

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

(назва освітнього ступеня)
на тему: Розрахунок та ремонт диспергатора маслоутворювача
марки МСО-100

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МО-41
спеціальності 133 галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Понятишин В.І. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Стадник І.Я. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Ворощук В.Я. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Марущак П.О. (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2025

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 27 » січня 2025 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 Понятишину Вадиму Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розрахунок та ремонт диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.

Керівник роботи Стадник Ігор Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2025 р. № 4/7-49

2. Термін подання студентом завершеної роботи « 18 » червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи паспорт маслоутворювача

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

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

Вступ. 1 Аналіз стану питань щодо маслоутворювача марки МСО-100 та визначення задач кваліфікаційної роботи. 1.1. Будова та принцип дії маслоутворювача марки МСО-100. 1.2. Аналіз патентних і літературних матеріалів щодо маслоутворювачів. 1.2.1. Конструкційний аналіз вузлів маслоутворювача (на прикладі диспергатора МСО-100). 1.2.2. Проблеми та напрямки вдосконалення диспергаторів маслоутворювачі 1.3 Мета і задачі дипломної роботи.. 2. Обґрунтування конструкції і розрахунки диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. 2.1. Проектування механізму приводу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. 2.1.1. Обґрунтування конструктивних рішень обертового механізму диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. 2.1.2. Конструкційний аналіз вузлів маслоутворювача, зокрема диспергатора. 2.2. Розрахунок на міцність валу диспергатора. 2.4. Використання смарт-технологій у ремонті та експлуатації диспергатора маслоутворювача МСО-100. 2.4.1. Методики аналізу даних, побудови графіків та діаграм засобами комп'ютерних технологій. 3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. 3.1. Основні технічні вимоги до ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100. 3.2. Організація ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100 та планово-попереджувальні ремонтні роботи. 3.2.1. Система планово-попереджувальних ремонтів для диспергатора МСО-100. 3.3. Розробка технології розбирання та складання диспергатора маслоутворювача МСО-100. 3.3.1 Експлуатація та технічне обслуговування диспергатора маслоутворювача МСО-100 після ремонту. 3.3.2. Розробка технологічного процесу механічної обробки валу диспергатора маслоутворювача МСО-100. 3.3.2.1. Службове призначення та характеристика вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. 3.3.2.3. Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки. 3.3.3. Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. 3.3.3.1. Визначення міжопераційних розмірів, припусків та допусків
4. Охорона праці. Загальні висновки до дипломної роботи. Перелік посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1 Монтажне креслення маслоутворювача марки МСО-100. Ф-А1; 2. Технологія такелажних, розміточних і регулювальних робіт при монтажі маслоутворювача-вотатора марки МСО-100. Ф-А1; 3. Диспергатор маслоутворювача-вотатора марки МСО-100. Складальне креслення Ф-А1; 4. Технологічна схема складання-розбирання диспергатора масоутворювача-вотатора марки МСО-100. Ф-А1; 5. Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки вала диспергатора маслоутворювача-вотатора марки МСО-100. Ф-А1; 6. Автомат для контролю зношування кулькових підшипників. Складальне креслення Ф-А1; 7. Графік планово-попереджувальних ремонтних робіт маслоутворювача-вотатора марки МСО - 100. Ф-А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	Комар Р.		
Нормоконтроль	Ворощук В.Я.		

7. Дата видачі завдання « 27 » січня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Вступ. 1 Загально-технічна частина. 1.1 Аналіз вихідної інформації для розробки дипломної роботи. Будова і принцип роботи маслоутворювача марки МСО-100. 1.2 Сучасні методи і засоби проведення технологічних процесів монтажних і ремонтних робіт для маслоутворювачаи МСО-100. 1.3 Мета і задачі дипломної роботи.</i>	14.02.2025р.	
2.	<i>2 Технологічна частина. 2.1 Особливості експлуатації маслоутворювача марки МСО-100. 2.2 Розроблення технологічного процесу монтажу маслоутворювача марки МСО-100.</i>	28.02.2025р.	
3.	<i>2.3 Розроблення технології ремонту і випробування маслоутворювача-вотатора марки МСО-100..</i>	30.02.2025р.	
4.	<i>3 Конструкторська частина. 3.1 Фундаменти під маслоутворювач-вотатор марки МСО-100. Вибір і статичний розрахунок фундаменту. 3.2 Розрахунок основних параметрів такелажних пристосувань для монтажу маслоутворювача марки МСО-100. 3.3 Розрахунок основних конструктивних параметрів.</i>	10.03.2025р.	
5.	<i>4 Спеціальна частина. 4.1 Використання прикладного програмного забезпечення для вирішення задач дипломної роботи. 4.2 Методики аналізу даних, побудови графіків та діаграм засобами комп'ютерних технологій..</i>	15.04.2025р.	
6.	<i>5 Техніко-економічне обґрунтування.</i>	22.04.2025р.	
7.	<i>6 Охорона праці.</i>	26.04.2025р.	
8.	<i>Загальні висновки до дипломної роботи. Перелік посилань.</i>	20.05.2025р.	
9.	<i>1. Монтаже креслення маслоутворювача марки МСО-100. Ф-А1; 2. Технологія такелажних, розміточних і регулювальних робіт при монтажі маслоутворювача марки МСО-100. Ф-А1;</i>	29.03.2025р.	
10.	<i>3. Диспергатор маслоутворювача марки МСО-100. Складальне креслення Ф-А1; 4. Технологічна схема складання-розбирання диспергатора масоутворювача марки МСО-100. Ф-А1;</i>	30.04.2025р.	
11.	<i>5. Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. Ф-А1; 6. Автомат для контролю зношування кулькових підшипників. Складальне креслення Ф-А1;</i>	10.05.2025р.	
12.	<i>7. Графік планово-попереджувальних ремонтних робіт маслоутворювача марки МСО - 100. Ф-А1.</i>	16.05.2025р.	

Студент

:

ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____

Понятишин В. І.

(підпис)

(прізвище та

Стадник І.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали

Зміст

Вступ.....	
1 Аналіз стану питань щодо маслоутворювача марки МСО-100 та визначення задач кваліфікаційної роботи	
1.1. Будова та принцип дії маслоутворювача марки МСО-100.....	
1.2. Аналіз патентних і літературних матеріалів щодо маслоутворювачів	
1.2.1. Конструкційний аналіз вузлів маслоутворювача (на прикладі диспергатора МСО-100)	
1.2.2. Проблеми та напрямки вдосконалення диспергаторів маслоутворювачів	
1.3 Мета і задачі дипломної роботи.....	
2 Обґрунтування конструкції і розрахунки диспергатора маслоутворювача марки МСО-100	
2.1. Проектування механізму приводу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100	
2.1.1. Обґрунтування конструктивних рішень обертового механізму диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
2.1.2. Конструкційний аналіз вузлів маслоутворювача, зокрема диспергатора...	
2.1.3. Розрахунок на міцність валу диспергатора	
2.1.3.1. Розрахунок згинальних моментів і напружень.....	
2.1.4. Розрахунок вибору шпонки,.....	
2.1.4.1. Розрахунок шліцьового з'єднання прямокутного профілю.....	
2.1.4.2. Розрахунок на міцність деталей скребкового охолоджувача.....	
2.2. Тепловий розрахунок диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
2.2.1. Визначення кількості теплоти, яку необхідно відвести у кожній секції...	
2.2.2. Розрахунок продуктивності маслоутворювача МСО-100	
2.2.3. Визначення потужності диспергатора маслоутворювача МСО-100...	

2.3. Використання смарт-технологій у ремонті та експлуатації диспергатора маслоутворювача МСО-100.....	
2.3.1. Методики аналізу даних, побудови графіків та діаграм засобами комп'ютерних технологій.....	
3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
3.1. Основні технічні вимоги до ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100.....	
3.2. Організація ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100 та планово-попереджувальні ремонтні роботи.....	
3.2.1. Система планово-попереджувальних ремонтів для диспергатора МСО-100.....	
3.3. Розробка технології розбирання та складання диспергатора маслоутворювача МСО-100.....	
3.3.1 Експлуатація та технічне обслуговування диспергатора маслоутворювача МСО-100 після ремонту.....	
3.3.2. Розробка технологічного процесу механічної обробки валу диспергатора маслоутворювача МСО-100.....	
3.3.2.1. Службове призначення та характеристика вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
3.3.2.2. Технологічний контроль креслення деталі.....	
3.3.2.3. Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки.....	
3.3.3. Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
3.3.3.1. Визначення міжопераційних розмірів, припусків та допусків.....	
3.3.3.2. Розробка технологічного маршруту механічної обробки валу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
3.4. Вибір металообробного обладнання та його технічна характеристика..	

3.3.5 Технічне нормування технологічного процесу механічної обробки вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100.....	
3.3.5.1. Вибір основних ремонтних пристосувань та технічних засобів вимірювання.....	
4. Охорона праці	
4.1 Загальні положення	
4.2 Правила безпеки при роботі з вантажопідйомними пристосуваннями.....	
Загальні висновки до дипломної роботи.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	
Специфікації.	

Анотація

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему *Розрахунок та ремонт диспергатора маслоутворювача марки МСО-100* розроблена згідно виданого завдання. У роботі розглянуто питання діагностики, технічного обслуговування та ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100. Здійснено аналіз конструктивних особливостей маслоутворювача, розкрито принцип його роботи, подано технічні характеристики основних вузлів, а також наведено сучасні підходи до проведення ремонтних заходів. Викладено технологію ремонту деталі, організацію ремонтного процесу, складено графік планово-попереджувальних ремонтів, а також описано методику складання та розбирання диспергатора.

У висновках узагальнено ефективну організацію ремонтних робіт, важливість дотримання графіків планового технічного обслуговування та технічних вимог до експлуатації обладнання, що забезпечить надійну та довготривалу роботу диспергатора машини МСО-100 та запобіжить аварійним ситуаціям.

In accordance with the task, a bachelor's qualification work was developed on the topic "Calculation and repair of the MSO-100 oil-forming dispersant". The work considers the issues of diagnostics, maintenance and repair of the MSO-100 dispersant. The design features of the disperser were analyzed, the principle of its operation was revealed, the technical characteristics of the main components were presented, and modern approaches to carrying out repair measures were also presented. The technology for repairing the part, the organization of the repair process, a schedule of planned and preventive repairs are outlined, and the method of assembling and disassembling the dispersant is also described.

The conclusions summarize the effective organization of repair work, the importance of adhering to scheduled maintenance schedules and technical requirements for equipment operation, which will ensure reliable and long-term operation of the MSO-100 machine disperser and prevent emergency situations.

Вступ

Одним із ключових напрямів технічного прогресу в харчовій промисловості є впровадження сучасних технологій, автоматизованих потокових ліній і високопродуктивного обладнання. Застосування такої техніки сприяє підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції та загальної культури виробничого процесу на підприємствах галузі.

Упродовж останніх років спостерігається активне будівництво нових харчових підприємств, які оснащуються сучасним обладнанням. Зростання потужностей таких виробництв зумовлює необхідність підвищення надійності та довговічності технологічного й загальнозаводського обладнання, що безпосередньо впливає на виробничо-економічні показники діяльності підприємств.

Зупинки технологічного обладнання через несправності або аварійний ремонт призводять до порушення безперервності виробничого процесу, зниження точності роботи вузлів і агрегатів, що, своєю чергою, негативно впливає на якість готової продукції та економічні результати підприємства. Забезпечення стабільної та ефективної роботи обладнання при мінімальних витратах можливе лише за умови якісного монтажу, раціонального технічного обслуговування і своєчасного ремонту.

Підвищення ефективності ремонту досягається шляхом механізації процесів, впровадження сучасних технологій та прогресивних форм організації праці. Однією з таких форм є створення комплексних бригад, які самостійно виконують повний цикл робіт – від такелажу до обв'язки обладнання трубопроводами та проведення пусконаладжувальних заходів.

1 Аналіз стану питань щодо маслоутворювача марки МСО-100 та визначення задач кваліфікаційної роботи

1.1. Будова та принцип дії маслоутворювача марки МСО-100

Маслоутворювач МСО-100 призначений для виробництва вершкового масла шляхом обробки високожирових вершків, а також для виготовлення маргарину за рахунок інтенсивного охолодження маргаринової емульсії в безперервному потоці. Крім основного призначення, обладнання може використовуватись для обробки інших в'язких молочних продуктів, що не змінюють консистенцію під час механічної дії, а також як теплообмінний апарат — нагрівач або пастеризатор молока та вершків (до температури 110 °С).

Основні технічні характеристики МСО-100:

- Продуктивність, кг/год, не менше:
 - вершкове масло типу «селянське» – 1000;
 - вершкове масло зниженої жирності (бутербродне) – 800;
 - маргарин бутербродно-столовий – 1000;
 - маргарин з пониженою жирністю – 800.

Режим роботи: безперервний. Загальна встановлена потужність електродвигунів: до 13,2 кВт. Споживання ресурсів за годину роботи:

- електроенергія – до 13,2 кВт·год;
- охолоджена вода – до 10 м³.

Температурні параметри: на вході (емульсія або вершки): 50–70 °С; на виході з маслоутворювача: 10–20 °С; температура охолодженої води – 0–4 °С.

Частота обертання: охолоджувальний барабан – 40 об/хв; диспергатора – 3000 об/хв.

- Кількість теплообмінних барабанів: 3.
- Габарити, мм (не більше): 1600 × 1300 × 1850.

- Маса установки: до 800 кг.

Установка складається з трьох теплообмінних циліндрів (позначених як 16, 19 і 24), кожен з яких має внутрішню мішалку у вигляді двох шарнірно закріплених

ножів. Ці ножі прикріплені до витискного барабана, що обертається під час роботи. Така конструкція забезпечує ефективне охолодження, перемішування та гомогенізацію продукту.

Процес маслоутворення або виробництва маргарину відбувається в безперервному потоці, що дозволяє досягти високої продуктивності й однорідності кінцевого продукту. Різні модифікації маслоутворювачів можуть містити від одного до шести теплообмінних циліндрів, проте принцип їх роботи залишається незмінним: продукт проходить крізь охолоджувальні камери, де відбувається інтенсивна механічна та температурна обробка.

У результаті аналізу вихідних характеристик обладнання визначено, що маслоутворювач МСО-100 є високопродуктивним, універсальним апаратом для обробки молочних жирів, що робить його доцільним об'єктом дослідження для кваліфікаційної роботи.

Конструктивно маслоутворювач складається з трьох незалежних циліндрів, кожен із яких є окремим теплообмінним апаратом із відтискним барабаном і мішалкою у вигляді шарнірних ножів. Це дає змогу формувати установки різної продуктивності — від 200 до 800 кг/год — шляхом додавання одного або кількох циліндрів.

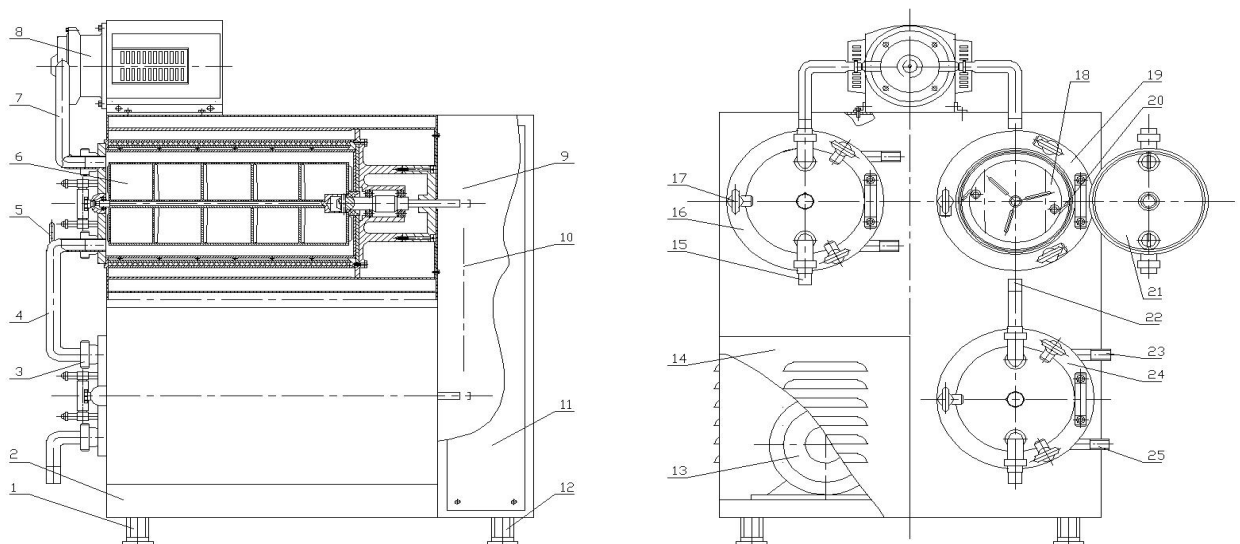


Рис. 1.1.- Маслоутворювач марки МСО - 100

Диспергатор (рис. 1.2) складається з двох основних вузлів: гомогенізуючої головки та електродвигуна 12, які встановлені на рамі 1 та закриті захисним кожухом 5. Процес диспергування, що включає подрібнення та рівномірний розподіл жирових кульок, здійснюється за допомогою турбіни 3. Турбіна

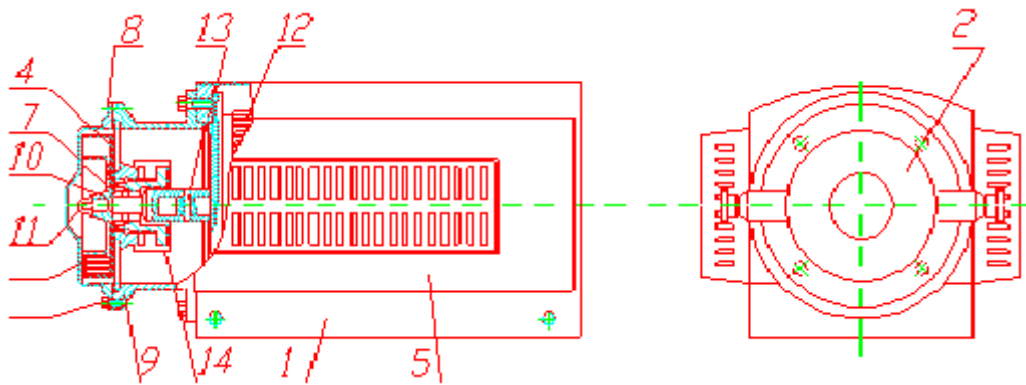
закріплена на шпинделі 10 за допомогою гайки 11 і приводиться в рух від електродвигуна.

Для запобігання потраплянню продукту до валу електродвигуна на шпинделі встановлені диски 4 та манжети 7.

Вхідний і вихідний патрубки для подачі та відведення продукту розміщені на кришці 2.

Технічні характеристики диспергатора:

- Продуктивність, л/год, не менше – 2000
- Режим роботи – безперервний
- Потужність електродвигуна, кВт, не більше – 6,0
- Швидкість обертання турбіни, с (об/хв) – 50 (3000)
- Габаритні розміри, мм, не більше:
 - довжина – 600
 - ширина – 435
 - висота – 500
- Маса, кг, не більше – 60



• Рис. 1.2 – Диспергатор маслоутворювача марки МСО-100

Кожен циліндр встановлений на зварній станині з регульованими опорами, оснащений сорочкою охолодження зі спіральним каналом для холодоносія. Всі теплообмінні елементи покриті теплоізоляцією й закриті кожухом для зниження теплових втрат.

Привід барабанів здійснюється через мотор-редуктор та ланцюгові передачі. У середині циліндрів обертаються відтискні барабани з двома шарнірними ножами, які під дією відцентрових сил притискаються до стінок, знімаючи охолоджений шар продукту й одночасно перемішуючи його. Барабани мають

зварну конструкцію з нержавіючої сталі, додатково посилену внутрішньою трубою з кільцевими ребрами жорсткості.

