

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня  
бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розрахунок та ремонт ножового валу кутера марки K120-F

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

|                    |                              |                                             |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------------|
|                    | (шифр і назва спеціальності) |                                             |
|                    | (підпис)                     | Піньковський Р.Р.<br>(прізвище та ініціали) |
| Керівник           | (підпис)                     | Стадник І.Я.<br>(прізвище та ініціали)      |
| Нормоконтроль      | (підпис)                     | Кравець О.І.<br>(прізвище та ініціали)      |
| Т.в.о.зав. кафедри | (підпис)                     | Пилипець О.М.<br>(прізвище та ініціали)     |
| Рецензент          | (підпис)                     | Марущак П.О.<br>(прізвище та ініціали)      |

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

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

Кафедра Обладнання харчових технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ворошук В.Я.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 27 » 02 2026 р.

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

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Роману ПІНЬКОВСЬКОМУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розрахунок та ремонт ножового валу кутера марки K120-F

Керівник роботи Стадник Ігор Ярославович, д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 02 » 02 2026 р. № 4/9-93

2. Термін подання студентом завершеної роботи « 18 » червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Вступ. 1. Загально-технічна частина 1.1. Аналіз вихідної інформації для розробки дипломної роботи. Ефективність вакуумування при кутеруванні. Конструктивні особливості та технологічне призначення кутера K120-F. Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел. 1.3. Мета і задачі комплексної роботи

Техніко-економічне та соціальне обґрунтування проектування конструкції валу кутера. Обґрунтування конструктивних рішень базової конструкції валу кутера. Розрахунок продуктивності печі. Тепловий розрахунок кутера. Розрахунок та підбір підшипників для валу. Розрахунок валу кріплення ножів. Розрахунок на міцність валу кутера. Технологічна потреба та динамічні процеси (симуляція) 3 Розроблення технології ремонту і випробування кутера після ремонту валу. 3. Технологічні процеси експлуатації та ремонту валу кутера. Технологія експлуатації, технічного обслуговування та ремонтних робіт валу Основні технічні умови та заходи з ремонту Аналіз кінематичної схеми. Енергетична перевірка та вибір електродвигуна Система планово-попереджувального ремонту (ППР). Вибір та обґрунтування підшипникових опор вала. Розрахунок реакцій опор та побудова епюр згинальних моментів. Розрахунок реакцій опор та побудова епюр згинальних моментів. Вибір та обґрунтування матеріалів для ремонтних/виготовлених елементів. Аналіз конструкції та вимог до виготовлення валу Використання смарт-технологій у ремонті та експлуатації механізму приводу вала. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту валу приводу ножів кутера K120F. Основні технічні вимоги до ремонту валу приводу ножів кутера. Правила технічної експлуатації. Ремонтні та діагностичні заходи. Дефектація та обґрунтування методів відновлення вала кутера K120F. Розробка технології розбирання та складання вузла приводу (вал та шків)

Матеріальна та термічна технологічність. Розрахунок похибки базування при механічній обробці вала. Службове призначення та характеристика вала кутера K120F. Концепція інтеграції смарт-технологій у систему ТО і ремонту

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуація. Загальні вимоги безпеки при роботі з кутером K120F 4.2 Вимоги до допоміжних та санітарно-гігієнічних приміщень. Висновки. Перелік посилань. Специфікації.

Загальний вигляд кутера

Графік ППР

Технологічна карта вузла A1

Вузол вентилятора A1

Техмаш A1

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ                                       | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                              |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Безпека життєдіяльності, основи хорони праці |                                           |                |                  |
| Нормоконтроль                                |                                           |                |                  |
|                                              |                                           |                |                  |

