне значення:

$$k := 1.05$$

Визначаємо попереднє значення зусилля, яке повинно розвиватися поршнем за наступною формулою:

$$N_{\text{пор}} := k \cdot N_{\text{пс.п}} \quad N_{\text{пор}} = 4725 \quad (\text{Н})$$

Задаємо тиском в вихлопній порожнині механізму, значення якого рекомендується приймати в межах 0,02...0,06 МПа .

Приймаємо: $p_{\text{в}} := 0.2 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$

Визначаємо попереднє значення діаметра поршня:

$$D_1 := 1.05 \cdot \sqrt{\frac{N_{\text{пор}}}{p_{\text{пит}} - p_{\text{в}}}} \quad D_1 = 0.04659 \quad (\text{м})$$

Отримане значення D_1 заокруглюємо до найближчого більшої величини згідно ГОСТ 6540-68.

Приймаємо діаметр циліндра $D_1 := 0.05 \quad (\text{м})$

Із співвідношення $d = (0,25...0,4)D$ визначаємо розрахунковий діаметр штока пневматичного елемента, він же є діаметром отворк присоски.

$$d_1 := 0.4 \cdot D_1 \quad d_1 = 0.02 \quad (\text{м})$$

Отримане значення d_1 заокруглюємо до найближчої величини згідно ГОСТ 6540-68.

Приймаємо: $d_1 := 0.02 \quad (\text{м})$

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Визначаємо сумарне зусилля активного опору N_{TM} за залежністю:

$$N_{TM} = N'_{TM} + N''_{TM}$$

де $N'_{TM} = 0.1 \pi \cdot \mu \cdot p_2 \cdot b_1 \cdot n \cdot D$

μ - коефіцієнт тертя $\mu := 0.15$

p_2 - радіальний тиск кільця [3]:

$$p_2 := 7 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$$

b_1 - ширина кільця

$$b_1 := 0.005 \text{ (м)}$$

n - число кілець

$$n := 3$$

$$N'_{TM} := 0.1 \pi \cdot \mu \cdot p_2 \cdot b_1 \cdot n \cdot D_1$$

$$N'_{TM} = 24.74 \text{ (Н)}$$

При проведенні обчислень для штока:

$$N''_{TM} = 0.1 \pi \cdot \mu \cdot p_2 \cdot b_2 \cdot n \cdot d$$

Тут:

$$b_2 := 0.006 \text{ (м)}$$

$$d_1 = 0.02 \text{ (м)}$$

$$N''_{TM} := 0.1 \pi \cdot \mu \cdot p_2 \cdot b_2 \cdot n \cdot d_1$$

$$N''_{TM} = 11.88 \text{ (Н)}$$

$$N_{TM} := N'_{TM} + N''_{TM}$$

$$N_{TM} = 36.62 \text{ (Н)}$$

Розраховуємо ефективну площу поршня:

Для безштокової порожнини площу розрахуємо за формулою:

$$F_e := \frac{\pi}{4} \cdot D_1^2$$

Для штокової порожнини:

$$F_{e.ш} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - d_1^2)$$

Тут : D_1 - діаметр циліндра;
 d_1 - діаметр штока.

$$F_e := \frac{\pi}{4} \cdot D_1^2 \qquad F_e = 0.0019635 \quad (м^2)$$

$$F_{e.ш} := \frac{\pi}{4} \cdot (D_1^2 - d_1^2) \qquad F_{e.ш} = 0.0016493 \quad (м^2)$$

Знайдемо зусилля протитиску на вихлоп для безпружинних механізмів:

$$N_B := p_B \cdot F_{e.ш} \qquad N_B = 32.99 \quad (Н)$$

Визначаємо уточнене значення зусилля, розвиненого поршнем

$$N_{пр.ут} := N_{пс.п} + N_{тм} + N_B \qquad N_{пр.ут} = 4569.6 \quad (Н)$$

- Вибір підіймально-транспортного обладнання.

Для демонтажу та монтажу ротора необхідно вибрати вантажопідіймальний механізм.

Вантажопідйомність визначається:

$$Q = k \cdot m$$

де: m - маса вузла;

k - коефіцієнт запасу.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо:

- маса ротора $m=1000$ кг;

- коефіцієнт запасу $k=1,5$.

Тоді:

$$Q=1,5 \cdot 1000$$

$$Q=1500 \text{ кг}$$

Отже, для ремонтних робіт доцільно використовувати: електричну таль вантажопідйомністю 2 т; мостовий кран; консольний кран.

Для безпечного виконання робіт рекомендується використання: текстильних строп; балансирних траверс; напрямних фіксаторів ротора.

3.3.2. Підбір основних технічних засобів вимірювання

Для контролю точності виготовлення циліндричних поверхонь застосовується контрольно-вимірне пристосування, яке являє собою пристрій для вимірювання радіального биття. Дане пристосування є спеціально розробленим для валів ротора центрифуг. Контрольований вал встановлюється на опори 5 і 6. Після того здійснюється його фіксування центрами 3 і 4. Вимірювання здійснюється індикаторними головками 13, які встановлюються на кронштейни 14 і фіксуються спеціальними гвинтами 12. В процесі перевірки здійснюється обертання вала, при якому знімаються покази з індикаторних головок.