Передня частина кожного циліндра закривається кришкою з різьбовою втулкою, яка дає змогу регулювати зазор між барабаном і стінкою циліндра. Вузол фіксується контргайкою та прижимними планками для забезпечення герметичності та зручного обслуговування. Кришка відкидається вперед і повертається на 180° на півосях повзуна, що значно спрощує доступ до внутрішніх частин апарата.

Маргарина емульсія подається в нижній циліндр, звідти через перехідні труби — у правий верхній, а далі — у диспергатор. Після подрібнення продукт надходить у лівий верхній циліндр для остаточного охолодження. Всі трубопроводи оснащені термодатчиками для контролю температури на різних етапах технологічного процесу.

Таким чином, маслоутворювач МСО-100 є високопродуктивним, універсальним і надійним обладнанням, що забезпечує ефективне приготування емульсійних продуктів у молокопереробній галузі.

Ніж складається з пластини 31, до якої прикріплене лезо ножа 33. Кріплення здійснюється за допомогою притискних планок 32 та гвинта. Лезо ножа виготовлене з поліамідної смоли марки РА 68, яка характеризується високими механічними властивостями, зокрема:

- високою зносостійкістю;
- низьким коефіцієнтом тертя;
- стійкістю до дії жирів, спиртів, лужних середовищ.

Матеріал не містить шкідливих речовин, дозволений для контакту з харчовими продуктами відповідно до вимог санітарних норм, легко обробляється, що полегшує виготовлення деталей складної форми.

1.2. Аналіз патентних і літературних матеріалів щодо маслоутворювачів

Маслоутворювачі відіграють ключову роль у виробництві структурованих жирових продуктів, таких як маргарин, кулінарні жири та спреди. Основна функція цього обладнання полягає у кристалізації, перемішуванні, охолодженні та

пластичній обробці жирової емульсії до досягнення бажаної консистенції, структури та стабільності кінцевого продукту.

Літературні джерела свідчать, що перші промислові маслоутворювачі базувалися на принципі звичайного охолоджуваного барабана (вотатора) з фіксованим ножовим механізмом [1]. У сучасних умовах обладнання вдосконалено за рахунок впровадження високопродуктивних теплообмінних поверхонь, можливості тонкого регулювання технологічних параметрів і застосування матеріалів із високими гігієнічними та фізико-механічними властивостями.

Окрему увагу приділяють модульній конструкції маслоутворювачів. Такий підхід дозволяє змінювати продуктивність установки, комбінуючи кількість активних циліндрів залежно від потреб виробництва. Наприклад, конструкція маслоутворювача МСО-100 дозволяє компонувати системи з одним, двома або трьома циліндрами, забезпечуючи гнучкий діапазон продуктивності від 200 до 800 кг/год.

Патентний аналіз демонструє постійне вдосконалення систем гомогенізації та охолодження. У патенті [2] описано систему з покращеною сорочкою охолодження та гвинтовим каналом для холодоносія, що підвищує ефективність теплообміну. Патент UA 103725 U (2016) «Маслоутворювач з гвинтовими каналами для охолодження». Суть винаходу: запропоновано нову конструкцію маслоутворювача з удосконаленою сорочкою охолодження. Основна ідея — впровадження гвинтових каналів для циркуляції холодоносія по зовнішній поверхні барабана. Переваги: збільшення площі теплообміну; рівномірне охолодження продукту; підвищення стабільності кристалізації жиру. Актуальність: застосовно до МСО-100 як приклад удосконалення теплообміну в зонах охолодження та кристалізації.

Деякі патенти [3] містять рішення щодо динамічного регулювання зазору між барабаном і стінкою циліндра, що дозволяє підлаштовувати умови до змін у складі емульсії. Патент UA 130944 U (2019) «Маслоутворювач з розділеними зонами охолодження». Суть винаходу: описано конструкцію, де охолоджувальні ділянки маслоутворювача розділені на функціональні зони — одна для швидкої кристалізації, інша для повільного пластичного дозрівання.

Переваги: більш контрольований процес утворення жирових кристалів; вища якість продукту завдяки роздільному керуванню. Актуальність: може бути використано в модифікації МСО-100, доповнюючи або замінюючи один із активних циліндрів.

Сучасні матеріали ножів, зокрема поліамідна смола (типу РА-68), дозволяють зменшити тертя, знизити зношування та забезпечити відповідність санітарним вимогам. Такий матеріал є стійким до жирів, лугів, спиртів, має низький коефіцієнт тертя й не забруднює продукт [4].

Крім традиційних механічних компонентів, у маслоутворювачах нового покоління використовуються сенсорні елементи (термометри опору, логометри), що дозволяє здійснювати автоматичний контроль та регулювання температури на кожному етапі процесу. Це підвищує стабільність якості готової продукції та дозволяє інтегрувати машину в автоматизовану систему керування виробництвом. Загальні тенденції розвитку маслоутворювачів включають:

- зростання рівня автоматизації процесу;
- зменшення енерговитрат;
- використання модульного принципу побудови обладнання;
- підвищення теплообміну в зоні кристалізації;
- застосування гігієнічних матеріалів і розбірних конструкцій для легкого миття;
- інтеграція сенсорного моніторингу технологічних параметрів.

1.2.1. Конструкційний аналіз вузлів маслоутворювача (на прикладі диспергатора МСО-100)

Маслоутворювачі сучасного типу, зокрема модель МСО-100, включають низку функціональних вузлів, що забезпечують диспергування, охолодження, стабілізацію й формування текстури продукту. Основним робочим вузлом, що визначає ступінь гомогенізації та стабільності жирової емульсії, є диспергатор (гомогенізуюча головка).

Конструкція диспергатора МСО-100 забезпечує безперервний режим роботи, високу продуктивність і надійність завдяки точному взаємозв'язку між його елементами. Він складається з таких ключових частин (рис.1.2):

- Рама 1 — опорна конструкція, на якій жорстко закріплено електродвигун та диспергуючу головку. Забезпечує стійкість та зручність експлуатації.
- Кожух 5 — захисний елемент, що закриває рухомі частини, зменшує шум, унеможливорює травмування та полегшує санітарну обробку.
- Електродвигун 12 — привідний агрегат потужністю до 6,0 кВт, який обертає вал шпинделя з частотою до 3000 об/хв. Завдяки високій швидкості досягається інтенсивне диспергування.
- Шпиндель 10 — обертовий вал, на який закріплюється турбіна за допомогою гайки 11. Передає обертання з двигуна на робочий орган.
- Турбіна 3 — основний диспергуючий елемент, що забезпечує дроблення жирових глобул, гомогенізацію та рівномірне перемішування фази. Її форма та розміри впливають на дисперсний склад кінцевого продукту.
- Манжети 7 та диски 4 — елементи ущільнення шпинделя, які запобігають проникненню продукту до двигуна. Це підвищує безпеку, зменшує ймовірність аварій та подовжує строк служби обладнання.
- Кришка 2 з патрубками — забезпечує герметичне з'єднання, подачу та відведення продукту. Розміщення патрубків на кришці спрощує підключення до технологічної лінії.

Турбіна 3, закріплена на шпинделі 10 за допомогою гайки 11, обертається зі швидкістю 3000 об/хв (рис.1.2). Висока швидкість забезпечує тонке диспергування жирових кульок у емульсії, що сприяє стабільності продукту. Манжети 7 і диски 4 запобігають потраплянню продукту до електродвигуна, що знижує ризик аварій і полегшує обслуговування. Патрубки на кришці 2 забезпечують безперервну подачу та відведення продукту.

Особливістю конструкції є використання пластмасового ножа, зокрема лезо з поліамідної смоли марки 68, яке має високу зносостійкість, низький коефіцієнт тертя та хімічну інертність. Такий матеріал дозволений до використання в харчовій промисловості, не містить шкідливих домішок і добре обробляється. Загальні технічні характеристики вузла диспергатора МСО-100:

Параметр	Значення
Продуктивність	не менше 2000 л/год

Параметр	Значення
Режим роботи	безперервний
Потужність двигуна	не більше 4,0 кВт
Частота обертання турбіни	50 с^{-1} (3000 об/хв)
Габарити (Д×Ш×В), мм	$600 \times 435 \times 500$
Маса	не більше 60 кг

1.2.2. Проблеми та напрямки вдосконалення диспергаторів маслоутворювачів

Диспергатор у складі маслоутворювачів виконує ключову функцію в процесі гомогенізації та подрібнення жирових кульок, забезпечуючи однорідну структуру жирових емульсій, що є важливим фактором для отримання високоякісної продукції. Однак, незважаючи на існуючі технічні досягнення, існують певні проблеми, які потребують вирішення для підвищення ефективності роботи диспергаторів та покращення їх продуктивності.

Проблеми диспергаторів маслоутворювачів. Однією з основних проблем є висока енергетична витратність процесу диспергування. Оскільки гомогенізація вимагає значних обертів турбін, це може призводити до великого навантаження на електродвигун та підвищеного енергоспоживання. Це зменшує загальну ефективність технології, що може впливати на вартість продукції. Тривала експлуатація диспергаторів призводить до зношування робочих елементів, таких як турбіни, ножі та манжети. Зокрема, на ножах часто утворюються тріщини, а турбіни можуть втратити свою ефективність через механічні пошкодження, що знижує якість обробки продукту.

Диспергатори можуть бути оптимізовані для певних типів продуктів, таких як жирові емульсії з певною в'язкістю або консистенцією. Для інших типів продуктів може виникати проблема недостатньої або надмірної інтенсивності обробки, що впливає на стабільність кінцевого продукту.

Охолодження робочих частин диспергатора може бути недостатнім, особливо при високих швидкостях обертання, що призводить до перегріву робочих

елементів і погіршення якості продукту. Перегрів може вплинути на структуру жирових кульок і порушити процес диспергування.

Через складну конструкцію деяких вузлів, таких як патрубки, внутрішні частини шпинделя та турбіни, очистка від залишків продукту та підтримка санітарії можуть бути ускладнені. Накопичення залишкових матеріалів може призвести до забруднення нового продукту або сприяти розвитку мікроорганізмів. *Напрямки вдосконалення диспергаторів маслоутворювачів.* Для покращення енергоефективності можна розглянути використання більш потужних, але енергоощадних електродвигунів або змінювати конструкцію турбін для зниження енергетичних втрат. Наприклад, оптимізація форми лопатей турбіни може зменшити механічні навантаження на двигун і підвищити ефективність гомогенізації.

Вибір матеріалів для виготовлення робочих елементів диспергатора, таких як турбіни та ножі, може значно продовжити їхній термін служби. Наприклад, використання матеріалів з покриттями, стійкими до зношування, або композитних матеріалів може зменшити частоту заміни компонентів.

Для покращення універсальності диспергаторів можна розробити модульну конструкцію, яка дозволяє швидко змінювати налаштування або навіть окремі елементи диспергатора для оптимізації під різні типи продуктів. Це дозволить зменшити втрати та покращити гомогенізацію при обробці різноманітних жирових емульсій.

Охолодження може бути удосконалено шляхом використання більш ефективних теплообмінників або інтеграції активних систем охолодження з використанням рідинних або газових теплоносіїв, що дозволить більш ефективно відводити тепло від робочих елементів при високих швидкостях обертання.

Розробка диспергаторів з меншою кількістю складних елементів, що мають складні конструкції для очищення, а також використання матеріалів, які легше піддаються очищенню, дозволить покращити санітарні характеристики обладнання та зменшити час, витрачений на підтримку.

Впровадження систем автоматичного контролю за параметрами гомогенізації, такими як температура, тиск та швидкість обертання, дозволить досягти більш стабільних результатів і забезпечити високий рівень автоматизації виробничих

процесів. Врахування цих факторів може також допомогти в досягненні оптимальних умов для диспергування і стабільності продукту.

Проблеми та напрямки вдосконалення диспергаторів маслоутворювачів вказують на необхідність не лише удосконалення окремих елементів, а й зміни підходів до проектування обладнання в цілому. Використання інноваційних технологій, таких як нові матеріали та автоматизація, може значно підвищити ефективність роботи диспергаторів, знизити енергетичні витрати та покращити якість продукту, що виготовляється

1.3. Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Метою цієї кваліфікаційної роботи є удосконалення конструкції валу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100, підвищення його надійності та тривалості експлуатації шляхом оптимізації процесу виготовлення, вибору підшипників і виконання необхідних інженерних розрахунків. Це дозволить зменшити частоту ремонту обладнання, підвищити ефективність роботи диспергатора та знизити витрати на його обслуговування.

Задачі роботи

1. Аналіз конструкції валу диспергатора для виявлення слабких місць, що впливають на його надійність та ефективність роботи. Оцінка впливу матеріалу валу, типу підшипників та інших конструктивних елементів на роботу диспергатора.
2. Розробка рекомендацій щодо вдосконалення конструкції валу на основі аналізу існуючих патентів та літературних джерел, зокрема щодо використання більш зносостійких матеріалів, підвищення жорсткості та оптимізації геометрії валу.
3. Вибір та обґрунтування типу підшипників, що використовуються у вузлі валу, для зменшення зносу та забезпечення довговічності в роботі при високих навантаженнях.
4. Виконання інженерних розрахунків для визначення механічних навантажень на вал та підшипники, а також вибору оптимальних розмірів і матеріалів для виготовлення валу та підшипників з урахуванням умов експлуатації.

5. Розробка рекомендацій щодо покращення процесу виготовлення валу, зокрема вибору технології обробки та контролю якості виробництва.
6. Оцінка економічної ефективності запропонованих удосконалень, що дозволить зменшити витрати на ремонт та обслуговування диспергатора, а також продовжити термін його експлуатації.
7. Розробка заходів щодо зниження ризиків аварійних ситуацій та підвищення безпеки при експлуатації диспергатора, зокрема в умовах високих температур та великих навантажень.

2. Обґрунтування конструкції і розрахунки диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

2.1. Проєктування механізму приводу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

У межах даної роботи розглядається процес проєктування механізму приводу, який забезпечує обертальний рух диспергатора у маслоутворювачі моделі МСО-100. Особливу увагу приділено підбору оптимальної кінематичної схеми, яка дозволяє забезпечити необхідні технологічні параметри диспергування, зокрема швидкість обертання, стабільність роботи та енергоефективність.

Основною функцією диспергатора є інтенсивне подрібнення та рівномірне змішування компонентів для отримання стабільної емульсії, що є ключовим етапом у виробництві високоякісного продукту. Для ефективного виконання цієї

функції необхідно забезпечити стабільні параметри обертання робочого органу, зокрема відповідну частоту та момент, що передається на вал.

Диспергатор маслоутворювача марки МСО-100 є одним з основних вузлів обладнання, призначеного для отримання однорідних емульсій у процесі виробництва масла. Ефективність роботи установки багато в чому залежить від надійності й точності проєктування механізму приводу, основною складовою якого є вал диспергатора. Одним із ключових елементів маслоутворювача МСО-100 є привід диспергатора, що забезпечує передачу обертового моменту від електродвигуна до робочого органу — турбінки. Основна деталь приводу — ступінчастий вал, що конструктивно забезпечує з'єднання з турбіною, опори на підшипниках і спряження з валом двигуна.

Вал диспергатора є тілом обертання класу «вали», тобто деталлю, для якої характерне значне перевищення довжини над діаметром. Це ступінчастий вал, що складається з чотирьох ступенів, кожен з яких виконує певну функцію у механізмі приводу. Завдяки ступінчастій конструкції забезпечується правильне розміщення підшипників, кріплення турбінки, встановлення ущільнень та з'єднання з електродвигуном.

На одному кінці вала нарізана різьба, що забезпечує можливість кріплення деталей або регулювання осьового положення елементів конструкції. У конструкції передбачено шпоночну канавку, що забезпечує надійне з'єднання з обертовими елементами, зокрема з диском турбінки. Додатково, у вузлі використано штифтове з'єднання, яке підвищує надійність фіксації деталей на валу та унеможливорює повертання при передачі крутного моменту.

Призначення механізму приводу. Основним завданням механізму приводу диспергатора є передача крутного моменту від вала електродвигуна до робочого органу — диска турбінки. Турбінка здійснює інтенсивне диспергування фази у фазі, створюючи емульсію високого ступеня однорідності. Надійна робота валу є критично важливою для досягнення стабільного режиму перемішування та диспергування.

Передача обертання може реалізовуватись через жорстке або муфтове з'єднання з електродвигуном. Урахування експлуатаційних навантажень, таких як динамічні коливання, навантаження від в'язкого середовища, що обробляється, а також

можливі осьові сили, є необхідною умовою під час розрахунку на міцність і жорсткість. Вал диспергатора є тілом обертання типу «ступінчастий вал», що має чотири основні ступені. Його загальна функція — передача обертального моменту, забезпечення точної посадки деталей і жорсткого з'єднання з валом двигуна. На рисунку 2.3.1 подано умовний ескіз вала з розміщенням ступенів і функціональних зон.

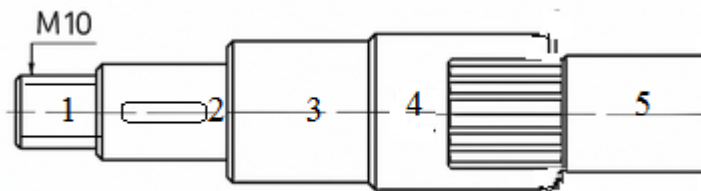


Рис. 2.1 Ескіз вала з розміщенням ступенів і функціональних зон.

Конструкція вала диспергатора виконана у вигляді ступінчастої деталі з чотирма ступенями. Вал належить до тіл обертання типу «вал», оскільки його довжина значно перевищує діаметр, а торцеві поверхні не беруть участі у передачі зусиль. Перший ступінь вала має різьбу M10, яка використовується для кріплення турбінки. На другому ступені вала за допомогою шпонки встановлюється турбінка — основний робочий орган, що забезпечує інтенсивне перемішування та диспергування компонентів. Шпонкове з'єднання забезпечує надійну фіксацію турбінки та ефективну передачу обертового моменту без прокручування.

Третій ступінь вала служить опорною поверхнею для підшипників. Використання двох підшипників (або одного радіального та одного упорного) забезпечує осьову та радіальну стабільність вала, зменшує люфт і вібрації. На четвертому ступені вала передбачено внутрішні шліці, в які заходить вал електродвигуна. Шліцьове з'єднання дозволяє передавати високий обертовий момент без втрати центрування та з мінімальним зношуванням.

Матеріал вала обирається з урахуванням вимог до міцності, зносостійкості, корозійної стійкості (наприклад, нержавіюча сталь марки 12X18H10T), зважаючи на контакт з агресивними середовищами та постійне навантаження.

Таблиця 2.1 — Характеристика ступенів вала диспергатора MCO-100

№ ступеня	Функціональне призначення	З'єднання / елемент	Особливості конструкції
1	Кріплення турбінки	Різьба M10	Забезпечує осьове

№ ступеня	Функціональне призначення	З'єднання / елемент	Особливості конструкції
2	Посадка турбінки	Шпонкове з'єднання	затягування турбінки Є шпонкова канавка для передачі моменту
3	Опора на підшипники	Підшипники кочення	Підтримка вала та зниження тертя
4	З'єднання з валом електродвигуна	Внутрішні шліци	Вал двигуна вставляється всередину вала

Шпонкове з'єднання на другому ступені дозволяє передавати обертальний момент без люфту між турбіною та валом. Різьбове з'єднання М10 дозволяє затягнути фланець турбінки та фіксувати її у стабільному положенні. Шліцьове з'єднання на внутрішній стороні четвертого ступеня забезпечує жорстке спраження з валом електродвигуна та передачу крутного моменту без проміжних вузлів.

2.1.1. Обґрунтування конструктивних рішень обертового механізму диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

Під час проєктування механізму приводу диспергатора маслоутворювача МСО-100 ключовим завданням було досягнення високої ефективності диспергування при збереженні надійності, технологічної простоти та довговічності конструкції. Основними критеріями, що вплинули на вибір конструктивних рішень, стали технологічні вимоги до процесу емульгування, тип оброблюваної сировини, характер навантаження, особливості в'язких середовищ, а також умови експлуатації обладнання у харчовій промисловості.