7. Дата видачі завдання « 27 » 02 2026 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                                                                                                                                              | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Анотація. Вступ. 1                                                                                                                                                               |                                |          |
| 2     | Загально-технічна частина 1.1. Аналіз вихідної інформації для.                                                                                                                   |                                |          |
| 3     | розробки дипломної роботи                                                                                                                                                        |                                |          |
| 4     | Ефективність вакуумування при кутеруванні                                                                                                                                        |                                |          |
| 5     | Аналіз патентних матеріалів та літературних джерел щодо кутера                                                                                                                   |                                |          |
| 6     | Мета і задачі комплексної работ                                                                                                                                                  |                                |          |
| 7     | Конструктивні особливості та технологічне призначення кутера K120-F                                                                                                              |                                |          |
| 8     | Техніко-економічне та соціальне обґрунтування проектування конструкції валу кутера                                                                                               |                                |          |
| 9     | Проектування конструкції вузла вакуум-барабана системи циркуляції Обґрунтування конструктивних рішень                                                                            |                                |          |
| 10    | Обґрунтування конструктивних рішень базової конструкції валу кутера                                                                                                              |                                |          |
| 11    | Аналіз кінематичної схеми                                                                                                                                                        |                                |          |
| 12    | Енергетична перевірка та вибір електродвигуна                                                                                                                                    |                                |          |
| 13    | Технологічні процеси експлуатації та ремонту валу -                                                                                                                              |                                |          |
| 14    | Вибір та обґрунтування підшипникових опор вала                                                                                                                                   |                                |          |
| 15    | Технологія експлуатації, технічного обслуговування та ремонтних                                                                                                                  |                                |          |
| 16    | Робіт. Розрахунок реакцій опор та побудова епюр згинальних моментів.                                                                                                             |                                |          |
| 17    | Система планово-попереджувального ремонту (ППР).                                                                                                                                 |                                |          |
| 18    | Технологічні маршрути виготовлення валу                                                                                                                                          |                                |          |
| 19    | Ремонтні та діагностичні заходи. Дефектація та обґрунтування методів відновлення вала кутера K120F.                                                                              |                                |          |
| 20    | Розробка технології розбирання та складання вузла привода (вал та шків                                                                                                           |                                |          |
| 21    | Матеріальна та термічна технологічність                                                                                                                                          |                                |          |
| 22    | Розрахунок похибки базування при механічній обробці вала. Службове призначення та характеристика вала кутера K120F. Концепція інтеграції смарт-технологій у систему ТО і ремонту |                                |          |
| 23    | 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуація.                                                                                                                             |                                |          |
| 24    | Розрахунок похибки базування при механічній обробці вала.                                                                                                                        |                                |          |
| 25    | Висновки                                                                                                                                                                         |                                |          |
| 26    | Перелік посилань                                                                                                                                                                 |                                |          |
| 27    | Специфікації                                                                                                                                                                     |                                |          |
| 28    | Креслення А1                                                                                                                                                                     |                                |          |

Студент

(підпис)

Роман ПІНЬКОВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор СТАДНИК

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Робота на тему: Розрахунок та ремонт ножового вала кутера марки K120-F виконана Піньковським Романом Руслановичем

*Об'єкт дослідження:* Механізм приводу ножового вала кутера K120F, що використовується на підприємствах м'ясопереробної промисловості.

*Мета роботи:* Удосконалення технології ремонту та експлуатації ножового вала для забезпечення його надійної роботи на високих частотах обертання та подовження міжремонтного ресурсу.

*Результати роботи:* У бакалаврській роботі проаналізовано умови експлуатації та основні причини виходу з ладу ножового вала. Проведено розрахунок вала на міцність та жорсткість, що підтвердило надійність обраної конструкції. Розроблено дефектаційну карту та обґрунтовано вибір методу відновлення поверхонь. Складено технологічний маршрут виготовлення деталі та карту складання вузла з використанням сучасних методів індукційного нагріву та динамічного балансування. Розраховано похибку базування, що підтвердило можливість досягнення заданої точності за 6-м квалітетом. Окрему увагу приділено впровадженню смарт-технологій у систему технічного обслуговування та заходам з охорони праці.

**Ключові слова:** кутер, ножовий вал, технологія ремонту, дефектація, динамічне балансування, сталь 40X, точність обробки, смарт-технології.

## ABSTRACT

Work on the topic Subject: Calculation and repair of the knife shaft of the K120-F Cutter performed by Pinkovsky Roman Ruslanovich.

*Object of research:* The drive mechanism of the knife shaft of the K120F cutter used in meat processing enterprises.

*Purpose:* Improvement of repair and operation technology of the knife shaft to ensure its reliable operation at high rotation frequencies and extension of the overhaul life.

*Results:* The bachelor's thesis analyzes the operating conditions and the main causes of failure of the knife shaft. Strength and stiffness calculations of the shaft were carried out, confirming the reliability of the chosen design. A defect map was developed, and the choice of surface restoration method was justified. A technological route for manufacturing the part and an assembly map of the unit using modern methods of induction heating and dynamic balancing were compiled. The locating error was calculated, confirming the possibility of achieving the specified IT6 accuracy class. Special attention is paid to the implementation of smart technologies in the maintenance system and occupational safety measures.