- Вивірка і центрування центрифуги цукрового утфелю марки FZHU-1000

В центрифугі на вертикальному валу обертається масивний ротор, в якому відбувається очистка цукру-піску. Для зменшення спрацювання підшипникових опор та інших деталей приводу ротора необхідно якомога точніше виконати роботи по вивірці центрифуги при встановленні її на фундамент.

Оскільки центрифуга встановлюється на фундамент і прикручується до фундаменту, то найбільш доцільним буде застосування методу безвивірочного монтажу.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бетонні опори виконують прямо на фундаменті. Для виготовлення опор використовують бетонну суміш по ГОСТ 7473-85. Бетонні опори виготовляють будівельники по замовленню монтажної організації.

Бетонні опори повинні бути оснащені металевою пластиною, як правило з механічною обробкою опорної поверхні. Віддаль від пластини до краю бетонної подушки повинна бути не меншою 30 мм. Установку пластин із заданою точністю виконують монтажні організації.

Таблиця 3.12.– Матеріали та інструменти для монтажу центрифуги цукрового утфелю марки FZHU-1000

№п/п	Матеріали	к-сть	№ п/п	Інструменти	к-сть
1	Манжети 12х20 ГОСТ 6969-74	4	1	Рулетка 5 м	1
2	Римболти ГОСТ 7808-70	4	2	Домкрат гідравлічний телескопічний Т-56Б	1
			3	Нівелір	1
			4	Набір крейди для розмітки	1
			5	Ключ II 22-62 ГОСТ 9106-71	1

Для виготовлення жорстких опор в спеціальну опалубку на очищену і зволожену поверхню фундаменту завантажують порцію бетонної суміші до рівня, який перевищує заданий на 10-20 мм. Потім на м'який бетон вкладають пластину і легкими ударами молотка запресовують її до проектної відмітки.

При монтажі та технічному обслуговуванні центрифуги застосовуються матеріали та інструменти, до яких відносяться: рулетка, нівелір, домкрат, рівень, римболти, слюсарно-монтажні інструменти. Оскільки котел встановлюється безпосередньо на фундаменті, то вибираємо відповідний інструмент (таблиця 3.12)

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження конструкції, умов експлуатації, технології ремонту та виготовлення вузлів центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000. Поставлені завдання роботи виконані в повному обсязі, а отримані результати підтверджують доцільність запропонованих конструкторських і технологічних рішень.

1. У результаті аналізу технічної літератури, нормативної документації та патентних матеріалів встановлено, що основними проблемами експлуатації центрифуг для цукрового утфелю є інтенсивне спрацювання підшипникових вузлів, виникнення вібрацій через порушення співвісності ротора та вала, а також значні витрати часу на виконання ремонтних робіт. Проведений патентний пошук показав актуальність удосконалення конструкції опорних вузлів, застосування сучасних методів діагностування та підвищення ремонтпридатності обладнання.

2. У конструкторському розділі виконано проєктування та обґрунтування конструкції вузла центрифуги марки FZHu-1000. Запропоновані технічні рішення спрямовані на підвищення надійності роботи підшипникового вузла та забезпечення стабільної роботи ротора при значних динамічних навантаженнях. Обґрунтовано вибір матеріалів деталей та конструктивних параметрів основних елементів вузла.

3. Виконані інженерні розрахунки підтвердили працездатність і достатню міцність спроектованої конструкції. Розраховані навантаження не перевищують допустимих значень для прийнятих матеріалів, що забезпечує необхідний запас міцності та надійну експлуатацію обладнання в умовах цукрового виробництва.

4. Кінематичний та силовий аналіз показав, що запропонована конструкція забезпечує стабільну передачу крутного моменту на ротор центрифуги та рівномірність його обертання. Розрахунки підтвердили

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ		
ЗМН	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Свирид.О.І.			Висновки	Лім.	Арк.
Перевір.		ПилипецьО.М.					80
Рецензент							3
Н. Контр.		Кравець О.І.				ФМТ, каф. ОХ, МО-41	
Затверд.		Пилипець О.М.					

відповідність параметрів приводу умовам експлуатації та вимогам технологічного процесу центрифугування цукрового утфелю.

5. У технологічному розділі розроблено технологію технічного обслуговування та ремонту центрифуги марки FZHu-1000. Сформовано загальну інструкцію з ремонту, визначено послідовність виконання ремонтних операцій та встановлено основні технічні вимоги до відновлення працездатності обладнання.

6. Проведено аналіз конструкції втулки підшипникового вузла та розроблено технологічний процес її виготовлення. Для деталі обґрунтовано вибір матеріалу – сталі 40 за стандартом EN 10083, вибрано заготовку, розраховано припуски на механічну обробку, міжопераційні розміри та режими різання. Для посадкової поверхні Ø150H6 забезпечено досягнення точності за 6-м квалітетом та шорсткості поверхні $Ra = 0,32$ мкм.