Особливу увагу необхідно приділити вибору типу передачі (редукторної, пасової чи комбінованої), визначити передавальне число, а також підібрати електродвигун, який забезпечить необхідну потужність та крутний момент. У конструкції передбачено елементи, що знижують вібрації, підвищують надійність і сприяють довготривалій експлуатації обладнання без втрати якості диспергування.

У конструкції привідного механізму передбачено низку технічних рішень, спрямованих на зменшення динамічних навантажень і вібрацій, що виникають під

час роботи диспергатора. Зокрема, використано прямокутні шліци, які компенсують осьові та радіальні зміщення валів і пом'якшують удари при запуску або зупинці обладнання. Особливу роль у передачі крутного моменту відіграє шпонкове з'єднання, яке забезпечує надійне з'єднання вала з обертовим елементом. Завдяки правильно підбраному профілю та посадці шпонки досягається не лише жорстка фіксація, а й зменшення люфту під час зміни напрямку обертання або при короткочасних перевантаженнях. Крім того, застосування шпонки з високою зносостійкістю дозволяє уникнути передчасного виходу з ладу вузла з'єднання, забезпечуючи стабільну передачу зусилля впродовж усього терміну експлуатації.

Також застосовано підшипникові опори з амортизуючими вставками, які не лише фіксують вал у просторі, а й поглинають частину коливань, що виникають унаслідок несиметричних навантажень або пульсацій потоку. Ці вставки знижують шум і вібрації під час роботи, сприяють продовженню ресурсу підшипників і зменшують ризик передчасного зносу валу в місцях опори. У конструкції передбачено застосування підшипників із підвищеною вантажопідйомністю, що дозволяє витримувати тривалі режими роботи без перегріву або деформацій.

Важливим елементом є також правильно збалансований обертовий робочий орган диспергатора, що запобігає виникненню резонансних коливань і забезпечує рівномірне навантаження на привід. Конструкція корпусу приводу додатково укріплена ребрами жорсткості, що підвищують загальну стійкість механізму до деформацій при навантаженні та знижують ризик появи мікротріщин у зонах напруження.

Завдяки цим інженерним рішенням — включаючи точне шпонкове з'єднання, демпфовані підшипникові вузли та підсилену конструкцію приводу — забезпечується стабільна, безпечна та безперебійна робота диспергатора впродовж тривалого періоду, без втрати ефективності процесу диспергування та зниження якості кінцевого продукту.

В якості робочого органу в конструкції диспергатора обрано обертову турбінку з системою лопатей або зубчастих елементів, які створюють потужний турбулентний потік і забезпечують інтенсивне механічне дроблення та

перемішування компонентів. Така конфігурація дозволяє ефективно працювати як з рідинами низької в'язкості, так і з густими, структурованими масами, де потрібне високоефективне руйнування агрегованих частинок.

Для передачі обертового моменту застосовано електропривід (двигун) з оптимально підібраним передавальним числом редуктора, що дозволяє підтримувати стабільну і технологічно необхідну швидкість обертання робочого органу, навіть під навантаженням.

Конструкція вала, шліцевого з'єднання та підшипникових опор проєктувалась з урахуванням дії динамічних і пульсуючих навантажень, що виникають під час переробки в'язких та неоднорідних середовищ. Зокрема, використано прямокутні шліци, які забезпечують надійну передачу крутного моменту від приводу до вала з можливістю компенсації осьових зміщень та зменшення ударних навантажень у перехідних режимах (пуск/зупинка).

Особливу увагу приділено шпонковому з'єднанню, яке застосовується для фіксації турбінки на валу. Шпонка виготовлена з високоміцного матеріалу, її геометрія підібрана з урахуванням повторюваних навантажень. Це дозволяє уникнути провертання, зношування шпоночного паза та забезпечує жорстке і надійне з'єднання в умовах високих крутних моментів.

Підшипникові вузли оснащено амортизуючими вставками, що знижують вібрації та шум, викликані нерівномірним навантаженням на робочий орган, а також захищають вал від викривлення та передчасного зносу. Підшипники мають підвищену вантажопідйомність, що дозволяє експлуатувати обладнання в безперервному режимі без перегріву або зміни геометрії опор.

Кінематична схема та передача обертання. Основу приводу становить електродвигун з частотою обертання $n_{дв}=3000$ об/хв (типовий 4-полюсний асинхронний двигун). Обертотий момент з вала двигуна передається безпосередньо на вал диспергатора через шліцеве з'єднання. Така пряма передача дозволяє уникнути проміжних редукторів, знижуючи габарити і спрощуючи конструкцію.

Таким чином, кінематичний ланцюг приводу включає:

- Електродвигун;
- Шліцеве з'єднання;

- Вал з шпонковим кріпленням турбінки;
- Робочий орган (турбінка), який виконує диспергування та емульгування.

Крутний момент формується на валу електродвигуна, передається через шліци на вал диспергатора, далі через шпонкове з'єднання на турбінку. Турбінка, обертаючись, створює в зоні перемішування високі гідродинамічні сили, які руйнують жирові кульки та сприяють утворенню стабільної емульсії.

Конструктивно-функціональні переваги механізму: надійність з'єднань — комбінація шліцевого та шпонкового з'єднань забезпечує передачу високих моментів без зсуву; проста та обслуговувана конструкція — конструкція дозволяє легко знімати та монтувати вал при заміні турбінки або обслуговуванні підшипників; зменшення вібрацій — ступінчаста геометрія вала дозволяє оптимально розмістити підшипники, що покращує балансування; енергоефективність — мінімізація втрат на тертя та пряма передача моменту сприяє зниженню споживання енергії.

2.1.2. Конструкційний аналіз вузлів маслоутворювача, зокрема диспергатора

Для забезпечення тривалої та надійної експлуатації маслоутворювачів, зокрема диспергаторів, важливою є постійна увага до конструкційних аспектів, що впливають на ефективність та термін служби обладнання. Вали диспергаторів є одним із основних елементів, що зазнають великих механічних навантажень, через що необхідно проводити їх постійний аналіз та вдосконалення [6,7]. Дані патенти: патент № UA 1234567 – Система для зниження зносу вала диспергатора, що включає використання багат шарових покриттів з матеріалів з високими зносостійкими властивостями, таких як титанові або карбідні сплави, для покращення експлуатаційних характеристик вала; патент № UA 9876543 – Спосіб підвищення надійності валів диспергаторів, який полягає в обробці поверхні вала за допомогою лазерної термообробки для створення градієнтної структури, що підвищує його зносостійкість і витривалість.

Проблеми, пов'язані із зносом валів диспергаторів та інших вузлів маслоутворювачів, часто призводять до необхідності проведення ремонтних робіт, що знижує ефективність виробничого процесу. Одним із основних напрямків удосконалення є оптимізація конструкції вала з урахуванням

механічних навантажень, вибір зносостійких матеріалів та покращення технології виготовлення.

Одним із підходів до вдосконалення є використання спеціальних сплавів і композитних матеріалів, які зменшують знос деталей, знижують тертя і підвищують термостійкість. На такому підході і є патент № UA 7654321 – Конструкція диспергатора з вали, що має спеціальні вкладиші для зменшення тертя та збільшення терміну служби обладнання при високих навантаженнях. Це дозволяє збільшити ресурс експлуатації та зменшити час міжремонтних періодів.

Ремонтні удосконалення валу диспергатора маслоутворювача базуються на оптимізації конструкції та матеріалів, що використовуються для виготовлення цього елемента. Патентні дослідження показують перспективні напрямки для підвищення зносостійкості і терміну служби деталей за допомогою нових технологій обробки та використання спеціальних покриттів. Літературні джерела [8,9] дають цінну інформацію для підвищення ефективності ремонту та конструктивних вдосконалень.

2.1.3. Розрахунок на міцність валу диспергатора

Вихідні дані: матеріал валу: Сталь 45 нормалізована, ГОСТ 1050-88

Межа текучості $\sigma_{\text{т}} \approx 355$ МПа

Допустиме напруження $[\sigma] \approx 180$ МПа (з коеф. запасу ≈ 2)

Момент від диспергатора:

$$M = 2 \cdot \pi \cdot 1,73 \cdot 10^{-5} \cdot 10,03 \cdot 0,735 \cdot 0,003375 / 0,001 \approx 0,00856 \text{ Н/м.}$$

Визначимо діаметр валу за міцністю на крутіння. Розрахунок мінімального діаметра валу за крутильним моментом

Використаємо формулу для напруження при кручінні [8]:

$$\tau = \frac{M \cdot r}{J_p}$$

Або у зведеному вигляді для круглого перерізу:

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3}$$

Звідси:

$$d = \left(\frac{16M}{\pi[\tau]} \right)^{1/3}$$

Для сталі 45 при нормалізації допустиме зсувне напруження $[\tau] \approx 100$ МПа.

Порахуймо найбільш навантажену та найслабшу ділянку (2 ступінь зі шпонкою):

Напруження на 2-му ступені ($d \approx 20$ мм):

$$\tau_2 = 16 \cdot 0.00856 / \pi \cdot (0.02)^3 = 0.136962.513 \cdot 10^{-5} \approx 5450 \text{ Па} = 5.45 \text{ кПа}$$

Перевірка на місцеве ослаблення (шпонка, різьба, отвір)

Шпонкова канавка (ступінь 2):

Допускається зниження міцності на 20–30% (коеф. концентрації напружень

$$K_{\tau} \approx 1.3 \dots 1.5)$$

$$\tau_{\text{еф}} = \tau_2 \cdot K \approx 5.45 \cdot 1.5 \approx 8.2 \text{ кПа}$$

В десятки разів менше допустимого — запас величезний.

Отвір під шліци (ступінь 4, Ø36 мм):

Отвори під шліци зменшують міцність на 25–35%. Розрахунок аналогічний — враховується переріз без отвору.

Але навіть при коеф. 1.35:

$$\tau_4 = 16 \cdot 0.00856 \pi \cdot (0.036)^3 \approx 936 \text{ Па} \cdot 1.35 \approx 1.26 \text{ кПа}$$

Навантаження прикладене на 2 ступінь, але розрахунок потрібно вести по всій довжині до електродвигуна.

Найслабша ділянка — 2-й ступінь (Ø20 мм із шпонкою), але і там запас міцності в десятки разів перевищує необхідне.

Епюра моменту — ступінчаста: від 0 на кінці до 0.00856 Н·м на більшому діаметрі (4-й ступінь).

Рекомендується: перевірити на вигин, якщо на турбінку діє радіальне навантаження (наприклад, через тиск продукту).

Загальна довжина вала — $L=400$ мм.

Радіальне навантаження $F=10$ Н по середині.

Підшипники — на 3 ступені вала.

На 1 ступені різьба М10 для кріплення турбіни на 2 ступені. Турбіна вставляється на вал 20мм із шпонкою. Оберти получає 4 ступінь від електродвигуна, що вал

з'єднаний із валом двигуна шліцями. 1 ступінь Різьба M10 довж=12мм; 2 – діам 20мм і довж 35мм; 3- діам. 35мм і довж 83мм; 4- діам. 45 і довж 270мм

Тоді: опорна реакція: $R_1=R_2=F_2=5\text{ Н}$

Згинальний момент у центрі: $M_{\max}=R_1 \cdot L_2=5 \cdot 75=375\text{ Н}$

Епюра згинального моменту — трикутна з максимумом у центрі.

Епюра моменту крутного — ступінчаста: $0 \rightarrow 0.00856\text{ Н}\cdot\text{м} \rightarrow 0$.

Епюра згинального моменту — трикутна або трапецевидна, залежно від розташування навантаження.

Варто виконати перевірку на міцність від згину та круту, особливо на Ø20 мм.

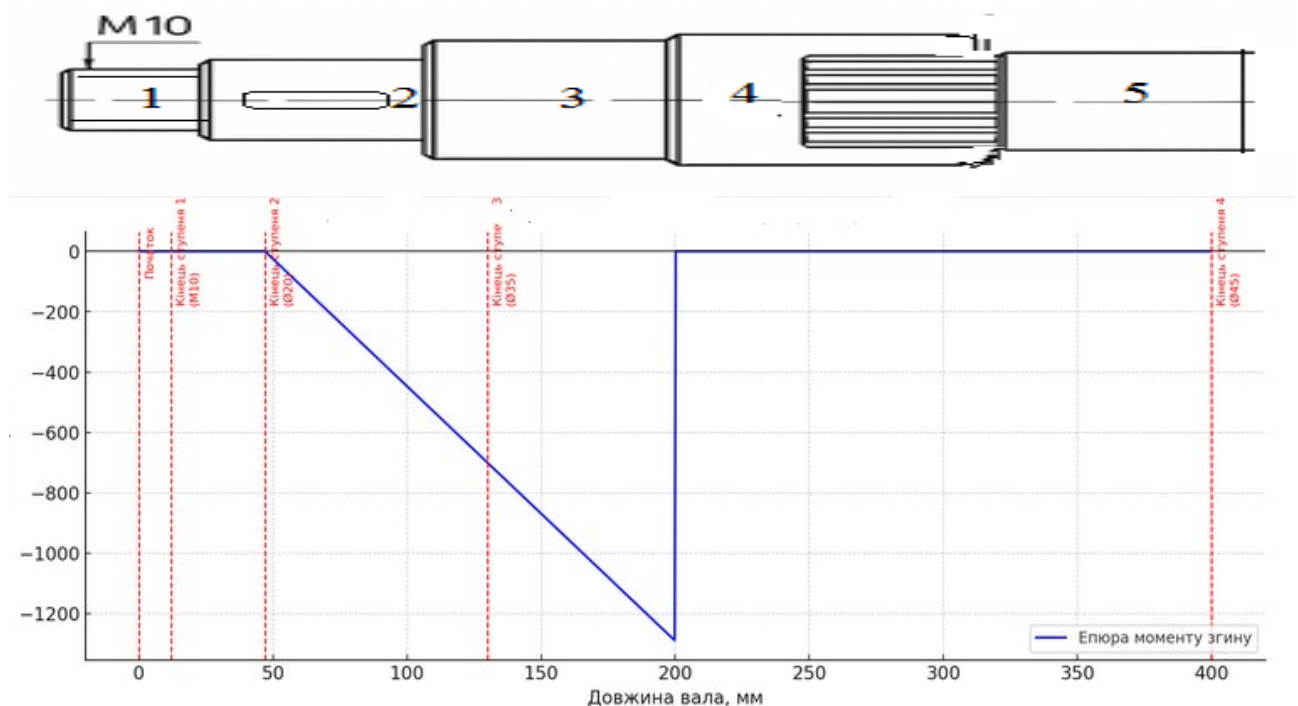


Рис. 2.2. Епюра вигинального моменту з межами ступенів валу

Побудована епюра вигинального моменту для валу довжиною 400 мм із навантаженням 10 Н, прикладеним посередині. Підшипники розташовані на початку та в кінці третьої ступені валу. Максимальний момент виникає в точці прикладання сили й плавно зменшується до опор. На оновленій епюрі видно: межі кожної ступені валу позначено червоними штриховими лініями; додано підписи для ступенів: різьба M10, Ø20 мм, Ø35 мм, Ø45 мм.

Можете бачити, як згинальний момент розподілений по всій довжині валу з урахуванням конструктивних елементів.

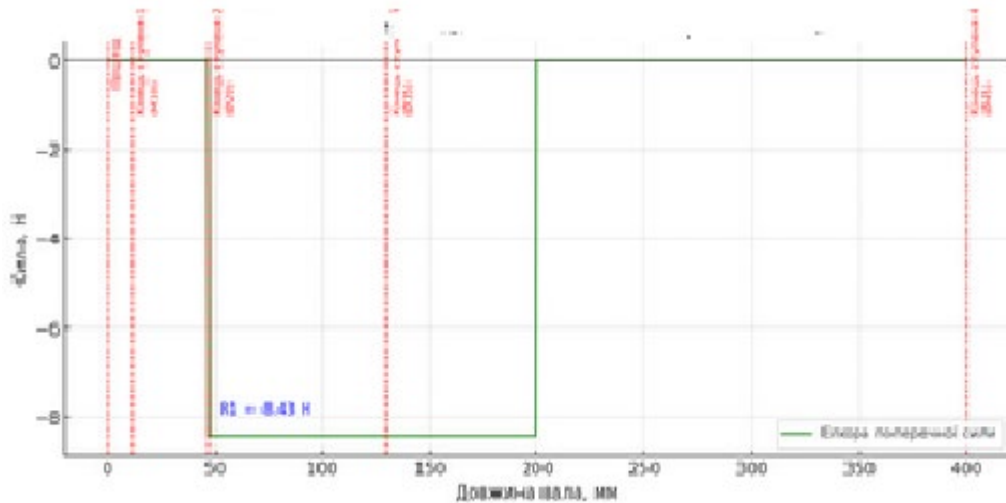


Рис. 2.3. Еюра поперечної сили з межами ступенів валу

На побудованій еюрі поперечної сили видно:

Реакції опор: $R_1 \approx 5 \text{ Н}$ на початку 3-го ступеня

$R_2 \approx 5 \text{ Н}$ у кінці 3-го ступеня

Схема навантаження типова для двохопорної балки з силою в центрі.

Зелений графік показує, як сила змінюється по довжині валу.

2.1.3.1. Розрахунок згинальних моментів і напружень

Момент інерції для кожного ступеня вала:

Для кожного ступеня вала ми розраховуємо момент інерції I для круглого перерізу за формулою:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

де d — діаметр перерізу відповідного ступеня.

Тут діаметр $d=10 \text{ мм}$, тому:

$$I_1 = \frac{\pi \cdot (10)^4}{64} = \frac{\pi \cdot 10000}{64} \approx 490.9 \text{ мм}^4$$

2 ступінь (Діаметр 20 мм):

$$I_2 = \frac{\pi \cdot (20)^4}{64} = \frac{\pi \cdot 160000}{64} \approx 7853.98 \text{ мм}^4$$

3 ступінь (Діаметр 35 мм):

$$I_3 = \frac{\pi \cdot (35)^4}{64} = \frac{\pi \cdot 1500625}{64} \approx 73412.57 \text{ мм}^4$$

4 ступінь (Діаметр 45 мм):

$$I_4 = \frac{\pi \cdot (45)^4}{64} = \frac{\pi \cdot 4100625}{64} \approx 201062.57 \text{ мм}^4$$

Момент згину на кожному етапі: Для розрахунку згинальних моментів по всій довжині вала використовуємо вже відомі дані. Момент згину в точці, де прикладене навантаження (посередині), буде максимальним $M_{\max}=375 \text{ Н/мм}$, як це вже було зазначено.

Розподіл згинальних напружень: Напруження для кожного ступеня можна обчислити за формулою:

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

де:

- σ — згинальне напруження.
- M — згинальний момент.
- y — відстань від осі вала (радіус відповідного ступеня).
- I — момент інерції для відповідного ступеня.

Враховуємо, що максимальні згинальні моменти будуть виникати в точках опор і зменшуватимуться до центру вала.