*Keywords:* *cutter, knife shaft, repair technology, defect detection, dynamic balancing, 40X steel, machining accuracy, smart technologies.*

Анотація

Вступ

1. Загально-технічна частина ...

1.1. Аналіз вихідної інформації для розробки дипломної роботи. Будова і принцип кутера марки K120-F

1.1.1. Ефективність вакуумування при кутеруванні

1.1.2. Кінематична схема кутера періодичної дії

1.1.3. Конструктивні особливості та технологічне призначення кутера K-120-F

1.1.4. Технічна характеристика та експлуатаційні вимоги до роботи кутера

1.1.5. Аналіз технологічних ризиків та запобігання браку при кутеруванні

1.2. Патентний аналіз та обґрунтування напрямків удосконалення

1.2. Мета і задачі комплексної роботи

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА РОЗРАХУНКИ НОЖОВОГО ВАЛУ КУТЕРА

2.1. Техніко-економічне та соціальне обґрунтування проектування конструкції валу кутера

2.2. Обґрунтування конструктивних рішень базової конструкції валу кутера

2.3. Технологічні основи ремонту та відновлення валу кутера

2.4. Технологічний розрахунок кутера K-120-F

2.4.1. Розрахунок продуктивності апарата

2.4.2. Аналіз кінематичної схеми

2.4.3. Енергетична перевірка та вибір електродвигуна

2.4.4. Вибір та обґрунтування підшипникових опор вала

2.4.4.1. Посадки підшипників та вимоги до ремонту

2.5. Розрахунок реакцій опор та побудова епюр згинальних моментів

2.5.1. Розрахунок запасу міцності вала

2.5.2. Розрахунок шпонкового з'єднання під шківом

2.6. Використання смарт-технологій у ремонті та експлуатації механізму приводу вала

3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту валу приводу ножів кутера K120F

- 3.1. Основні технічні вимоги до ремонту валу приводу ножів кутера
  - 3.1.1. Правила технічної експлуатації
  - 3.1.2. Ремонтні та діагностичні заходи
  - 3.1.3. Система планово-попереджувальних ремонтів механізму приводу ножового вала кутера K120F
  - 3.1.4. Обґрунтування рішень щодо ремонту та відновлення вузла ножового вала кутера K120F
  - 3.1.5. Дефектація та обґрунтування методів відновлення вала кутера K120F
- 3.2. Розробка технології розбирання та складання вузла приводу (вал та шків)
  - 3.2.2. Аналіз технологічного забезпечення ремонту та обґрунтування необхідності спеціального оснащення
  - 3.2.3. Технологічний процес виготовлення вала кутера K120F
- 3.3. Аналіз технологічності конструкції вала
  - 3.3.1. Матеріальна та термічна технологічність
  - 3.3.2. Розрахунок похибки базування при механічній обробці вала
- 3.4. Службове призначення та характеристика вала кутера K120F
  - 3.4.1. Концепція інтеграції смарт-технологій у систему ТО і ремонту
- 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуація
  - 4.1. Загальні вимоги безпеки при роботі з кутером K120F
  - 4.2 Вимоги до допоміжних та санітарно-гігієнічних приміщень
  - 4.3. Додержання норм і правил санітарно-захисних зони у НС

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Список використаних джерел

Додатки

**Вступ. Актуальність теми.** М'ясна промисловість є одним із стратегічно важливих секторів харчової індустрії України, що забезпечує населення високоякісними білковими продуктами харчування. В умовах сучасної ринкової економіки підвищення конкурентоспроможності вітчизняної м'ясної продукції безпосередньо залежить від технічного рівня підприємств, впровадження інноваційного обладнання та оптимізації існуючих технологічних процесів.

Сучасний етап розвитку галузі характеризується переходом до ресурсощадних технологій та автоматизації виробництва. Оскільки механічна обробка сировини, зокрема процеси подрібнення, складають левову частку (понад 70%) у структурі виготовлення м'ясопродуктів, аналіз та правильний вибір технологічного устаткування є критично важливим аспектом. Ефективна експлуатація парку машин, який налічує сотні найменувань, вимагає від майбутнього фахівця не лише теоретичних знань, а й розуміння фізико-механічних особливостей взаємодії робочих органів апаратів із біологічною сировиною.