7. Встановлено, що для отримання заданих параметрів точності доцільно використовувати послідовність операцій: напівчистове розточування, чистове розточування та шліфування. Розраховані режими різання та норми часу підтвердили можливість виконання обробки на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16K20 без перевищення допустимих навантажень на привід верстата.

8. Обґрунтовано вибір технологічного обладнання, інструменту та технологічного оснащення. Розроблено спеціальне контрольно-вимірювальне пристосування для визначення радіального биття валів ротора, що дозволяє підвищити точність контролю та якість ремонтних робіт. Також виконано підбір засобів вимірювання та розрахунок допоміжних ремонтних пристроїв.

9. Техніко-економічна оцінка показала доцільність застосування запропонованих технологічних рішень. Використання розробленого технологічного процесу забезпечує скорочення трудомісткості ремонтних операцій, підвищення якості виготовлення деталей та зменшення ймовірності передчасного виходу обладнання з ладу.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження розроблених рішень на підприємствах цукрової промисловості, ремонтних і машинобудівних підприємствах. Запропоновані конструктивні та технологічні рішення сприяють підвищенню надійності підшипникових вузлів, збільшенню міжремонтного ресурсу центрифуги та зменшенню експлуатаційних витрат.

11. Результати роботи можуть бути використані не лише для центрифуг марки FZHu-1000, але й для аналогічного технологічного обладнання харчової, хімічної та переробної промисловості, де застосовуються високошвидкісні роторні машини з подібними умовами роботи.

12. Розроблений проєкт відповідає вимогам нормативних документів з охорони праці, виробничої санітарії, електробезпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Передбачені технічні й організаційні заходи забезпечують безпечне виконання монтажних, ремонтних та експлуатаційних робіт.

Отже, у результаті виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети – розроблено комплекс конструктивних, технологічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації, ремонту та виготовлення вузлів центрифуги для цукрового утфелю марки FZHu-1000, що підтверджує успішне вирішення всіх поставлених завдань.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Boyko I.V. Tekhnologichne obladnannya tsukrovyykh zavodiv. Kyiv: Osvita, 2019,
2. Ян Мартен де Брейн. Filtration principles and troubleshooting./Sugar Industry Journal, Vol. 147, No. 3, 2022.
3. Western States Machine Company. US Patent US8292734B2: Automatic batch centrifuge control, 2012.4 Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – К.: Вища школа, 1993. – 416 с.
- 5 Боженко Л.І. Технологія виробництва заготовок в машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко – К.: УМК.ВО, 1990. – 264 с.
- 6 Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 –Прикладна механіка, 133 –Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А.Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421с.
- 7 Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
- 8 Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
- 9 Паливода Ю. Є. Технологія оброблення зубастих коліс / Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. - Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2016. – 136 с.
- 10 Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 67 с.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ					
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань			Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Свирид.О.І.								
Перевір.		ПилипецьО.М.							83	3
Рецензент								ФМТ, каф. ОХ, МО-41		
Н. Контр.		Кравець О.І.								
Затверд.		Пилипець О.М.								

- 11 Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т.; справочник / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. Изд. 5-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 1. – 912 с. Т. 2. – 944 с.
12. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
- 13 Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
14. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Українець А.І. та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004.– 288 с.
15. Стадник І.Я. Обґрунтування параметрів надійності і довговічності машини статистичним моделюванням./ І.Я. Стадник, О.М.Пилипець, Ю. Паньків // Матеріали міжнародної наукової конференції “Іван Пулюй: життя в ім’я науки та України” (до 175-ліття від дня народження).Т. : ФОП Паляниця В. А., 2020. -С.101
16. Васильків В.В. Передумови розроблення комбінованих операцій виготовлення гвинтових і шнекових заготовок методом обробки металів тиском./ В.В.Васильків, М.І. Пилипець, Д.Л. Радик, О.М.Пилипець/ Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади». Луцький НТУ. Випуск 18, 2021/5. С.112-123. Галузь науки: технічні (17.03.2020) . Категорія: Б
17. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам’яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “, 2021. -с.13
18. Pylypets M. I. Designing uniformly loaded threaded connections M. I. Pylypets, O.M. Pylypets, V. R Pankiv Modern research in technical sciences: the impact of martial law in Ukraine (March 6–7, 2024. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024,-p.11-16.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

19. Пилипець О. М., Грабовський А. П. Технології вторинної переробки в контексті сталого розвитку машинобудування. Міжнародна науково-технічна конференція „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“, присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2025, - с.150.

20. Пилипець М., Пилипець О. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва. Міжнародна науково-технічна конференція присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин, Тернопіль, 2023, - с.13.

21. Свирид О., Костюк О. Застосування концепції Zero-Waste у виробництві цукру./ Матеріали ІХ Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, 2026.- с. 149-150.

22. Свирид О., Костюк О. Перспективи сталого розвитку харчової промисловості України./ Матеріали ХІІ Міжнародної студентської науково - практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» /Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 2026.- с. 346.

					КРБ 283.00.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		