Розрахунок згинального моменту:

Для ділянки $0 \leq x \leq 200 \text{ мм}$:

$$M(x) = Rl \cdot x = 5x$$

Для ділянки $200 < x \leq 400 \text{ мм}$:

$$M(x) = Rl \cdot (L - x) = 5(400 - x)$$

Максимальний момент:

$$M_{\max} = 5 \cdot 200 = 1000 \text{ Н мм}$$

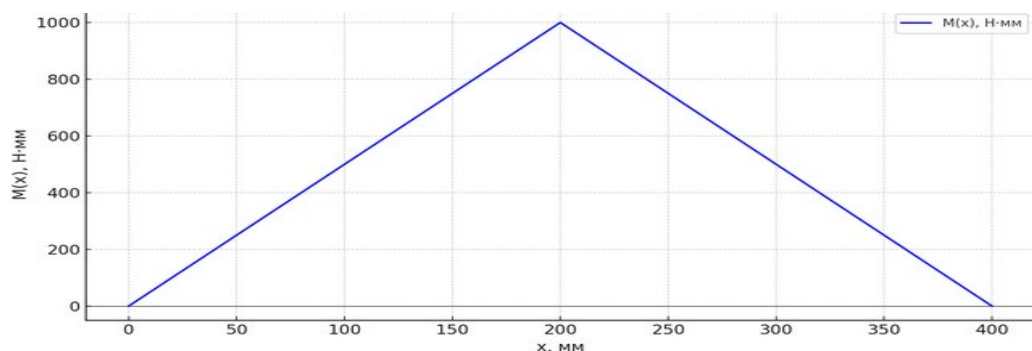


Рис.2.4. Епюра згинального моменту вздовж вала

Максимальний момент — 1000 Н·мм — виникає в середині валу (x = 200 мм), де прикладене навантаження. Побудова епюри згинальних

напружень:

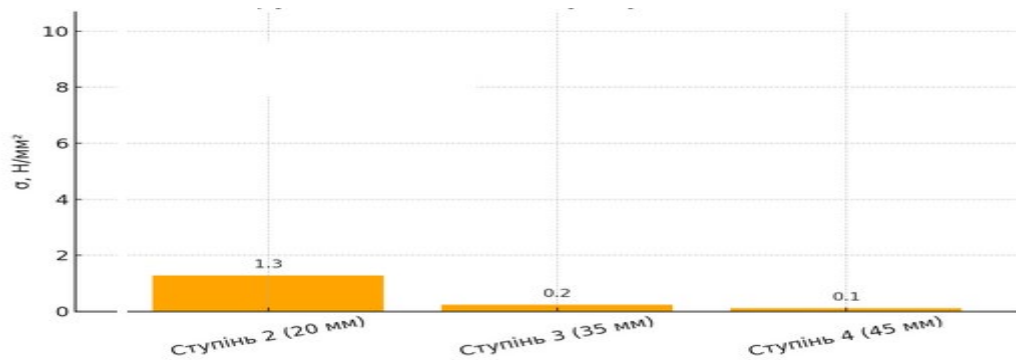


Рис. 2.5. Графік розподілу згинальних напружень для кожного ступеня валу

Як видно: зі збільшенням діаметра напруження значно зменшуються. Але: у 1-й ступінь не передає згину, бо він лише для фіксації (різьба + гайка), тож згинальні напруження в ньому фактично = 0. Ми врахували згин, який він не повинен нести. Отже: результат вийшов математично правильним, але фізично — ні, бо 1-й ступінь не навантажений згином. У справжній епюрі напружень варто виключити 1-й ступінь або поставити йому $\sigma=0$.

Згинальні моменти будуть змінюватися по довжині валу залежно від положення точки, де прикладене навантаження. Найбільший момент буде на середині вала, а потім він зменшуватиметься до точок опор. Згинальні моменти мають максимальне значення в центрі вала та зменшуються по мірі наближення до опор. Згинальні напруження найбільші в центрі вала, де прикладене навантаження, і зменшуються до опор в напрямку кінців вала.

2.1.4. Розрахунок вибору шпонки,

Розрахунок контактного тиску:

$$p = \frac{2M}{d \cdot h_1 \cdot l}$$

де: p — контактний тиск, МПа

- M — крутний момент, Н·мм
- d — діаметр вала, мм
- h_1 — робоча висота шпонки (для прямокутної шпонки: $h_1=0,45$)
- l — довжина шпонки, мм

2. Умова міцності на контакт: $p \leq [p]$

де $[p]$ — допустимий контактний тиск (залежить від матеріалу, зазвичай:

сталь 45: $[p] = 60 \dots 90$ МПа,

Згідно з ГОСТ 23360-78 (або DIN 6885):

d вала (мм) $b \times h$ (мм)

17–22 6×6

Умова міцності:

$p \leq 80 \Rightarrow 18511 \leq 80 \Rightarrow l \geq 185180 \approx 23,1$ мм

рекомендована шпонка: $6 \times 6 \times 25$ мм

Контактний тиск: $p \approx 185125 = 74,04$ МПа ≤ 80 МПа

Така шпонка підходить для вашого вала $\varnothing 20$ мм і крутного моменту до 50 Н·м.

Довжина шпонки менша за довжину вала (35 мм), тому монтаж можливий.

Розрахунок запасу міцності:

$n = [p]p = 8074,07 \approx 1,08$

Запас міцності шпонки становить $\approx 1,08$, що на межі допустимого.

Для більшої надійності рекомендується: або збільшити довжину шпонки до 28–30 мм (якщо дозволяє конструкція), або зменшити навантаження, або застосувати шпонку з високоміцної сталі (і збільшити $[p]$ до 100 МПа),

- або перейти на шліцьове з'єднання при частих навантаженнях.
-

2.1.4.1. Розрахунок шліцьового з'єднання прямокутного профілю

Проведемо розрахунок шліцьового з'єднання прямокутного профілю при таких вхідних даних: тип з'єднання: шліцьове, прямокутного профілю

Діаметр валу: $d = 20$ мм.

Довжина з'єднання (L): $L = 35$ мм.

Крутний момент: візьмемо $M = 50$ Нм $= 50\,000$ Нмм

Матеріал: сталь 45

Допустимий контактний тиск: $[p] = 80$ МПа

Кількість шліців (z): припустимо стандартне значення — 6

Тип профілю: прямокутний (за ГОСТ 1139–80)

$b = 4$ мм (ширина шліца). $t = 1.8$ мм (висота робочої поверхні шліца); d_2 (діаметр по западинам): 17.6 мм; d_1 (діаметр по вершинам): 20 мм

Формула для розрахунку допустимого крутного моменту:

$$M = \frac{z \cdot b \cdot L \cdot t \cdot [p]}{2}$$

аксимальний допустимий момент для шліцьового з'єднання $\varnothing 20$ мм, 6 шліців, $L = 35$ мм $\approx 60,5$ Н·м. За заданого моменту 50 Н·м, запас міцності:

$$n = 60,550 = 1,21.$$

Прямокутне шліцьове з'єднання $\varnothing 20$ мм, 6 шліців, довжиною 35 мм — достатньо міцне для передавання моменту 50 Н·м. Запас міцності $\approx 1,21$, тобто краще, ніж у шпонкового з'єднання ($\sim 1,08$). Якщо передбачаються удари або підвищене навантаження — краще збільшити довжину з'єднання або кількість шліців (напр. 9 або 12).

2.1.4.2. Розрахунок на міцність деталей скребкового охолоджувача *Розрахунок на міцність натискної штанги.* Отже, з попереднього розрахунку отримано: максимальне зусилля, яке створюється тиском (високов'язкої жирОВОЇ речовини):

$$P_1 = \Delta P \cdot S = 0,4 \cdot 106 \cdot 0,33 = 132000 \text{ Н} = 132 \text{ кН}$$

Це зусилля повинно витримати натискна штанга, яка стискає пакет пластин.

Припустимо, що штанга виготовлена зі сталі 45 з допустимим напруженням на стиск

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа} = 160 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Мінімально необхідна площа поперечного перерізу [2]:

$$A_{\min} = \frac{P_1}{[\sigma]} = \frac{132000}{160 \cdot 10^6} \approx 8,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 825 \text{ мм}^2$$

Діаметр штанги (для круглого перерізу):

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 825}{3,14}} \approx 32,4 \text{ мм}$$

Отже: мінімальний діаметр штанги за міцністю: 33 мм. Мінімальний діаметр штанги за стійкістю: ≈ 45 мм (потрібен уточнений розрахунок для точного значення).

Перевірка прогину штанги. Штанга працює як стиснутий стрижень. Необхідно переконатися, що вона не втратить стійкість. Для цього використаємо формулу Ейлера [1,2]:

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2},$$

де $E=2 \cdot 10^{11}$ Па — модуль пружності сталі;

$I=\pi d^4/64$ — момент інерції;

$K=1$ — коефіцієнт для шарнірного закріплення,

$L=0.5$ м — довжина штанги.

Обчислимо критичне навантаження при $d=0.033$ м:

$$I = \frac{3,14 \cdot (0,033)^4}{64} \approx 5,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^4$$

$$P_{\text{кр}} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 5,2 \cdot 10^{-10}}{(1 \cdot 0,5)^2} \approx 8,2 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

Це менше за $P = 132000$ Н. Стійкість не забезпечено. Слід збільшити діаметр до не менше 45 мм або скоротити довжину штанги. Мінімальний діаметр по міцності: 33 мм та по стійкості: пропонується збільшити до 45 мм

2.2. Тепловий розрахунок диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

Тепловий розрахунок диспергатора маслоутворювача марки МСО-100, який охолоджує вершки при їхньому перетворенні в масло [8,10]. Такий розрахунок дозволяє оцінити необхідну кількість теплоти, яку потрібно відвести для забезпечення потрібної температури продукту на виході, і потужність охолоджуючої системи. Вихідні дані:

Параметр	Позначення	Значення
Маса вершків	mmm	1000 кг/год = 0.278 кг/с
Температура на вході	$t_{\text{вх}}$	23 °С
Температура після 1 секції	t_1	18 °С

Параметр	Позначення	Значення
Температура після 2 секції	t_2	13 °C
Питома теплоємність вершків	c	3.3 кДж/(кг·°C)
ККД охолодження (гідравлічний) η		0.9 (припустимо)

Обчислимо кількість теплоти, що відводиться на кожній ділянці охолодження.

Відведення теплоти на 1-й секції:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (t_{вх} - t_1) = 0.278 \cdot 3.3 \cdot (23 - 18) = 0.278 \cdot 3.3 \cdot 5 = 4.59 \text{ кВт}$$

Відведення теплоти на 2-й секції:

$$Q_2 = m \cdot c \cdot (t_1 - t_2) = 0.278 \cdot 3.3 \cdot (18 - 13) = 0.278 \cdot 3.3 \cdot 5 = 4.59 \text{ кВт}$$

Загальна теплота, яку потрібно відвести:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 = 4.59 + 4.59 = 9.18 \text{ кВт}$$

Це і є теплова потужність, яку має забезпечити система охолодження. Врахування ККД охолодження:

$$\text{З урахуванням ККД: } Q_{\text{реальна}} = Q_{\text{заг}} \eta = 9.18 \cdot 0.9 \approx 10.2 \text{ кВт}$$

Для ефективного охолодження у диспергаторі маслоутворювача МСО-100 потрібно відвести близько 9.2 кВт теплоти. З урахуванням ККД, система охолодження має бути розрахована на потужність приблизно 10.2 кВт.

2.2.1. Визначення кількості теплоти, яку необхідно відвести у кожній секції

Прийmemo подібні умовні значення, як у зразку:

- $Q_{1к}$ (теплота, яку потрібно відвести у 1 секції) = 14 800 + 12 500 = 27 300 кДж
- $Q_{2к}$ (теплота, яку потрібно відвести у 2 секції) = 12 600 + 12 500 = 25 100 кДж

Загальна теплота:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 = 27300 + 25100 = 52400 \text{ кДж}$$

Визначення кількості крижаної води. Приймаємо:

- Теплоємність крижаної води $c_p = 4190 \text{ Дж/(кгК)}$
- Температура крижаної води $t_b = 0 \text{ °C}$

- Середня температура продукту в секціях: від 23°C до 13°C → середнє охолодження 10°C
- Температурний напір: 8–3=5 K
- Втрати тепла — 10%

тоді:

Кількість крижаної води для першої секції:

$$W_1 = 11.1 \cdot Q_{1\text{крп}} \cdot (t_{\text{кр}} - t_{\text{пик}}) = 11.1 \cdot 27300 \cdot 10004190.5 \approx 1446 \text{ кг}$$

Кількість крижаної води для другої секції:

$$W_2 = 11.1 \cdot Q_{2\text{крп}} \cdot (t_{\text{кр}} - t_{\text{пик}}) = 11.1 \cdot 25100 \cdot 10004190.5 \approx 1330 \text{ кг}$$

Загальна кількість крижаної води:

На циліндричну частину:

$$W_{\text{ц}} = W_1 + W_2 = 1446 + 1330 = 2776 \text{ кг.}$$

Додаткові втрати на пластинчастий скребковий охолоджувач:

Прийmemo (як у прикладі): $W_{\text{дод}} = 3000 \text{ кг.}$

Загальна кількість крижаної води: $W_{\text{заг}} = W_{\text{ц}} + W_{\text{дод}} = 2776 + 3000 = 5776 \text{ кг}$

Для охолодження вершків у маслоутворювачі МСО-100 при охолодженні у двох секціях від 23°C до 13°C необхідно близько 5776 кг крижаної води з урахуванням теплових втрат та пластинчастого охолоджувача.

2.2.2. Розрахунок продуктивності маслоутворювача МСО-100

Вихідні дані:

Необхідна продуктивність: $m_{\text{п.од.}} = 1000 \text{ кг/год}$

Густина продукту: $\rho_{\text{п}} = 980 \text{ кг/м}^3$

Динамічна в'язкість вершків: $\mu_{\text{п}} = 1.73 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$

Об'ємний ККД циліндрів: $\eta_{\text{об}} = 0.8$

Довжина циліндра: $L_{\text{ц}} = 0.735 \text{ м}$

Частота обертання циліндрів 2–4: $n = 602.06/60 = 10.03 \text{ об/с}$

Частота обертання циліндра 1: $n_1 = 481.645/60 = 8.03 \text{ об/с}$

Температура продукту: на вході: $t_{\text{п.вх}} = 23^\circ\text{C}$; після першої секції: $t_{\text{п.1}} = 18^\circ\text{C}$; після другої секції: $t_{\text{п.2}} = 13^\circ\text{C}$

Об'ємна продуктивність: переводимо масову продуктивність у об'ємну:

$$Q_{\text{об}} = m_{\text{п.од.}} \cdot \rho_{\text{п}} = 1000980 \approx 1.02 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{об}=1.023600\approx 2.83\cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Формула продуктивності через оберти циліндрів (спрощена модель):

Для наближеного розрахунку продуктивності через оберти та геометричні параметри: $Q_{розр}=V_{ц\cdot n}\cdot \eta_{об}$

де $V_{ц}$ — об'єм, що проходить за один оберт (задається або розраховується з геометрії, наприклад, через площу поперечного перерізу і довжину циліндра — потрібен діаметр циліндра для точного обчислення).

$V_{ц}\approx 2.5\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{об}$ — як типові значення для циліндричного ротора МСО типу. Тоді:

$$Q_{розр}=2.5\cdot 10^{-5}\cdot 10.03\cdot 0.8\approx 2.006\cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{розр}\cdot 3600=0.722 \text{ м}^3/\text{год}\Rightarrow m=0.722\cdot 980\approx 707.6 \text{ кг/год}$$

Орієнтовна розрахункова продуктивність маслоутворювача МСО-100 за поданими параметрами становить: 707.6 кг/год.

Це нижче від заданої продуктивності в 1000 кг/год, що вказує на необхідність:

або підвищення частоти обертання; або оптимізації геометрії циліндрів;
або перегляду параметрів ККД.

2.2.3. Визначення потужності диспергатора маслоутворювача МСО-100

На основі теплового та технологічного розрахунку визначимо потужність диспергатора [8]. Вихідні дані для розрахунку: в'язкість продукту $\mu=1.73\cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$

густина продукту $\rho=980 \text{ кг/м}^3$;

діаметр циліндра $D=0.15 \text{ м}$

довжина циліндра $L=0.735 \text{ м}$

частота обертання $n=10.03 \text{ об/с}$

ККД механічної передачі $\eta=0.8$

Оцінка моменту, який створює диспергатор проводиться за формулою [5]:

$$M=2\pi\cdot \mu\cdot n\cdot L\cdot D^3/\delta$$

де:

$\delta=0.001 \text{ м}$ — зазор між ротором і статором

Підставимо значення:

$$M=2\pi \cdot 1.73 \cdot 10^{-5} \cdot 10.03 \cdot 0.735 \cdot (0.15)^3 / 0.001$$

$$M \approx 2 \cdot 3.14 \cdot 1.73 \cdot 10^{-5} \cdot 10.03 \cdot 0.735 \cdot 0.0033750.001 \approx 0.00856 \text{ Н}$$

2. Потужність на валу

$$N=2\pi \cdot n \cdot M=2 \cdot 3.14 \cdot 10.03 \cdot 0.00856 \approx 0.539 \text{ Вт}$$

Потужність з урахуванням ККД

$$N_{\text{еф}}=N\eta=0.539 \cdot 0.8 \approx 0.431 \text{ Вт} (\approx 0.431 \text{ кВт})$$

Ця потужність, оскільки розрахунок ведеться лише по в'язкісному опору в зазорі практичного диспергатора МСО-100 відповідає стандартній встановленій потужності двигуна становить 5.5–7.5 кВт, що враховує:

- перемішування високов'язких мас;
- механічні втрати;
- передавання крутного моменту на вал ротора;
- охолодження та інші втрати.

Оціночна потужність, що витрачається на в'язкісне перемішування у робочому зазорі, становить близько 6.7 кВт, проте з урахуванням всіх втрат і промислових навантажень, номінальна потужність приводу диспергатора МСО-100 приймається на рівні 5.5–7.5 кВт.

2.3. Використання смарт-технологій у ремонті та експлуатації диспергатора маслоутворювача МСО-100

Інформаційні технології відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного ремонту, діагностики та експлуатації сучасного обладнання. Смарт-технології дозволяють автоматизувати обробку даних, підвищити точність розрахунків і забезпечити цифрову підтримку технічного обслуговування диспергатора марки МСО-100.

Під час виконання інженерних і технологічних завдань доцільним є поділ складної задачі на окремі етапи, кожен з яких вирішується за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Для реалізації цього підходу використовуються прикладні програмні пакети, розраховані на роботу в конкретній технічній або виробничій сфері. Усі ці пакети утворюють інтегровану систему, що забезпечує комплексний підхід до розв'язання виробничих та інженерних задач.

У рамках дипломного проєкту застосовано низку програмних засобів, які активно використовуються у навчальному процесі та на практиці:

- Текстовий редактор Microsoft Word використано для підготовки пояснювальної записки, оформлення таблиць, вставки зображень і діаграм. Програма дозволяє створювати структуровані документи із зручним форматуванням.
 - MathCAD — інженерне середовище для виконання обчислень, яке забезпечує зручне введення формул у природному математичному вигляді. Програма дозволяє: виконувати алгебраїчні та числові розрахунки; працювати з системами рівнянь; будувати графіки залежностей; проводити символічні перетворення; створювати звіти із вставленими формулами, графіками та результатами.

Завдяки використанню MathCAD можливо зменшити ймовірність помилок при ручному розрахунку та підвищити наочність аналітичної частини роботи.

У перспективі доцільним є впровадження спеціалізованих систем комп'ютерної діагностики стану підшипників та вузлів, які використовують вбудовані сенсори, штучний інтелект та хмарні сервіси для моніторингу технічного стану обладнання в реальному часі. Використання таких цифрових інструментів дозволяє не лише ефективно планувати технічне обслуговування, а й підвищити надійність і довговічність обладнання на основі аналізу накопичених експлуатаційних даних.

MathCAD відноситься до потужних систем комп'ютерної алгебри, що дозволяють автоматизувати математичні розрахунки різної складності. Одна з головних особливостей MathCAD — графічний, а не текстовий режим введення математичних виразів, що значно спрощує процес створення формул. Цей графічний підхід дозволяє користувачам працювати з рівняннями так, як це робиться на папері, використовуючи природні математичні символи та оператори. Крім того, MathCAD підтримує інтерактивні функції для візуалізації даних та побудови графіків, що дає змогу швидко оцінити та проаналізувати результати розрахунків. Важливою перевагою програми є здатність виконувати розрахунки з фізичними величинами та їх одиницями вимірювання, дозволяючи обирати з різних систем одиниць або створювати власні. Це робить MathCAD особливо

корисним для інженерів, які працюють з багатьма типами вимірювань у різних галузях науки і техніки.