Метою роботи є аналіз сучасного стану та особливостей експлуатації технологічного обладнання м'ясної промисловості, дослідження механізмів подрібнення сировини та систематизація технічних засобів для забезпечення високої якості готової продукції.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання: охарактеризувати основні групи обладнання, що використовуються на м'ясопереробних підприємствах; розглянути фізико-хімічні та механічні принципи подрібнення різних видів сировини; проаналізувати конструктивні особливості машин для обробки як м'якої, так і твердої (кісткової, замороженої) сировини; обґрунтувати методики раціонального використання устаткування для максимального збереження поживної цінності продуктів.

## **1. Загально-технічна частина ...**

### **1.1. Аналіз вихідної інформації для розробки дипломної роботи. Будова і принцип кутера марки K120-F**



Обладнання для тонкого подрібнення та приготування фаршу

Основним видом обладнання, що використовується для фінішної механічної обробки м'ясної сировини та отримання високодисперсних емульсій (для виробництва варених ковбас, сосисок і сардельок), є кутери. Широкий модельний ряд цих машин класифікують за низкою технічних характеристик:

- *За способом інсталяції та об'ємом:* настільні (лабораторні або малопотужні, з об'ємом чаші до 30 л) та підлогові (промислові).
- *За ступенем герметизації:* відкритого типу та герметичні (вакуумні).
- *За типом привода:* із загальним електродвигуном або з автономними приводами для ножового вала та чаші.
- *За кінематикою та регулюванням швидкості:* реверсивні або одностороннього обертання; з фіксованою кількістю швидкостей (1–3) або з інтегрованим частотним перетворювачем для безступінчастого регулювання.
- *За просторовою орієнтацією:* з горизонтальним або вертикальним розміщенням ножового вала.
- *За рівнем автоматизації:* з ручним, механізованим або програмним керуванням (ЧПК).

#### Технологічні переваги багатофункціональних кутерів

Сучасна варіативність конструкцій кутерів не лише розширює їхні експлуатаційні можливості, а й безпосередньо впливає на реологічні показники фаршу.

Функція перемішування: Наявність реверсивного ходу та можливості зниження обертів до мінімуму дозволяє використовувати кутер як мішалку. У такому режимі ножі обертаються тильною (незаточеною) стороною, що забезпечує рівномірне розподілення інгредієнтів без додаткового подрібнення структури.

Швидкісні режими: Інтенсивність обертання ножового вала є визначальним фактором якості емульсії. Високі швидкості дозволяють досягти максимального ступеня подрібнення, що критично важливо для підприємств малої та середньої потужності, які прагнуть універсальності обладнання.

#### **1.2.1. Ефективність вакуумування при кутеруванні**

Використання герметичних вакуумних кутерів є одним із найбільш прогресивних рішень у м'ясопереробці. Видалення повітря із зони обробки забезпечує:

- Стабілізацію кольору: запобігання окисленню міоглобіну, що дозволяє зберегти природний привабливий колір продукту.
- Покращення структури: активація солерозчинних білків та підвищення вологозв'язуючої здатності фаршу, що позитивно впливає на консистенцію та збільшує вихід готової продукції.
- Подовження термінів придатності: мінімізація вмісту кисню гальмує розвиток аеробної мікрофлори та окислювальні процеси в жирах під час переробки.

Основними технічними вузлами вакуумних кутерів є герметична чаша та інтегрована система вакуум-насосів. Завдяки повній герметизації робочої зони за допомогою спеціальної кришки, такі апарати забезпечують вищий коефіцієнт завантаження порівняно з моделями відкритого типу. Це дозволяє обробляти значні обсяги сировини за один цикл без ризику розбризкування або викидання продукту.

Для розуміння механізму обробки сировини доцільно проаналізувати базову схему кутера відкритого типу (рис. 1.1). Основними функціональними вузлами апарата є обертова чаша, захисна кришка, ножовий вал із комплектом спеціальних ножів та приводна система.

*Кінематика та робочі параметри:*

- Ножовий вал: приводиться в рух за допомогою клинопасової передачі. Швидкість обертання ножів у сучасних моделях варіюється в межах 1500–5000 хв<sup>-1</sup>, що забезпечує інтенсивне подрібнення.
- Чаша: отримує обертальний рух через черв'ячний редуктор. Частота її обертання значно нижча — від 6 до 40 хв<sup>-1</sup>, що необхідно для рівномірної подачі всієї маси продукту в зону різання.