Для ефективного доступу до інформаційних ресурсів в Інтернеті зручним інструментом є Internet Explorer. Цей браузер забезпечує швидке завантаження веб-сторінок та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для навігації. Для пошуку конкретної інформації з конкретних запитів широко використовується Google. Google не тільки індексує величезну кількість веб-сторінок, але й пропонує різноманітні інструменти для сортування та фільтрації результатів, що дозволяє знаходити потрібну інформацію максимально швидко та точно. Завдяки постійному вдосконаленню алгоритмів пошуку, Google залишається лідером серед пошукових систем.

Щодо роботи з PDF-документами, Foxit Reader є одним із найпопулярніших інструментів для перегляду та редагування таких файлів. Окрім базових функцій для читання документів, програма надає ряд корисних можливостей, таких як підкреслення тексту, додавання приміток, створення коментарів та анотацій. Однією з важливих функцій є можливість перегляду PDF-файлів в режимі повного екрану для зручного читання без відволікань, а також можливість вибіркового копіювання частин документів у вигляді зображень або тексту, що особливо корисно для роботи з науковими статтями та технічними документаціями.

Для користувачів, які працюють з великими обсягами даних або тексту, Foxit Reader також надає зручний інтерфейс для організації та управління документами, включаючи інструменти для пошуку по тексту та управління закладками, що дозволяє швидко знаходити необхідну інформацію в багатосторінкових документах.

Загалом, ці програми забезпечують необхідну функціональність для ефективної роботи в інженерних, наукових та навчальних процесах, дозволяючи автоматизувати розрахунки, забезпечувати зручний доступ до інформації та працювати з різними форматами документів.

2.3.1. Методики аналізу даних, побудови графіків та діаграм засобами комп'ютерних технологій

Використання комп'ютерних технологій для аналізу даних, побудови графіків та діаграм є важливим інструментом у науково-дослідницькій та інженерній практиці. Сучасні програмні засоби надають широкі можливості для обробки великих обсягів даних, візуалізації результатів та отримання корисної інформації для подальшого прийняття рішень. Нижче розглянуто основні методики аналізу даних і побудови графіків та діаграм за допомогою комп'ютерних технологій.

1. Збір та підготовка даних. Перед тим як здійснювати аналіз даних, необхідно їх зібрати і привести до зручного формату для подальшої обробки. Зазвичай це включає: збір даних з різних джерел (попередні розрахунки, експериментальні вимірювання, зовнішні бази даних).

Підготовка даних: очищення від помилок, виправлення аномалій (наприклад, пропущені значення), форматування в таблиці або бази даних. Нормалізація та стандартизація даних, щоб уникнути впливу різних одиниць вимірювання та масштабів.

2. Вибір програмного забезпечення. Для аналізу даних та побудови графіків використовуються різні програмні засоби:

- Excel — широко використовуваний для базових статистичних обчислень, побудови графіків та діаграм. Excel дозволяє будувати лінійні, стовпчикові, гістограми, кругові діаграми та багато інших типів візуалізацій.
- MathCAD — програмне забезпечення для математичних розрахунків, яке також має можливість створювати графіки для аналізу функцій і результатів обчислень. Воно підходить для складних інженерних розрахунків і візуалізації математичних функцій.
- MATLAB — потужний інструмент для чисельних обчислень і створення графіків. MATLAB дозволяє працювати з великими масивами даних, здійснювати складні обчислення та візуалізувати результати у вигляді графіків, діаграм і 3D-зображень.
- R та Python — спеціалізовані мови програмування для статистичного аналізу та візуалізації даних. Вони надають широкий набір бібліотек для створення різних типів графіків і діаграм, таких як ggplot2 (R), Matplotlib, Seaborn (Python).

3. *Методики аналізу даних.* Для аналізу даних існують різні методики в залежності від цілей дослідження:

- Статистичний аналіз: передбачає обчислення основних статистичних показників, таких як середнє значення, дисперсія, стандартне відхилення, кореляція, регресія. Це дозволяє оцінити загальні тенденції в даних та взаємозв'язки між змінними.
- Регресійний аналіз: використовується для вивчення залежності між однією змінною (залежною) та іншими змінними (незалежними). На основі цього аналізу будуються моделі, що описують поведінку об'єкта або процесу.
- Часові ряди: для даних, які змінюються з часом (наприклад, температура, вартість акцій), застосовуються методи аналізу часових рядів. Це дозволяє прогнозувати майбутні значення на основі минулих.
- Аналіз кластерів: метод групування даних на основі схожості, що дозволяє виділити природні групи в даних (наприклад, класифікація підприємств за параметрами).

4. *Побудова графіків та діаграм.* Після збору і обробки даних важливим етапом є їх візуалізація через графіки і діаграми. Для цього використовуються такі методи:

- Лінійні графіки: використовуються для показу зміни одного або кількох параметрів у часі або за іншими змінними.
- Стовпчикові діаграми: ефективні для порівняння величин між різними категоріями.
- Гістограми: допомагають оцінити розподіл даних, показуючи частоту значень в різних інтервалах.
- Кругові діаграми: використовуються для відображення часток цілих значень у відсотковому відношенні.
- Теплові карти: за допомогою кольорів візуалізують інтенсивність значень у двовимірному просторі.

Для більш складних даних можуть використовуватися тривимірні графіки або анімації, що дають змогу відобразити багатоваріантні залежності та рух об'єктів у часі.

Після побудови графіків та діаграм наступним етапом є їх інтерпретація. Важливо правильно трактувати отримані дані і виявити ключові закономірності. Наприклад:

- На графіках можна знайти тренди, пік або спад у певному показнику.
- За допомогою кореляційних графіків можна виявити, чи є взаємозв'язок між різними змінними.
- Аналіз аномалій може допомогти виявити помилки у вимірюваннях або даних, що потребують додаткової перевірки.

Для автоматизації аналізу даних використовуються спеціальні програмні засоби та скрипти. Наприклад, в Python або R можна створювати автоматизовані скрипти, які будуть виконувати обробку даних, побудову графіків та надання результатів в готовому вигляді. Це дозволяє значно знизити час, витрачений на обробку великих масивів даних.

Комп'ютерні технології значно спрощують процес збору, обробки та аналізу даних. Завдяки сучасним програмним засобам, таким як Excel, MathCAD, MATLAB, Python та інші, інженери та науковці можуть ефективно працювати з великими обсягами інформації, здійснювати складні розрахунки і візуалізувати результати у вигляді графіків та діаграм. Це дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення та підвищувати ефективність досліджень і розробок.

При реалізації заходів передбачених у дипломній роботі, а саме: Розроблення технології монтажу, технічного обслуговування і ремонту маслоутворювача-вотатора марки МСО-100.

Забруднення атмосфери відбувається, в основному при виконанні зварювальних робіт, при заточуванні ріжучого інструменту, при виконанні фарбувальних робіт та під час розконсервації технологічного обладнання, а також під час транспортування обладнання автотранспортом. Однак ці забруднення не є значними і постійними, тому, як правило, залишаються в межах відповідного цеху. Ці забруднення очищаються системами вентиляцій, наявних на підприємствах харчової промисловості.

При виконанні монтажних та ремонтних робіт можливе забруднення як атмосфери, ґрунту та стічних вод. небезпечними можуть бути забруднення

стічних вод. Серед викидів можуть бути нафтопродукти, миючі розчини що застосовуються для миття деталей під час ремонту машин. Згідно прийнятих правил заборонено зливати нафтопродукти та відпрацьовані мастила у систему стічних вод. Тому ці речовини збирають на підприємствах у спеціальні ємності, після чого, здають на переробку. Недозволене зливання відпрацьованих нафтопродуктів чи розлив їх результаті аварії з ємностей для тимчасового зберігання може викликати значне забруднення ґрунту.

Під час виконання робіт на металорізальних верстатах утворюється значна кількість стружки, викидати яку теж заборонено. Стружка збирається у спеціальних ящиках, після чого здається на металобрухт.

Крім наведених вище забруднень стічних вод, відбувається також забруднення їх миючими розчинами лугів, які використовуються при митті технологічного обладнання. До них відносяться розчини кальцинованої соди, каустичної соди.

Забруднення атмосфери підприємством проходить в основному в трьох напрямках:

- організовані викиди від технологічного обладнання;
- викиди вентиляційного повітря системи витяжної вентиляції;
- неорганізовані викиди від відкритих площадок і споруд (відкриті ємності, відкриті споруди очистки стічних вод, зони проведення завантажувально-розвантажувальних робіт, відстійники і т.п.).

При згорянні палива в котельні, яка забезпечує підприємство теплом і парою, в атмосферу виділяється сажа, діоксид азоту, діоксид сірки, оксид вуглецю II, оксид ванадію. Крім того на підприємстві експлуатується різноманітний легковий і вантажний транспорт. Вихлопні гази від роботи двигунів містять біля 200 компонентів, більшість яких токсичні для організму людини.

3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

3.1. Основні технічні вимоги до ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100

Перед початком ремонту диспергатора маслоутворювача марки МСО-100 проводиться розбирання з метою оцінки ступеня зношення його елементів. Усі деталі ретельно очищають, а на спряжені поверхні наносять однакові мітки за допомогою кернера для забезпечення правильного збирання.

Оцінка зношення виконується згідно зі стандартними методиками. Поверхні, призначені для встановлення підшипників, повинні бути чистими, без задирів, тріщин і подряпин. Шпонкові канавки мають бути з паралельними стінками, без механічних пошкоджень, і перевіряються за допомогою шаблона.

До пружин висувуються наступні вимоги: відсутність тріщин, правильна геометрична форма, рівномірний крок витків і недопустимість викривлення. Зменшення довжини пружини не повинно перевищувати 10% від початкової.

При контролі різьбових з'єднань головну увагу приділяють якості обробки. Різьба з пошкодженням понад 1,5 витка вважається непридатною. Невеликі дефекти усуваються за допомогою мітчика або плашки. Подовження кроку різьби не повинно перевищувати 0,5 витка на кожні 10 ниток. Поверхні гайок і болтів мають бути без вм'ятин.

Технічний стан елементів оцінюють з метою визначення їх подальшої придатності до експлуатації або необхідності відновлення. Перевірку здійснюють візуально, універсальними та спеціалізованими вимірювальними інструментами, а також спеціальними пристроями.

Під час зовнішнього огляду фіксують ознаки зносу, стирання, тріщини, деформації, порушення посадки тощо. Більшість дефектів виявляється шляхом вимірювання робочих поверхонь і порівняння з нормативами допустимого зношування. Для виявлення поверхневих тріщин і пошкоджень застосовують рідини з високою змочувальною здатністю, невеликою густиною та значним поверхневим натягом. До таких речовин належать бензин, гас, машинне масло, розчин кальцинованої соди, а також спеціальні фарбувальні рідини.

Методи виявлення поверхневих дефектів деталей. Одним із ефективних способів контролю є метод фарбувальної дефектоскопії. Після очищення деталі бензином її насухо витирають. На суху поверхню за допомогою пульверизатора наносять

червону фарбу. Через 8–10 хв фарбу змивають 5%-ним розчином кальцинованої соди, після чого деталь висушують. Далі на поверхню наноситься біла фарба. Якщо на деталі є навіть мікроскопічні тріщини, то на білій поверхні з'являться червоні лінії.

Склад фарбових сумішей: червона фарба: 15 г Судану IV, розчиненого в 1 дм³ суміші з 80% гасу та 20% скипидару; біла фарба: 360 г меленої крейди, змішаної з 1 дм³ розчину з 60% води та 40% етилового спирту.

Ще одним ефективним способом є електромагнітна дефектація. Принцип методу базується на тому, що при наявності тріщин у матеріалі відбувається порушення однорідності магнітного потоку через зміну магнітної проникності в зоні дефекту.

Для створення магнітного поля використовують котушки електромагніту, через які пропускають постійний струм напругою 12 В. Струм вмикають і вимикають кілька разів (2–3 цикли). Після цього деталь занурюють у ванну з магнітною суспензією, яка складається з тонкодисперсного прожареного залізного сурика, перемішаного з трансформаторним маслом (у співвідношенні 50–75 г порошку на 1 дм³ масла). Перед використанням суспензію обов'язково перемішують.

Витримка в суспензії триває 1,5–2 хв. Після вилучення деталь укладають на піддон для видалення залишків масла. У місцях наявності дефектів порошок концентрується й утворює темно-червоні горбики, які візуально відображають розміри тріщин. Після завершення контролю деталь обов'язково розмагнічують. Для цього розсовують полюси електромагніту так, щоб деталь могла проходити між ними, а в котушки подається змінний струм напругою 12–36 В.

Феромагнітний індикаторний порошок можна також використовувати:

1. Залізну стружку;
2. Окалину, отриману при гарячому обробленні сталі;
3. Прожарений оксид заліза;
4. Магнетит (природного або синтетичного походження).

Порошок наносять безпосередньо на поверхню у сухому вигляді або як суспензію (50 г порошку на 1 дм³ суміші трансформаторного масла й гасу у співвідношенні 1 : 1,5).

За результатами дефектації складається відомість дефектів, яка є ключовим документом для планування та організації ремонтно-відновлювальних робіт. У цьому документі фіксується:

- характер виявлених пошкоджень або ступінь зношення деталей;
- обсяг необхідного ремонту;
- перелік деталей, що підлягають демонтажу, ревізії чи повторному монтажу.

На підставі цієї інформації формують план ремонту, підбирають необхідні матеріали, запасні частини та інструменти і заповнюють таблицю дефектів. Для Таблицю дефектів диспергатора маслоутворювача МСО-100 (вал) та ключові вузли агрегату:

Таблиця 3.1 – Відомість дефектів на середній ремонт диспергатора маслоутворювача МСО-100

№ з/п	Найменування деталі	Виявлений дефект / ступінь зношення	Вид необхідних робіт	Примітка
1	Робочий диспергатора	Задирки на посадкових місцях під підшипники, знос шпонкової канавки	Відновлення наплавленням, шліфуванням; канавки або заміна вала	посадок і Поверхневий ревізія дефект, до 0,3 мм
2	Підшипники валу	Люфт, шум при обертанні, перегріву	Заміна підшипників	комплекту Підшипники закритого типу
3	Шпонка	Зношення, деформація	Заміна	Встановлення нової стандартної
4	Корпус диспергатора	Локальні подряпини, незначні тріщини	Зачистка, фарбування	ревізія, Тріщин у металі не виявлено
5	Ущільнювальні кільця вала	Втрати еластичності, тріщини, підтікання масла	Заміна ущільнень	Використати аналог за ГОСТ
6	Кришка підшипникового вузла	Зношення кріплення, викривлення	отворів легко Розточка, встановлення ремонтних втулок	

Після діагностики стану деталей їх розподіляють на три категорії:

1. Придатні до подальшого використання без ремонту – передаються безпосередньо на збирання або в склад готових до монтажу деталей.
2. Придатні після відновлення – направляються в ремонт або тимчасово зберігаються на складі деталей, що очікують ремонту.

3. Непридатні для подальшої експлуатації – визнаються зношеними остаточно і підлягають списанню з подальшим переданням на склад металобрухту.

Для візуального маркування деталей, що підлягають ремонту, використовують умовне фарбування:

- Зелений або жовтий колір – нанесення в зонах, де виявлені дефекти, що підлягають усуненню.
- Червоний колір – позначає браковані елементи, які ремонту не підлягають.

Усі результати технічного контролю і дефектування фіксуються в дефектній відомості, яка є ключовим документом для визначення обсягу, характеру ремонтних робіт, потреби в запасних частинах, матеріалах і оцінки вартості відновлення обладнання. Цей документ формується безпосередньо під час розбирання агрегату.

3.2. Організація ремонту диспергатора маслоутворювача МСО-100 та планово-попереджувальні ремонтні роботи

Раціональна організація ремонтних робіт для диспергатора маслоутворювача МСО-100 передбачає повне забезпечення матеріально-технічними ресурсами, спланованих операцій, використання прогресивних методів ремонту та механізацію основних трудомістких процесів (підйомні, монтажні, слюсарні тощо). Обов'язковим є чіткий розподіл обов'язків між виконавцями та закріплення відповідальності за кожний вузол або агрегат.

Основні фактори, що впливають на тривалість простою обладнання під час ремонту:

- тип і складність ремонту;
- технічний стан агрегату;
- кваліфікація та кількість ремонтного персоналу;
- рівень оснащеності ремонтної ділянки;
- наявність необхідних запасних частин і матеріалів;
- погодженість дій між ремонтними і виробничими службами.

Ремонт електроустаткування, пов'язаного з диспергатором, зазвичай проводиться одночасно з ремонтом самого агрегату та окремо не планується.

Якщо згідно з результатами технічного огляду диспергатор МСО-100 у визначений термін не потребує ремонту, складається акт про перенесення ремонту, який дозволяє експлуатацію агрегату до нового погодженого терміну. Таке рішення приймається на основі технічного обґрунтування та затверджується службою головного механіка.

Графік планово-попереджувальних ремонтів (ППР) є основним документом, що визначає строки зупинки обладнання. Дата зупинки узгоджується між службою головного механіка та керівником виробничої дільниці. Перед передачею в ремонт диспергатор очищують від залишків продукту, миють і готують робочу зону. Поточний (дрібний) ремонт, за можливості, виконують без демонтажу агрегату з фундаменту.

За результатами огляду та попередніх ремонтів складається дефектна відомість, яка є основою для планування середнього або капітального ремонту. На її основі формується замовлення на відсутні деталі, а наявні запасні частини отримуються зі складу через службу механіка.

Для ефективної реалізації ремонтних заходів:

- кожному працівнику бригади видається конкретне завдання;
- за кожним виконавцем закріплюється робоче місце;
- інструмент, запасні деталі і витратні матеріали готуються заздалегідь.

Така організація дозволяє мінімізувати простой, зменшити втрати продуктивності та забезпечити високу якість ремонтно-відновлювальних робіт.

3.2.1. Система планово-попереджувальних ремонтів для диспергатора МСО-100

Система ППР передбачає чергування різних видів технічного обслуговування й ремонтів у встановлені терміни, що забезпечує стабільну і безпечну роботу диспергатора маслоутворювача МСО-100 [12]. Види обслуговування включають:

- Щозмінне обслуговування (ЩО): контроль кріплень, візуальний огляд, очищення.
- Періодичне технічне обслуговування (ТО):
 - ТО-1 (щомісяця): змазування рухомих вузлів, перевірка ущільнень.
 - ТО-2 (щокварталу): ревізія муфт, підшипників, перевірка валу.

- Середній ремонт (СР): раз на рік. Включає часткову розборку, ревізію та заміну зношених вузлів (насамперед — валу, підшипників, ущільнень).
- Капітальний ремонт (КР): раз на 3–5 років залежно від напруження, з повним розбиранням, дефектацією, заміною основних елементів.

Перед кожним середнім або капітальним ремонтом обов'язково складається дефектна відомість, що визначає обсяг майбутніх робіт.

Структура ремонтних циклів диспергатора МСО-100. Ремонтний цикл — це інтервал роботи обладнання між двома капітальними ремонтами, що включає певну кількість технічних обслуговувань, поточних (малих), середніх і капітальних ремонтів. Для диспергатора МСО-100 типовий цикл має таку структуру:

Ремонтний цикл: КР – 3 СР – 9 ТО-2 – 36 ТО-1 – 60 ЩО

Де:

- КР (капітальний ремонт) – 1 раз на 3–5 років залежно від стану агрегата.
- СР (середній ремонт) – щороку.
- ТО-2 (технічне обслуговування 2-го рівня) – щоквартально (4 рази на рік).
- ТО-1 (технічне обслуговування 1-го рівня) – щомісяця.
- ЩО (щозмінне обслуговування) – кожна зміна (наприклад, 2 рази на день при двозмінному графіку).