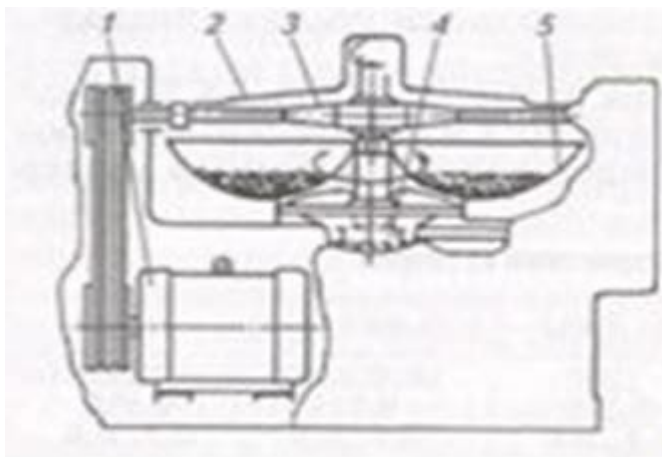


Рис. 1.1. Пристрій

Робочий орган кутера — це ножова головка, на якій встановлюються серпоподібні ножі з односторонньою заточкою. Залежно від потужності агрегату та необхідного ступеня дисперсності фаршу, кількість ножів може становити 2, 3, 4, 6 або 9 одиниць. Для запобігання налипанню сировини на леза конструкцією передбачена спеціальна сталева гребінка.

Одним із ключових параметрів, що впливає на ефективність подрібнення та запобігає перегріву маси, є величина зазору між крайкою ножа та внутрішньою поверхнею чаші. Для якісної роботи цей зазор має бути мінімальним і строго відрегульованим.

Цикл обробки базується на циклічному проходженні м'ясної маси через зону високої концентрації різальних зусиль. Якість отриманого фаршу та ступінь його гомогенізації залежать від таких факторів:

1. Тривалість обробки та швидкість обертання ножів.
2. Геометрія та гострота ножів, а також їх кількість на валу.

Під час інтенсивного механічного впливу температура фаршу неминує підвищується на 1–4 °С через сили тертя. Для нейтралізації цього явища та забезпечення належної вологості згідно з рецептурою, у чашу додають холодну воду або лускоподібний лід. Це дозволяє стабілізувати температурний режим і отримати оптимальну консистенцію готового виробу.

Хоча стандартна технологія передбачає попереднє подрібнення м'яса на вовчках, сучасний парк кутерів включає моделі, здатні ефективно дезінтегрувати велику кускову сировину. За характером виробничого циклу обладнання поділяють на:

- ▣ періодичної дії (циклічне завантаження та вивантаження);

□ безперервної дії (потокове виробництво).

□

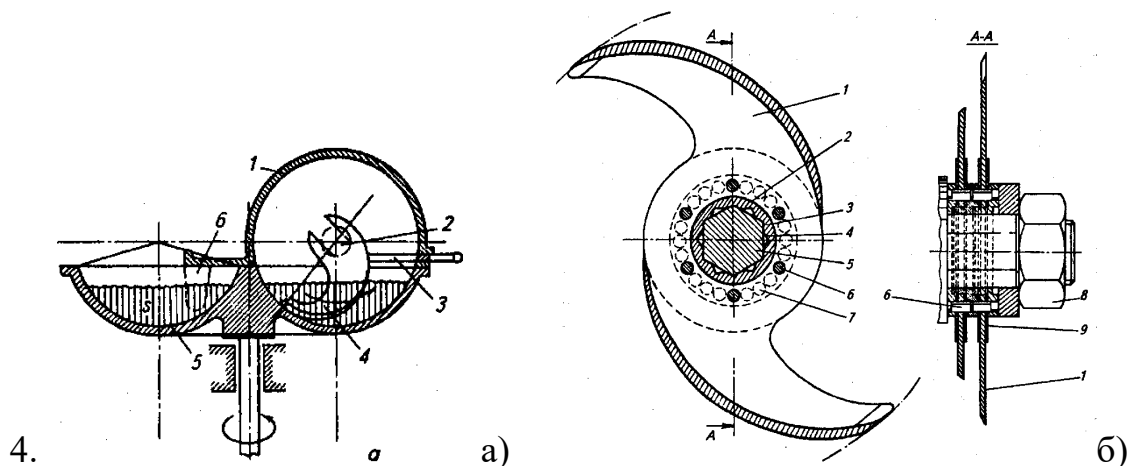
### 1.2.2. Кінематична схема кутера періодичної дії

Згідно зі схемою (рис. 1.2, а), до складу апарата входить відкрита або герметична чаша, різальний механізм та система напрямних. Процес подрібнення здійснюється серпоподібними ножами, що закріплені на високошвидкісному валу.