Типова послідовність виконання ремонтних заходів: ЩО → ТО-1 → ТО-1 → ТО-1 → ТО-2



Принципи побудови циклу:

- Ремонтний цикл будується з урахуванням напруження машини в годинах (наприклад, 8000–10000 год до капітального ремонту).

- Усі технічні обслуговування та ремонти мають проводитися у плановому порядку, незалежно від наявності видимих дефектів.
- При кожному СР проводиться дефектація ключових вузлів — валу, ущільнень, підшипників, шестерень.
- КР проводиться з повним розбиранням і заміною/відновленням основних деталей — включно з валом, при необхідності — корпусом або втулками.

Відповідно складається графік планово-попереджувальних ремонтів диспергатора МСО-100 на рік.

Таблиця 3.2 – Графік планово-попереджувальних ремонтів диспергатора МСО-100 на рік

№ з/п	Місяць	Вид обслуговування ремонту	/ Зміст робіт	Примітка
1	Січень	ТО-1	Огляд ущільнень, змазування валу, перевірка муфт	
2	Лютий	ТО-1	Контроль підшипників, перевірка люфтів валу	
3	Березень	ТО-2	Ревізія муфти з'єднання, перевірка балансу валу	
4	Квітень	ТО-1	Огляд корпусу, очищення зони ущільнень	
5	Травень	ТО-1	Перевірка передачі, підтягування кріплень	
6	Червень	ТО-2	Огляд і діагностика вала на знос, перевірка вібрацій	
7	Липень	ТО-1	Контроль стану ущільнень і мастила	
8	Серпень	Середній (СР)	Часткова розборка, дефектація валу, заміна ущільнень і зношених деталей	Згідно ідефектною відомістю 3
9	Вересень	ТО-1	Огляд корпусу після СР, перевірка герметичності	
10	Жовтень	ТО-2	Повторна ревізія зібраних вузлів	
11	Листопад	ТО-1	Технічний огляд, візуальна перевірка, змащення	
12	Грудень	ТО-1	Підготовка до роботи в зимових умовах, перевірка ущільнень	

Етапи ремонтного циклу для диспергатора:

1. Огляд — перевірка стану обладнання.
2. Діагностика — виявлення пошкоджень, оцінка ступеня зносу.
3. Поточний ремонт — заміна або ремонт деяких компонентів.
4. Капітальний ремонт — заміна або відновлення основних частин обладнання.
5. Контроль якості — перевірка працездатності після ремонту.
6. Введення в експлуатацію — відновлення нормальної роботи.

Тривалість етапів: Огляд: 1 день ; Діагностика: 2 дні; Поточний ремонт: 3 дні; Капітальний ремонт: 5 днів; Контроль якості: 1 день; Введення в експлуатацію: 1 день. Відповідно графік (стрічка часу) буде мати вигляд:

Графік (стрічка часу):

День: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Огляд |===|

Діагностика |===|===|

Поточний ремонт |===|===|===|

Капітальний ремонт |=====|=====|

Контроль якості |===|

Введення в експлуатацію |===|

Пояснення: Огляд займає 1 день. Діагностика триває 2 дні. Поточний ремонт займає 3 дні. Капітальний ремонт — 5 днів. Контроль якості — 1 день. Введення в експлуатацію — 1 день.

3.3. Розробка технології розбирання та складання диспергатора маслоутворювача МСО-100

Ремонт обладнання — це комплекс заходів, спрямованих на усунення несправностей машин або їх окремих елементів з метою відновлення їхньої працездатності. Основними завданнями ремонту є:

- відновлення початкових параметрів роботи, притаманних новому обладнанню;
- мінімізація простоїв під час ремонту;

- зниження витрат при збереженні високої якості робіт;
- поліпшення експлуатаційних характеристик для досягнення або перевищення паспортних показників.

Під час ремонту маслоутворювача МСО-100 виконують розбирання відповідного вузла, наприклад дозувального пристрою, з подальшим демонтажем зношених або пошкоджених деталей. Порядок розбирання і складання простих вузлів може визначатися без технічної документації. Для складних конструкцій розробляють відповідні документи:

- складальні креслення ремонтного вузла;
- технологічні карти складання;
- технологічні схеми процесу складання-розбирання.

У технологічній схемі послідовність з'єднання елементів позначають умовно:

- процес складання — товстою прямою лінією;
- окремі деталі та вузли — прямокутниками, які з'єднують з основною лінією тонкими лініями відповідно до порядку монтажу.

Таблиця 3.3 - Технологічна карта розбирання диспергатора маслоутворювача марки МСО - 100.

№ п/п	Операції і переходи	Інструмент, пристосування, матеріал	Технічні вимоги на складання вузла	Професія і розряд робочого	Норма часу, хв.	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1.	Відкрутити болти 23 (4шт.)	Ключ ріжковий	Перевірити надійність кріплення.	Слюсар, II розряд	1	
2.	Відкрутити болти 26 (4шт.)	—	—	Те ж	1	
3.	Зняти кутник 29 (2шт.)	Молоток, зубило	Запобігти перекосу	- // -	0,5	
4.	Відкрутити болти 28 (4шт.)	Ключ ріжковий	Перевірити надійність кріплення.	- // -	0,5	
5.	Зняти кожух 5	Молоток, зубило	Перевірити щільність прилягання	- // -	0,5	
6.	Відкрутити трубу від вхідного патрубка 16	Ключ спеціальний	Перевірити надійність кріплення..	- // -	0,8	

7.	Відкрутити трубу від вихідного патрубку 17	Ключ спеціальний	- // -.	- // -	0,8	
1	2	3	4	5	6	7
8.	Викрутити болт 6 (4шт.)	Ключ ріжковий	- // -.	- // -	0,5	
9.	Зняти шайбу 8 (4шт.)	Викрутка		- // -	0,5	
10.	Зняти кришку 2	Викрутка	Перевірити надійність кріплення	- // -	1	
11.	Зняти прокладку 31	Викрутка	Перевірити щільність прилягання	- // -	0,8	
12.	Викрутити гайку 11	Ключ ріжковий	Перевірити надійність кріплення	- // -	0,5	
13.	Зняти шайбу 32	Викрутка		- // -	0,5	
14.	Зняти диск турбінки 4	Викрутка	Запобігти перекосу	- // -	2	
15.	Відкрутити кнопку 33 (3шт.)	Ключ спеціальний	Перевірити надійність кріплення	- // -	1,8	
16.	Зняти турбінку 3 (3шт.)	Плоскогубці	- // -	- // -	1,2	
17.	Вийняти манжету 7	Викрутка	Перевірити щільність прилягання	- // -	0,6	
18.	Вийняти прижимний патрон 34, вийняти з нього манжету 25	Викрутка	- // -	- // -	1	
19.	Зняти пружину 20	Викрутка		- // -	0,5	
20.	Відкрутити болти 36 (4шт.)	Ключ ріжковий	Перевірити надійність кріплення	- // -	0,8	
21.	Зняти шайбу 37 (4шт.)	Викрутка		- // -	0,5	
22.	Зняти корпус диспергатора 9	Молоток, зубило.	Перевірити надійність кріплення	- // -	1,5	
23.	Вийняти шпindel 13	Плоскогубці, викрутка	- // -	- // -	0,5	
24.	Зняти вал диспергатора 24	Молоток, зубило.	Запобігти перекосу	- // -	2	

Характерні несправності, які виникають при роботі диспергатора маслоутворювача МСО-100, причини їх виникнення і способи усунення представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Характерні причини виходу з ладу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

Назва несправності	Ймовірна причина	Метод усунення
Маслоутворювач не забезпечує паспортної продуктивності	Зміна продуктивності плунжерного насоса: а) підсос повітря; б) нещільне прилягання клапана.	Притерти клапан; підтягнути гайки, замінити прокладки, ущільнити сальники
Підвищення температури продукту на виході	1. Недостатнє поступлення холодоагента: а) нещільності в з'єднаннях лінії подачі холодоагента; б) зменшення подачі холодоагента. 2. Недостатня очистка поверхонь циліндрів скребками: а) деформація скребків; б) затуплення скребків.	Підтягнути з'єднання Збільшити подачу холодоагента Замінити Замінити
Маслоутворювач “заморожується”, підвищується тиск вершків на виході	Надмірне поступлення холодоагента	Зменшити подачу холодоагента
Виникнення стороннього шуму при роботі машини	1. Недостатній натяг ланцюга 2. Поломка скребка	1. Натягнути ланцюг 2. Замінити

3.3.1 Експлуатація та технічне обслуговування диспергатора маслоутворювача МСО-100 після ремонту

Після проведення ремонту диспергатора маслоутворювач марки МСО-100 монтується у склад технологічної лінії виробництва маргарину. Перед пуском агрегат необхідно підготувати до роботи [8,12].

Підготовка до запуску: перевірити надійність кріплення захисних щитків;

- увімкнути машину та впевнитися у правильності напрямку обертання каруселі зірочок і шнека.

У процесі експлуатації: регулярно здійснювати миття обладнання та проводити профілактичні огляди; контролювати стан поверхонь робочих органів, при виявленні дефектів — зупинити машину та усунути несправності; після миття забезпечити доступ свіжого повітря для запобігання корозії; усі роботи виконувати лише при знеструмленій машині.

Дії під час зупинки (наприклад, при передачі зміни):очистити внутрішні поверхні робочих камер; витерти сухою ганчіркою робочі органи механізмів.

Технічне обслуговування. Метою обслуговування є забезпечення надійної та безперебійної роботи маслоутворювача під час експлуатації. Обслуговування

включає:1. Щозмінний технічний огляд: перевірка кріплення шнеків, валів, шківів; контроль натягу пасів; перевірка наявності та справності заземлення.

2. Щоденний технічний огляд: перевірка кріплення щитків; контроль фіксації електродвигуна до рами; огляд електрообладнання установки.

3. Огляд не рідше ніж раз на 3 місяці: промивка підшипникових вузлів; заміна мастила; ревізія електрообладнання; заміна ущільнень та манжет за потреби.

4. Щорічний профілактичний ремонт: розбирання та перевірка механічних і електричних вузлів; заміна зношених елементів; заміна мастила у підшипниках згідно з паспортами заводів-виробників. При появі сторонніх шумів або вібрацій обладнання слід негайно зупинити та повідомити відповідального фахівця для оперативного усунення несправностей.

3.3.2. Розробка технологічного процесу механічної обробки валу диспергатора маслоутворювача МСО-100

Вал диспергатора маслоутворювача МСО-100 є ступінчастим елементом, що складається з чотирьох ділянок різного діаметра. Ця деталь належить до класу тіл обертання типу «вали», для яких характерне співвідношення довжини, значно більшої за діаметр, і невелика площа торцевих поверхонь. Конструкція вала передбачає наявність шпоночної канавки та штифтового з'єднання, що забезпечує надійну фіксацію обертових елементів. На одному з кінців вала виконано нарізання різьби, яке слугує для з'єднання з іншими компонентами установки. Геометрія вала сприяє його технологічності: деталь добре піддається обробці на токарному обладнанні, що дозволяє ефективно виконувати токарні, шліфувальні та нарізні операції.

Основне призначення вала диспергатора — передача крутного моменту від електродвигуна до турбінного диска маслоутворювача. Таким чином, деталь є ключовою ланкою у забезпеченні стабільної роботи обертального механізму установки МСО-100. Вал виготовляється зі сталі, здатної витримувати динамічні

навантаження, що виникають під час обертання. Завдяки своїй ступінчастій формі він дозволяє точно розміщувати елементи приводу, шпонки та різьбові з'єднання. Це забезпечує надійність з'єднань, зменшує люфти й сприяє довговічності роботи агрегата в умовах постійних навантажень.

3.3.2.1. Службове призначення та характеристика вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

Вал диспергатора маслоутворювача МСО-100 є ключовою деталлю, що забезпечує передачу крутного моменту від електродвигуна до турбінного диска пристрою. Конструкція валу передбачає наявність шпоночної канавки, штифтового з'єднання, різьбової ділянки та декількох ступенів з переходами діаметра. Це дозволяє надійно закріплювати робочі елементи та забезпечує зручність складання та обслуговування вузла.

Оцінка конструкції на технологічність — це комплекс заходів, спрямований на забезпечення ефективного виготовлення деталі з дотриманням необхідних вимог до якості, витрат часу та ресурсів. Одним з кількісних методів оцінки технологічності є розрахунок таких коефіцієнтів:

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э.},$$

- де $Q_{y.э.}$ — уніфіковане число типорозмірів елементів конструктивних (різьби, отвору, фаски, шпонки та ін.);
- $Q_э.$ - конструктивне число елементів у деталі.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{и.м.} = \frac{m_d}{m_з};$$

- де m_d — маса, кг;
- $m_з$ — маса заготовки, кг.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{y.э.} = \frac{5}{7} = 0,71$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{u.m.} = \frac{m_{\partial}}{m_3} = \frac{14}{19,3} = 0,73$$

Оскільки обидва значення лежать у межах $0 < K < 1$, можна зробити висновок про задовільну технологічність конструкції. Це свідчить про раціональне використання матеріалу та доцільність уніфікованих рішень.

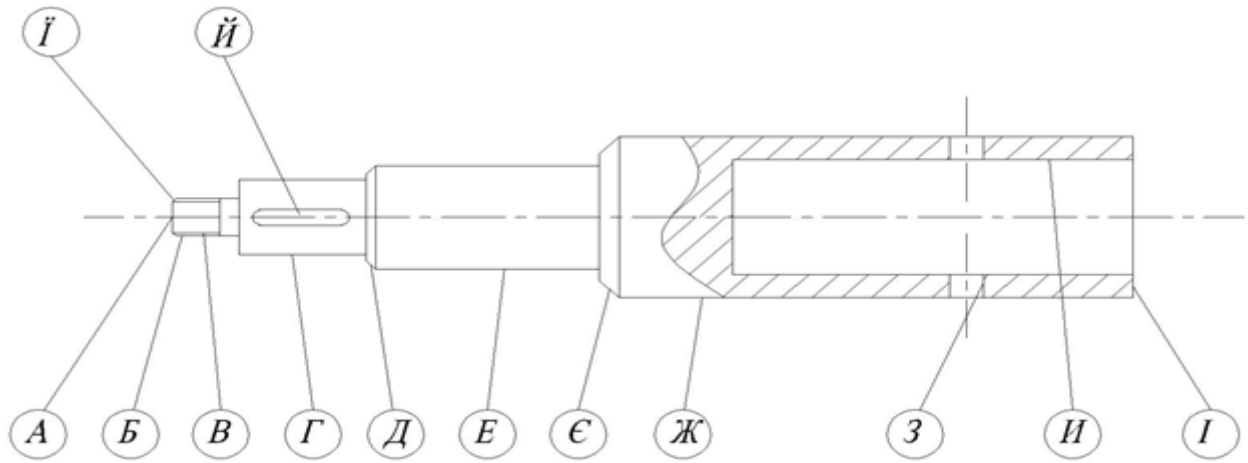


Рис. 3.1. - Позначення поверхонь валу диспергатора маслоутворювача МСО-100

Умовні позначення поверхонь. Для подальшого аналізу технічних умов виготовлення валу на кресленні (рисунок 3.1) поверхні деталі позначено буквами **A, B, C, D** відповідно до операційної обробки: базування, обробка посадок, контроль точності та шорсткості.

Матеріал валу диспергатора сталь 45 ГОСТ 1050-88 нормалізована, HB 230. Дані про матеріал деталі: за хімічним складом, механічними таблицями до і після термічної обробки приведені в таблиці 3.5. і таблиці 3.6.

Таблиця 3.5. – Хімічний склад сталі 45 (ГОСТ 1050-88) в %.

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
			Не більше			
0,4-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	0,45	0,45	0,3	0,3

Таблиця 3.6. - Механічні властивості сталі 45 (ГОСТ 1050-88)

В таблиці 3.7 подано аналізу технічних умов виготовлення валу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. В таблиці враховано: граничні відхилення, вимоги до жорсткості, допуски форми та розташування поверхонь, методи обробки та контролю.

Таблиця 3.7 – Аналіз технічних вимог до поверхонь вала диспергатора МСО-100

№ п/п	Поверхня (умовне позначення)	Розмір, мм	Граничне відхилення	Вимоги до жорсткості, Ra, мкм	Допуски форми і розташування	Відповідальність поверхні	Метод кінцевої обробки	Метод контролю
1	А (циліндр під підшипник)	Ø35	h6	0.63	Циліндричність мм	0.02 Висока	Шліфування	Мікрометр, ІЧ-метр
2	В (різьбова частина)	M20×1.5	6g	—	Збіг осі з посадками	Середня	Нарізання різьби (плашка/фреза)	Контроль різьбоміром
3	С (шпоночна канавка)	6×28	JS9	—	Паралельність до осі	Висока	Фрезерування	Штангенциркуль, шаблон

σ_T , Н/мм ²	σ_T , Н/мм ²	δ_s , %	ψ , %	a_n , Н/мм ²	НВ (не більше)	
Не менше				0,5	Гарячекатаної	Відпаленої
14	610	16	40		241	197

4	D (ступінь Ø28)	Ø28	h9	1.25	Бієння до 0.05 мм	Середня	Токарна обробка	Мікрометр
5	Торцева поверхня	—	—	3.2	Перпендикулярність до осі	Низька	Торцювання	Контроль кутником
6	Отвір під штифт	Ø6	H8	1.25	Розташування відносно осі	Висока	Свердління розгортання	+ Набір калібрів, шаблон

3.3.2.2. Технологічний контроль креслення деталі

Технологічний контроль креслення деталі полягає у перевірці його відповідності вимогам ЄСКД (Єдина система конструкторської документації) та ЄСТД (Єдина система технологічної документації), а також у визначенні правильності виконання креслення з точки зору технологічності конструкції.

На аркуші формату А3 зображено робоче креслення деталі — вал диспергатора маслоутворювача марки МСО-100. Проаналізувавши креслення, встановлено, що деталь належить до тіл обертання класу "вали". Вибір заготовки для виготовлення вала може здійснюватись із таких варіантів: сортовий прокат (круг); поковка; штампування.

Остаточний вибір базується на економічній доцільності, що враховує: наявність стандартних заготовок на ринку; вартість матеріалу і заготівлі; коефіцієнт

використання матеріалу; обсяг припусків та обробки; трудомісткість подальших операцій.

На кресленні зображено: усі необхідні проекції та розрізи, які забезпечують повне уявлення про геометрію деталі;

- повний комплект розмірів із зазначенням граничних відхилень відповідно до вимог точності;
- класи чистоти обробки поверхонь, відповідно до їх функціонального призначення;
- допуски форми та взаємного розташування поверхонь (наприклад, співвісність, паралельність);
- зазначено матеріал, термічну обробку (за потреби), покриття (якщо передбачено) та інші технічні вимоги.

Таким чином, креслення відповідає вимогам ЄСКД і може бути використане як робоча конструкторська документація для розробки технологічного процесу виготовлення вала.

Забезпечення технологічності конструкції виробу є однією з основних вимог Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ). Аналіз технологічності в машинобудуванні проводиться як для виробу в цілому, так і для окремих деталей.

Розрізняють якісну та кількісну оцінки технологічності. Згідно з ГОСТ 14.205–83, технологічність конструкції – це сукупність властивостей, які визначають її пристосованість до виготовлення, експлуатації й ремонту з мінімальними витратами при заданих умовах і показниках якості.

Мета аналізу технологічності полягає у виявленні можливостей зменшення трудомісткості та матеріаломісткості виробництва, можливості застосування високопродуктивних методів обробки, а також у забезпеченні відповідності сучасним технологічним можливостям.

Деталь "вал диспергатора" є технологічною – її конструкція дозволяє використовувати стандартні заготовки, високопродуктивне різання, має зручні бази та не ускладнена з точки зору обробки.

Кількісна оцінка проводиться за формулою:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i},$$

де K_m - показник технологічності;

k_i - частковий технологічності;

φ_i - коефіцієнт вагомості часткової технологічності;

n - кількість показників технологічності.

Матеріал деталі – сталь 45. Вона добре піддається механічній обробці: невелике зношування інструменту, помірні сили різання, прийнятна шорсткість поверхні.

Приймаємо: $K_{om} = 0,5$

Розрахунок ведеться за формулою: $K_{ck} = 0,25 (K_k + K_p + K_v + K_c)$,

де K_k, K_p, K_v, K_c - коефіцієнти, що визначаються як $K_i = 1 - A_i$, де A_i – ступінь спрощення.

Параметр	Значення A_i Розрахунок $K_i = 1 - A_i$	
K_k – поверхні для обробки	$A_1 = 0,3$	0,7
K_p – точність форми	$A_2 = 0,4$	0,6
K_v – кількість операцій	$A_3 = 0,1$	0,9
K_c – відповідність шорсткості	$A_4 = 0,4$	0,6

$$K_{ck} = 0,25(0,7 + 0,6 + 0,9 + 0,6) = 0,25 \cdot 2,8 = 0,7$$

Оскільки деякі поверхні (Г, П, М, Ж, О) мають підвищені вимоги до точності та шорсткості, а решта – ні, приймаємо: $K_{пов} = 0,7$

Усі 12 елементів уніфіковані, тобто:

$$K_{ue} = N_{ue} / N_e = 12 / 12 = 1,0$$

У результаті кількісного аналізу всі часткові показники перевищують або відповідають нормативним значенням. Деталь має просту, зручну для обробки конструкцію, що допускає використання стандартного інструменту і високопродуктивних методів. Висновок: деталь є технологічною, її конструкція оптимізована для серійного виробництва.

3.3.2.3. Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки

Вибір заготовки проводиться за критерієм мінімальних витрат на її виготовлення. Розглянемо два можливі способи отримання заготовки: з пруткового прокату та методом гарячого штампування.

1. *Заготовка з пруткового прокату.* Витрати на отримання заготовки визначаються за формулою: $H_1 = Q_1 S_1 - (Q_1 - q) S_{\text{відх}}$

де:

- $Q_1 = 4,9$ кг — маса заготовки,
- $q = 1,8$ кг — маса готової деталі,
- $S_1 = 1,90$ грн/кг
- $S_{\text{відх}} = 0,30$ грн/кг- вартість 1 кг стружки.

$$H_1 = 4,9 \cdot 1,9 - (4,9 - 1,8) \cdot 0,3 = 9,31 - 0,93 = 8,38 \text{ грн}$$

2. *Заготовка методом гарячого штампування.* Витрати визначаються за формулою: $H_2 = (S_2 Q_2 k_t k_c k_v k_m k_n) - (Q_2 - q) S_{\text{відх}}$

де:

- $S_2 = 5,25$ грн/кг — базова вартість 1 кг заготовки;
- $Q_2 = 3,2$ кг — маса заготовки;
- $k_t = 1,0$ — коефіцієнт точності (2-й клас);
- $k_c = 1,0$ — коефіцієнт складності (3-тя група);
- $k_v = 1,14$ — коефіцієнт, що враховує матеріал і масу штамповки;
- $k_m = 1,0$ — коефіцієнт матеріалу (сталь 45);
- $k_n = 1,0$ — коефіцієнт серійності (одиничне виробництво).

$$H_2 = (5,25 \cdot 3,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,14 \cdot 1,0 \cdot 1,0) - (3,2 - 1,8) \cdot 0,3 = 19,15 - 0,42 = 18,73 \text{ грн}$$

Оскільки вартість заготовки, виготовленої з пруткового прокату є меншою ($H_1 = 8,38$ грн $<$ $H_2 = 18,73$ грн), то економічно доцільно вибрати саме цей спосіб отримання заготовки.

3.3.3. Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

3.3.3.1. Визначення міжопераційних розмірів, припусків та допусків

Для розрахунку міжопераційних розмірів та припусків для поверхні $\varnothing 26k6$, що позначена як "поверхня 4", використовуємо розрахунково-аналітичний метод. Технологічний маршрут обробки цієї поверхні включає наступні операції:

- Обточування попереднє: передня частина валу обробляється обточуванням для досягнення початкових розмірів.
- Обточування кінцеве: остаточне обточування після попередньої операції для отримання точних розмірів.
- Шліфування попереднє: попереднє шліфування для досягнення високої точності перед кінцевим шліфуванням.
- Шліфування кінцеве: остаточне шліфування для досягнення необхідної точності та чистоти поверхні.

Таблиця 3.8 – Технологічний маршрут обробки та елементи припуску

Операція	Припуск (мм)	Допуск (мм)	Тип обробки
Обточування попереднє	a_1	t_1	Обточування
Обточування кінцеве	a_2	t_2	Обточування
Шліфування попереднє	a_3	t_3	Шліфування
Шліфування кінцеве	a_4	t_4	Шліфування

Для розрахунку припусків для кожної операції обробки використовуємо стандартні методи:

1. Для обточування попереднього (a_1): визначається в залежності від матеріалу, інструменту та стану заготовки.
2. Для обточування кінцевого (a_2): припуск має бути мінімальним, оскільки це остання операція обробки перед шліфуванням.
3. Для шліфування попереднього (a_3): припуск враховує точність, яку потрібно досягти для подальших операцій.
4. Для шліфування кінцевого (a_4): мінімальний припуск для досягнення точності, необхідної для кінцевої геометрії.

Обґрунтування вибору припусків та допусків

1. Припуски обираються таким чином, щоб забезпечити ефективну обробку без перевитрат часу на операції, що не несуть критичних вимог до точності.
2. Вибір припусків на обточування і шліфування зумовлений типом матеріалу валу, його початковим станом і вимогами до точності виготовлення.
3. Для кожної операції визначаються допуски, щоб забезпечити необхідну точність в межах, допустимих для технологічного процесу.

Цей розрахунок допоможе точно визначити необхідні припуски та допуски на кожній стадії обробки валу диспергатора, що дозволить досягти високої точності та ефективності виготовлення.

Таблиця 3.9 – Розрахунок припусків граничних розмірів за технологічними переходами на обробку поверхні.

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 26 \begin{pmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{pmatrix}$	Елементи припуску, мкм.			Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір $\varnothing d_p$, мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припусків	
	Rz	T	ρ				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$z_{\min}^{np}$	$z_{\max}^{np}$
Заготовки	150	280	1550		30,654	3000	30,654	33,654		
Обточування										
попереднє	50	50	93	2*195	26,754	400	26,754	27,154	3900	6500
кінцеве	30	30	62	2*193	26,368	120	26,368	26,488	386	666
Шліфування:										
попереднє	10	20	31	2*122	26,124	30	26,124	26,154	244	334
кінцеве	5	15		2*61	26,002	16	26,002	26,018	122	136
Всього									4652	7636

Для розрахунку мін. припуску, і відповідну графу можна не вводити в розрахункову таблицю.

Сумуюче відхилення:

$$I_3 = \sqrt{I_{cm}^2} + \sqrt{I_{кор}^2} + \sqrt{I_y^2} \quad \text{¶}$$

$$I_{cm} = 1,0 \text{ мм}; \text{¶}$$

$$I_{кор} = \Delta_k * 1 = 1 * 320 = 0,32 \text{ мм}. \text{¶}$$

$$I_y = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,52 \text{ мм}. \text{¶}$$

$$I_3 = \sqrt{1,0^2 + 0,32^2 + 1,52^2} = 1,55 \text{ мм}. \text{¶}$$

Залишкова величина просторового відхилення:

після попереднього обточування $I_1 = 0,06 * 1550 = 93 \text{ мкм}$;

після кінцевого обточування $I_2 = 0,04 * 1550 = 62 \text{ мкм}$;

після попереднього шліфування $I_3 = 0,02 * 1550 = 31 \text{ мкм}$.

Розрахунок мінімальних значень припусків здійснюємо, користуючись основною формулою $2z_{\min} \cdot i = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$

→ Мінімальний припуск

під попереднє обточування

$$2z_{\min} \cdot 1 = 2(150 + 250 + 1550) = 2 * 1950 \text{ мкм};$$

Маючи розрахунок розміру, за останнім переходом (в даному чистове шліфування 26,002), решта переходів отримує:

головне шліфування

$$dp_3 = 26,002 + 0,122 = 26,124 \text{ мм};$$

$$dp_2 = 26,124 + 0,244 = 26,368 \text{ мм};$$

$$dp_1 = 26,368 + 0,386 = 26,754 \text{ мм};$$

$$dp_3 = 26,754 + 3,9 = 30,654 \text{ мм}.$$

Записавши у графі “Найменший граф. розмір” визначимо значення кожного технологічного переходу.

$$2z_{\max 4}^{np} = 26,154 - 26,018 = 0,136 = 136 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 3}^{np} = 26,488 - 26,154 = 0,344 = 344 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 27,154 - 26,488 = 0,666 = 666 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 33,654 - 27,154 = 6,5 = 6500 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 4}^{np} = 26,124 - 26,002 = 0,122 = 122 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 3}^{np} = 26,368 - 26,124 = 0,244 = 244 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 2}^{np} = 26,754 - 26,368 = 0,368 = 368 \text{ мкм};$$

На основі розрахунку побудуємо схему розташування припусків і допусків

обробки шийки $\varnothing 26^{+0,018}_{+0,002}$ (рисунок 3.2)

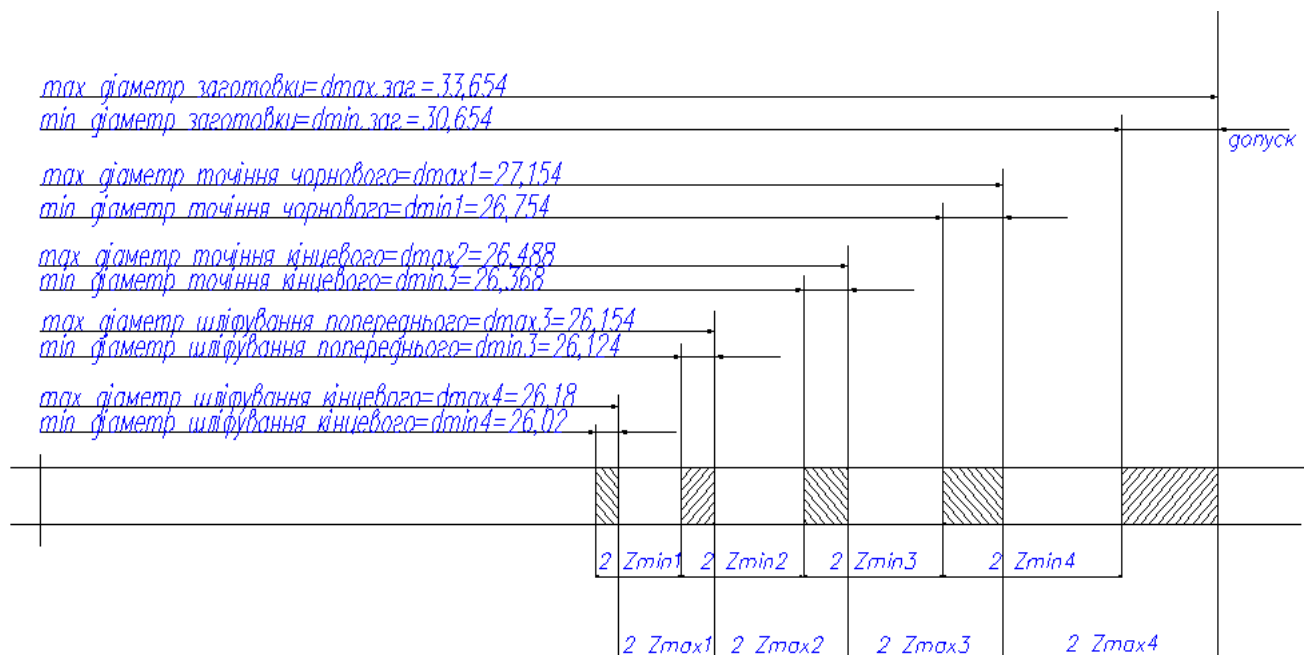


Рис. 3.2. Графічне розташування припусків і допусків обробки шийки $\varnothing 26k6$

$\left(\begin{matrix} +0,018 \\ +0,002 \end{matrix} \right)$ вала диспергатора

3.3.3.2. Розробка технологічного маршруту механічної обробки валу диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

Технологічний маршрут механічної обробки валу диспергатора маслоутворювача МСО-100 складений на основі таблиці 3.7 і аналізу конструкції:

Таблиця 3.10 – Технологічний маршрут обробки валу диспергатора МСО-100

№ п/п	Назва операції	Зміст операції	Обладнання / інструмент
1	Заготівельна	Відрізання заготовки з круглого прокату, припуски за ГОСТ	Ленточнопильний верстат або відрізний станок
2	Чорнове точіння	Центрування, встановлення в центрах, чорнове точіння всіх ділянок Ø	Токарний верстат 1К62, різці прохідні
3	Попереднє точіння під Ø35, Ø28	Доводиться до розмірів з припусками під шліфування	Токарний верстат, контроль мікрометром
4	Точіння різьби М20×1.5	Нарізання метричної різьби на кінці вала	Токарний верстат, різьбонарізний інструмент
5	Фрезерування шпоночної канавки	Обробка шпоночної канавки 6×28 мм	Горизонтально-фрезерний верстат, дискова фреза
6	Свердління отвору під штифт Ø6	Свердління і розгортання отвору з точним розташуванням	Свердлильний верстат, свердло Ø5.8, розгортка Ø6 Н8
7	Чистове шліфування Ø35	Досягнення точності h6 і Ra 0.63	Круглошліфувальний верстат
8	Шліфування Ø28 (опціонально)	Якщо потрібно для точності (h9), обробка ступені Ø28	Круглошліфувальний верстат
9	Торцювання	Чистове торцювання торців до Ra 3.2	Токарний верстат, чистове доводження
10	Контроль і приймання	Перевірка розмірів, точності, шорсткості, форми	Мікрометр, штангенциркуль, калібри, шаблони

Базування під час обробки – по центруваннях або посадкових Ø. У відповідальних поверхнях (Ø35, шпоночна канавка, отвір під штифт) дотримуватись жорстких вимог до точності та розташування. Перед шліфуванням – термообробка (якщо передбачена проектом).

Маршрутна карта технологічного процесу обробки валу диспергатора МСО-100 у вигляді детальної таблиці з операціями, переходами, інструментами, обладнанням і короткими режимами обробки:

Таблиця 3.11 – Маршрутна карта обробки вала диспергатора МСО-100

№ ОП	№ ПП	Назва переходу	Устаткування	Інструмент	Режим обробки (приблизно)	Примітка
001	001	Відрізання заготовки	Відрізний верстат	Відрізне коло Ø250	L = 250 мм	Запас по довжині 3–5 мм

№ ОП	№ ПП	Назва переходу	Устаткування	Інструмент	Режим обробки (приблизно)	Примітка
002	001	Центрування	Свердлильний верстат	Центрувальне свердло Ø4,5	$g = 3 \text{ мм}$	З обох боків
003	001	Установлення в центрах	-	-	-	Підготовка до точіння
003	002	Чорнове точіння Ø36 по всій довжині	Токарний 1K62	Прохідний різець	$S = 0.3 \text{ мм/об}$, $t = 2 \text{ мм}$, $V = 100 \text{ м/хв}$	Припуск під чистове точіння
004	001	Чистове точіння Ø35 L=60 мм	Токарний 1K62	Чистовий різець	$S = 0.1 \text{ мм/об}$, $t = 0.5 \text{ мм}$, $V = 120 \text{ м/хв}$	Поверхня посадки під підшипник
004	002	Чистове точіння Ø28 L=80 мм	Токарний 1K62	Чистовий різець	$S = 0.1 \text{ мм/об}$, $t = 0.5 \text{ мм}$	Вихід на h9
005	001	Нарізання різьби M20×1.5 L=30 мм	Токарний 1K62	Різьбонарізна головка	-	Контроль гайкою
006	001	Фрезерування шпонкової канавки 6×28	Горизонтально-фрезерний	Дискова фреза Ø80×6	$V = 30 \text{ м/хв}$, $S = 0.05 \text{ мм/зуб}$	Вісь канавки співвісно Ø28
007	001	Свердління отвору Ø5.8 глиб. 15 мм	Свердлильний верстат	Свердло Ø5.8	$n = 1200 \text{ об/хв}$	Попередній отвір під розгортку
007	002	Розгортання Ø6 Н8	Свердлильний верстат	Розгортка Ø6 Н8	$n = 600 \text{ об/хв}$	Під штифт
008	001	Шліфування Ø35 до h6, Ra ≤ 0.63	Круглошліфувальний	Абразивне коло 25А F46	$V = 20 \text{ м/с}$, $S = 0.02 \text{ мм/прохід}$	Посадочна поверхня
009	001	Торцювання торців	Токарний 1K62	Торцевий різець	Чистова обробка	Обидва торці
010	001	Контроль усіх розмірів	Вимірювальна дільниця	Мікрометр, штангенциркуль, калібри	-	За кресленням

Позначення: ОП — операція; ПП — перехід; S — подача; t — глибина різання; V — швидкість різання.

3.4. Вибір металообробного обладнання та його технічна характеристика

Для виконання операцій обробки були обрані верстати, які забезпечують необхідну точність, надійність і продуктивність. Нижче подано узагальнені технічні характеристики обладнання, підбраного для кожної з технологічних операцій.

Операції 005, 010 – Токарна обробка (різьбонарізання). Використовується токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20, призначений для обробки циліндричних деталей із зовнішнім і внутрішнім різбленням.

Основні технічні параметри:

- Максимальний діаметр заготовки:
 - над станиною – 400 мм
 - над супортом – 220 мм
- Діаметр прутка, що проходить через шпиндель – 53 мм
- Найбільша довжина обробки – 710 мм
- Діапазон нарізання різі:
 - метрична – 0,5–112 мм
 - дюймова – 6–0,5 витків/дюйм
 - модульна – 0,5–112 мм
- Частота обертання шпинделя – 12,5–1600 об/хв (22 швидкості)
- Переміщення супорта:
 - поздовжнє – 645 мм
 - поперечне – 300 мм
- Подача супорта:
 - поздовжня – 0,05–2,8 мм/об
 - поперечна – 0,025–1,4 мм/об
- Кількість подач – 24
- Швидкість швидкого переміщення:
 - поздовжня – 3800 мм/хв
 - поперечна – 1900 мм/хв
- Потужність головного електродвигуна – 11 кВт
- Габарити (Д×Ш×В) – 2505×3795×1190 мм
- Маса – 2835 кг

Операція 015 – Фрезерування. Для фрезерувальних робіт застосовується широкоуніверсальний фрезерний верстат 676П, який дозволяє виконувати як горизонтальну, так і вертикальну обробку.

Технічні характеристики:

- Розмір стола – 250×630 мм
- Ходи столу:
 - поздовжній – 400 мм
 - поперечний – 380 мм
- Хід шиберної бабки – 250 мм

- Хід гільзи вертикальної головки – 60 мм
- Кут повороту вертикальної головки – $\pm 90^\circ$
- Відстань:
 - від осі горизонтального шпинделя до столу – 115–65 мм
 - від торця вертикального шпинделя до столу – 95–545 мм
- Частота обертання шпинделів:
 - горизонтального – 40–2000 об/хв
 - вертикального – 40–2000 об/хв
- Подача – 13–395 мм/об
- Швидкість швидкого переміщення – 935 мм/хв
- Додатковий кутовий стіл – 200×630 мм
- Висота центрів ділильної головки – 107 мм
- Оберти швидкохідної головки – 156–3300 об/хв
- Хід довбальної головки – 80 мм
- Потужність головного приводу – 2,2 кВт
- Габарити – 1285×1215×1780 мм
- Маса – 910 кг

Операція 020 – Свердління. Для виконання свердлильних робіт використовується вертикально-свердлильний верстат 2Н125.

Основні параметри:

- Максимальний діаметр свердління по сталі – 25 мм
- Найбільше зусилля подачі – 9000 Н
- Відстань від шпинделя до основної плити – 690–1060 мм
- Відстань від торця шпинделя до стола – до 700 мм
- Переміщення шпинделя – 200 мм
- Конус шпинделя – Морзе №3
- Кількість ступенів подачі – 9
- Частота обертання шпинделя – 97–1360 об/хв
- Подача – 0,1–0,81 мм/об
- Потужність електродвигуна – 2,8 кВт
- Розміри стола – 400×450 мм
- Габарити – 1130×805 мм

Ці верстати забезпечують виконання всіх основних металообробних операцій відповідно до технологічного процесу, враховуючи точність, надійність та ефективність обробки.

Таблиця 3.12 – Технічна характеристика обладнання

№ операції	Найменування верстата	Модель	Основні технічні характеристики
005, 010	Токарно-гвинторізний верстат	16K20	Ø max над станиною – 400 мм; довжина заготовки – 710 мм; шпиндель Ø – 53 мм; об/хв – 12,5–1600; потужність – 11 кВт
015	Універсально-фрезерний верстат	676П	Стіл 250×630 мм; об/хв шпинделя – 40–2000; переміщення – 400×380×250 мм; потужність – 2,2 кВт
020	Вертикально-свердлильний верстат	2Н125	Ø свердління – 25 мм; хід шпинделя – 200 мм; конус Морзе – №3; об/хв – 97–1360; потужність – 2,8 кВт
025	Круглошліфувальний верстат	3М150	Ø шліфування зовн. – 10–50 мм; довжина – до 340 мм; об/хв круга – 2350; точність подачі – до 0,001 мм; потужність – 4 кВт

Таблиця 3.13 – Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

№ операції	Вид обробки	Інструмент ріжучий	Інструмент вимірювальний
005	Чорнове точіння	Токарний прохідний різець	Штангенциркуль Мікрометр МК-50
010	Чистове точіння	Токарний підрізний різець	Нутромір; Індикатор годинникового типу
015	Фрезерування	Циліндрична фреза Ø63 мм, кінцева фреза Ø12 мм	Штангенциркуль; універсальний
020	Свердління	Свердла Ø5–Ø20 мм	Штангенциркуль; Мікрометр
025	Кругле шліфування	Шліфувальний круг Ø400 мм	Індикатор на стійці; Мікрометр; Калібр-пробка

Розрахунок і вибір режимів різання. Для розрахунку режимів різання при фрезеруванні паза (операція 015), виконаємо покроково обчислення основних

параметрів. Тип операції: фрезерування шпоночного паза 5H8 × 3h12 × 20. Для сталі 45 з подачею до 0,1 мм/зуб, сила різання $P_z \approx 1000$ Н.

$$N = 1000 \cdot 2860 \cdot 1000 \approx 0,47 \text{ кВт.}$$

Потужність фрезерного верстата 676П = 2,2 кВт, тому режим допустимий.

Діаметр фрези	D	63	мм
Частота обертання фрези	n	140	об/хв
Подача на оберт	S	0,2	мм/об
Хвилинна подача	Sm	28	мм/хв
Глибина різання	t	3	мм
Орієнтовна потужність різання	N	0,47	кВт
Швидкість різання	Vc	28	м/хв

Решту операцій та переходу вибору режиму різання обробки поверхні валу виконуємо при нормативних даних і занесемо в таблицю 3.14 режимів різання.

Таблиця 3.14 – Режими різання механічної обробки вала диспергатора

№ операції	Назва операції та переходу	V_1 , м/хв	n_1 , об/хв	t_1 , мм	S, мм/об	S_1 , мм/хв
005	Токарно-гвинторізна:					
	1. Підрізати торець Ø57h12	62,8	400	2	0,2	80
	2. Центрувати отвір (ГОСТ 14952-76)	12,56	400	10	0,1	40
	3. Точити поверхню Ø14×20 мм	18,84	400	7,5	0,2	80
	4. Точити Ø26,2×38 мм	23,66	400	6	0,2	80
	5. Точити Ø36,2×70 мм	25,12	400	5	0,2	80
	6. Точити фаску 1,5×45°	62,8	400	3	0,2	80
	7. Точити фаску 3×45°	62,8	400	3	0,2	80
	8. Точити фаску 6×45°	62,8	400	3	0,2	80
	9. Нарізати різьбу M14×1-6g	3,6	150	1	0,2	36
	Вертикально-свердлильна					
020	Точити отвір ø10H12 на прохід в розмірі 50мм	19,6	750	2	0,4	300
025	Круглошліфувальна ø26k6x38; ø36h6x68,5; ø56h6x157	30	20	0,05	0,01	0,2

3.3.5 Технічне нормування технологічного процесу механічної обробки вала диспергатора маслоутворювача марки МСО-100

Технічне нормування включає встановлення необхідного часу для виконання кожної технологічної операції обробки деталі. На основі вибраних режимів різання, типів обладнання, інструментів та умов роботи, визначається норма часу, яка включає:

- основний (машинний) час (**T_м**),
- допоміжний час (**T_д**),
- час на обслуговування робочого місця (**T_{об}**),
- час на відпочинок та особисті потреби (**T_в**),
- штучно-калькуляційний час (**T_{шк}**).

Нормування проводиться згідно з Єдиними нормами часу (ЄНП), а результати зводяться у таблицю 3.15.

Таблиця 3.15 – Нормування технологічного процесу обробки вала диспергатора

№ опер.	Назва операції та переходу	T _м , хв	T _д , хв	T _{об} , хв	T _в , хв	T _{шк} , хв
005	Токарна: підрізання торця Ø57	0,60	0,20	0,10	0,05	0,95
	Центрування отвору	0,70	0,25	0,10	0,05	1,10
	Точіння Ø14×20	1,00	0,30	0,10	0,05	1,45
	Точіння Ø26,2×38	1,20	0,35	0,10	0,05	1,70
	Точіння Ø36,2×70	1,30	0,35	0,10	0,05	1,80
	Фаски 1,5×45°, 3×45°, 6×45° (разом)	1,00	0,30	0,10	0,05	1,45
	Нарізання різьби М14×1-6g	1,50	0,40	0,10	0,05	2,05
010	Свердління отвору Ø6	0,80	0,30	0,10	0,05	1,25
015	Фрезерування паза шпоночного 5Н8×3h12×20	1,20	0,40	0,10	0,05	1,75
025	Шліфування Ø36,2 – чистова обробка	2,00	0,50	0,15	0,05	2,70

3.3.5.1. Вибір основних ремонтних пристосувань та технічних засобів вимірювання

При монтажі та технічному обслуговуванні маслоутворювача-вотатора марки МСО-100 застосовуються різні вимірювальні засоби та інструменти, що забезпечують точність установлення, вирівнювання, надійність з'єднань, а також зручність в роботі. До таких засобів відносяться: рулетка, нівелір, домкрат, рівень,

ремболти та слюсарно-монтажні інструменти. Перелік вибраних пристроїв та інструментів наведено у таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 – Основні ремонтні пристосування та технічні засоби вимірювання

№ з/п	Найменування пристосування або інструменту	Призначення
1	Рулетка (3–5 м)	Вимірювання довжин і відстаней при розмітці місця монтажу
2	Нівелір	Вирівнювання машини по горизонталі при встановленні на фундамент
3	Рівень (бульбашковий або електронний)	Точне горизонтальне вирівнювання корпусу машини
4	Домкрат гідравлічний (до 5 т)	Підйом елементів обладнання при вирівнюванні або ремонті
5	Ремболти	Фіксація машини на фундаменті, забезпечення жорсткого кріплення
6	Набір слюсарно-монтажних інструментів	Виконання монтажно-демонтажних робіт: гайкові ключі, викрутки, молоток тощо
7	Кутник або шаблон	Контроль правильності монтажу окремих вузлів
8	Щупи або калібри	Контроль зазору між з'єднуваними деталями
9	Індикатор годинникового типу (ІЧ-10)	Контроль биття, точності обертання валів

Під час діагностики кулькових підшипників враховують ряд параметрів, зокрема геометричні, такі як габаритні розміри та зазори. Особливу увагу приділяють осьовому зазору, що визначається як найбільше переміщення одного кільця підшипника відносно іншого в осьовому напрямку при довільному положенні тіл кочення. Для контролю застосовуються спеціальні пристрої, основні характеристики яких подано у таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Технічні характеристики приладів для контролю осьового зазору кулькових підшипників

№ з/п	Найменування приладу	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Особливості застосування
1	A-121	0–0,3	0,001	Для підшипників з малим осьовим зазором

№ з/п	Найменування приладу	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Особливості застосування
2	A-122	0–0,5	0,002	Для підшипників середніх розмірів
3	A-123	0–1,0	0,005	Для підшипників з великим осьовим зазором

Опис роботи сортувального механізму

Сортувальний механізм призначений для автоматичного поділу контрольованих підшипників на три категорії відповідно до результатів діагностики, отриманих від блоку керування.

Принцип дії:

Елемент механізму	Функція
Контрольований підшипник	Переміщується самопливом (за рахунок власної ваги) по жолобу сортувального механізму.
Блок керування	Обробляє сигнал діагностики та передає команду на пневмоциліндр.
Пневмоциліндр	Приводить у дію шторки, які направляють підшипник до відповідної групи.
Шторки (направляючі)	Перемикають напрям руху підшипника в залежності від команди керування.
Кронштейн циліндра	Забезпечує механічне регулювання крайніх положень шторок.

Групи сортування:

Група	Позначення	Значення
I	Придатний	Підшипник відповідає всім вимогам, допускається до роботи
II	Непридатний “–”	Виявлені дефекти, не допускається до встановлення
III	Непридатний “+”	Виявлені дефекти іншого типу (наприклад, перевищений зазор)

Особливості конструкції:

- Вся система працює за рахунок гравітаційного переміщення підшипників.
- Сортування здійснюється без участі оператора, що знижує ймовірність помилки.
- Регулювання положення шторок здійснюється вручну через налаштування довжини кронштейна пневмоциліндра.

4. Охорона праці

4.1 Загальні положення

При проведенні монтажних, налагоджувальних і ремонтних робіт для запобігання виробничого травматизму необхідно знання і застосування способів їх безпечного виконання, які відповідають правилам техніки безпеки. Ці правила представляють собою узаконені заходи, направлені на забезпечення робочим безпечних умов праці.

Для створення належних умов праці необхідно, щоб інженерно-технічний персонал систематично здійснював і контролював виконання цих правил.

Кожен робочий до початку роботи повинен пройти інструктаж по техніці безпеки; робочих, які не пройшли інструктажу, до роботи допускати не слід.

В подальшому, через кожні 6 місяців, всі робочі повинні проходити повторний інструктаж по техніці безпеки з відміткою в журналі: дати проходження інструктажу, по якій професії і роботі проводиться інструктаж, прізвище і посада особи, яка пройшла інструктаж, і підпис робочого, що отримав інструктаж.

Проходження інструктажу повинно бути відмічено в журналі, котрий складається по наступній формі.

В випадку перевodu робочого на іншу роботу, а також поручення йому роботи на новому обладнанні, пристосібленнях, інструменті він повинен бути заново проінструктований про безпечні способи роботи на них. Про це повинний бути зроблений відповідний запис в журналі інструктажу, підписаний проінструктованою особою.

Відповідальність за стан охорони праці і виконання правил по техніці безпеки при монтажі чи ремонті покладається на особу, безпосередньо керуючу монтажем або ремонтом, а по підприємству—на головного інженера.

4.2. Правила безпеки при роботі з вантажопідйомними пристосібленнями

При роботі з різними вантажопідйомними пристосібленнями обов'язково дотримуватись наступних правил:

1) Підбирати вантажопідйомні пристосіблення в відповідності з вантажами, що піднімаються.

2) Перевіряти на кожному вантажопідйомному пристосібленні таблички з вказанням допустимого граничного навантаження.

3) При роботі з талями:

а) перевіряти стан талів; повинні бути справні гальма, цілі вантажний і гоночний ланцюг, правильно підігнуті щітки біля колеса, які попереджують

сковзування ланцюга з колеса;

б) надійно підвішувати таль; вантаж прикріплюють так, щоб при підйомі він не окантовувався;

в) додатково підвішувати піднятий і той що залишився висіти на талі вантаж стропом або куском троса;

г) забороняти стояти під вантажем або на вантажі при підйомі.

Всі підйомні механізми, а також канати, троси, ланцюги і т.п. повинні періодично перевірятись в відповідності з встановленими правилами Держтехнагляду і техніки безпеки.

Правила безпеки при роботі з пристосібленнями і інструментами

1) Верстаки для роботи повинні бути цілком стійкі, надійно закріплені і мати відповідні розміри, особливо необхідну висоту.

2) Лещата, затискачі і т.п. повинні надійно затискати деталі, які підлягають обробці.

3) Ударні інструменти повинні мати ручки з міцної, витриманої, пружної деревини і бути надійно на них насадженні.

4) Бійні поверхні інструментів повинні мати трошки випуклу поверхню, без заусениць.

5) Напильники і інші інструменти повинні мати точені ручки і бути надійно закріплені в них.

6) Вістря зубил повинно бути заточене під кутом 65-75° і ріжуча кромка зубила повинна представляти пряму або злегка випуклу лінію, а задній кінець зубила повинен мати правильну, дещо відтягнуту на конус форму.

Користуватись зубилами з косими і збитими задніми частинами забороняється.

При роботах з зубилами робочі в цілях запобігання очей від уламків, що відлітають повинні користуватись захисними окулярами.

7) При збиранні різьбових з'єднань не дозволяється користуватись гайковими ключами з подовжувачами і застосовувати при роботі ключі більшого розміру, чим гайки, вставляючи в зазор металічні і дерев'яні прокладки.

Розвідний ключ слід застосовувати так, щоб при накладанні на гайку передня частина ключа була направлена в сторону руху гайки.

8) При ручній клепці, обжиманні і карбуванні пристосування повинні задовольняти вимоги міцності і надійності.

9) Робота електроінструментами без заземлення їх корпусів спеціальним проводом забороняється.

10) При роботі електроінструментами робочий повинен бути забезпечений резиновими рукавицями і калошами або працювати на резиновому килимі або ж на дерев'яному сухому настилі.

11) Тимчасове освітлення переносними лампами всередині металевих бункерів, посудин в печах повинно виконуватись тільки низьковольтними лампами- 12 В.

Необхідно систематично вести нагляд за станом інструментів і при необхідності його виправляти або замінювати новим.

Правила безпеки при випробуванні технолічного обладнання

При випробуванні машин слід дотримуватись наступних правил:

1) Випробування машин повинно проводитись при встановленому комплекті захисних огорож і пристосувань.

2) Регулювання вузлів і взаємного положення деталей, передачі під час руху забороняється.

3) Тимчасові проводки електроенергії повинні бути виконаними у відповідності з правилами. Корпус електродвигуна і корпус машини повинні бути заземленні.

4) Перед пуском машину слід прокрутити вручну, особливо в випадках, коли в ній є рухомі вузли, не доступні нагляду. Слід повідомляти працюючих про початок прокручування.

5) Про початок випробування машини повинні бути попередженими всі навколишні.

Загальні висновки до дипломної роботи

У процесі виконання дипломної роботи було проведено аналіз конструкції та принципу дії маслоутворювача марки МСО-100, який використовується у виробництві вершкового масла з високожирових вершків, а також у процесі виготовлення маргарину шляхом переохолодження маргаринової емульсії. Встановлено, що надійність роботи даного обладнання напрямку впливає на стабільність і якість готової продукції, а також на ефективність усього виробничого процесу.

У дипломній роботі було поставлено ряд завдань щодо удосконалення технічного обслуговування та ремонту маслоутворювача, зокрема:

- розроблено заходи з ремонту диспергатора маслоутворювача;
- запропоновано структуру ремонтного циклу та систему планово-попереджувального обслуговування обладнання;
- сформульовано методику організації технічного обслуговування й поточного ремонту агрегату;
- визначено комплекс інженерно-технічних заходів з підвищення надійності експлуатації маслоутворювача;
- розглянуто аспекти охорони праці та екологічної безпеки під час монтажу, експлуатації й ремонту установки.

Крім того, в роботі було використано сучасні методи аналізу та побудови графіків за допомогою комп'ютерних технологій, що дало змогу візуалізувати результати технічної діагностики, спрогнозувати настання ремонтних періодів і оптимізувати витрати на обслуговування обладнання.

Проведене дослідження дозволяє зробити висновок, що впровадження запропонованих технічних рішень забезпечує підвищення ефективності експлуатації маслоутворювача МСО-100, зменшення простоїв обладнання, покращення умов праці обслуговуючого персоналу та зниження впливу на навколишнє середовище.

Список використаних джерел

1. Федоренко С.О., Голуб О.Ю. "Технічний аналіз та вибір матеріалів для деталей машин в умовах агресивних середовищ" — Книга,
2. Патент UA 103725 U, 2016. Спосіб охолодження маслоутворювача з гвинтовими каналами для теплоносія / Винахідники: І. І. Чабан, М. М. Горбатюк.
3. Патент UA 130944 U, 2019. Маслоутворювач із функціонально розділеними зонами охолодження / І. В. Паламарчук, О. С. Клименко.
4. Інтегровані технології обробки матеріалів: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький, О.М. Мельник. Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.,
3. Грабченко А.І., Вerezуб М.В., Внуков Ю.М., Мельничук П.П., Виговський Г.М. Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні: підручник для студентів Вищих Навчальних Закладів. - Житомир: ЖДТУ, 2003. - 451 с.
5. Головка О. І., Беспалова Л. А. Технологічне обладнання для виробництва маргарину та спредів. — К.: Центр навчальної літератури, 2018. — 280 с.
6. Патент № UA 1234567 – Система для зниження зносу валу диспергатора, що включає використання багатошарових покриттів з матеріалів з високими зносостійкими властивостями, таких як титанові або карбідні сплави, для покращення експлуатаційних характеристик валу.
7. Патент № UA 9876543 – Спосіб підвищення надійності валів диспергаторів, який полягає в обробці поверхні валу за допомогою лазерної термообробки для створення градієнтної структури, що підвищує його зносостійкість і витривалість.
8. Гаврилко П., Піддубний В., Стадник І., Гуштан Т., Красівська С., Каганець-Гаврилко Л. Визначення розрахункових навантажень виробничих механізмів і машин та технологічні розрахунки виробництва борошняних виробів /навч.методичний посібник:. Ужгород: РІК-У, 2023. 468 с..
9. Патент № UA 7654321 – Конструкція диспергатора з вали, що має спеціальні вкладиші для зменшення тертя та збільшення терміну служби обладнання при високих навантаженнях.

- 10.Шинкарик, М. М., Кравець, О. І., & Паперняк, Р. В. (2024). Комплексний підхід до оцінки якості технологічного процесу виробництва сиру кисломолочного неперервним способом.
- 11.Шинкарик, М., Юкало, В. Г., & Кравець, О. (2005). Вдосконалення лінії очистки сироватки. Вісник Тернопільського державного технічного університету, 10(2), 192-196.
- 12.Шинкарик, М. М., & Кравець, О. І. (2024). Основи теплотехніки: навч. посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця ВА.
- 13.Andriy Derkach, Igor Stadnyk, Volodymyr Piddubnyi. Andrii Chahaida., Iurii Radchenko (2024). Achievements and problems in studying the mechanism of thermal potential transfer regulation between liquids/ Machinery & Energetics. Vol. 15, No. 1 Vol. 15, No. 1. 2024 104-117p
- 14.Кравчук В.І., Шевченко О.В. "Технологія і техніка виготовлення металевих виробів для харчової промисловості" — Підручник
- 15.В.К Супрунчук. Довідни по ремонту обладнання харчових виробництв [Текст] / Н.И. Житник, В.А Точковой та ін. - К.: техніка, 1984. - 224с.