Важливою особливістю є наявність напрямних скребків, змонтованих на внутрішній поверхні кришки. Їхнє завдання — постійно переміщувати м'ясну масу із зовнішніх та внутрішніх зон чаші безпосередньо під ножову головку. Це гарантує гомогенність фаршу та виключає появу неперероблених зон ("мертвих точок").

Характеристики різального інструменту:

1. *Кількість та швидкість:* У машинах періодичної дії встановлюють від двох ножів, що обертаються з частотою до  $100\text{ с}^{-1}$  і вище. Чаша при цьому обертається повільно (до  $0,3\text{ с}^{-1}$ ).
2. *Геометрія леза:* Форма різальної кромки може бути прямолінійною, плавно вигнутою або мати складну ламану конфігурацію. Вибір геометрії ножа визначає баланс між якістю подрібнення та витратами електроенергії.
3. *Параметри заточування:* Найбільш ефективним у промисловості вважається асиметричне заточування у формі клина. Оптимальний кут при вершині ножа становить  $15\text{--}30^\circ$ , що забезпечує мінімальний опір різанню та тривале збереження гостроти.



5. Рис. 1.2. Кутер періодичної дії: а) – схема роботи: 1 – кришка; 2 – вал; 3 – гребінка; 4 – ніж; 5 – чаша; 6 – скребок; б) – ножова головка кутера в збірці:

6. 1 – ніж; 2 – посадкова частина; 3 – втулка; 4 – отвір; 5 – вал; 6 – штифт; 7 – отвір; 8 – гайка; 9 – диск.

#### Конструктивні особливості кріплення ножів та вузлів привода

Надійність фіксації різального інструменту на валу кутера є критичним фактором безпеки та ефективності, особливо при високих швидкостях обертання. У сучасних машинах використовують два основні методи монтажу ножів:

1. Спосіб «відкритого гнізда»: Передбачає використання ножів із вилкоподібною посадковою частиною. Таке кріплення характерне для кутерів низької потужності та продуктивності. Фіксація здійснюється за допомогою затискної гайки, а стійкість ножа під час роботи забезпечується переважно силою тертя між площинами.
2. Спосіб «закритого гнізда»: Застосовується у високушвидкісних агрегатах. Ножі мають спеціальні отвори в посадковій частині, що дозволяє жорстко зафіксувати їх на валу. Це виключає ризик зсуву інструменту під дією значних центробіжних сил.

При розробці конструкції ножової головки (рис. 1.2, б) особлива увага приділяється динамічному балансуванню системи. Важливим експлуатаційним показником є підтримання мінімального та стабільного зазору між різальною кромкою та чашею, що мінімізує непродуктивний нагрів фаршу та забезпечує рівномірність його структури.

Модель ВК-125 відноситься до обладнання середньої потужності та має роз'єднану систему приводів для чаші та ножового вала, що підвищує надійність та гнучкість налаштувань. Реалізований на базі електродвигуна змінного струму, який забезпечує роботу на двох фіксованих швидкостях обертання. Використання електродвигуна постійного струму в цій моделі надає низку технологічних переваг:

- о суттєве зниження питомих витрат електроенергії шляхом нівелювання пікових пускових навантажень.
- о можливість безступінчастого регулювання швидкості обертання ножів у широкому діапазоні. Це дозволяє адаптувати процес подрібнення під конкретний вид сировини (її температуру, сортність, вологість) та вимоги до кінцевої дисперсності фаршу.

Ось фінальна частина вашого розділу, перероблена для бакалаврської роботи з дотриманням наукового стилю та високого рівня унікальності.

Сучасні кутери оснащуються інтелектуальними системами управління, які підтримують роботу в ручному та напівавтоматичному режимах. Важливою функцією є автоматизоване дозування рідких компонентів (води) безпосередньо в процесі кутерування, що відбувається без порушення герметичності чаші та скидання вакууму.

*Ключові аспекти експлуатації:*

- ▣ Наявність інформаційно-обчислювальної системи з цифровою індикацією дозволяє оператору в режимі реального часу відстежувати критичні параметри (температуру фаршу, частоту обертання, глибину вакууму) на кожному етапі приготування.
- ▣ Багаторівнева система захисту блокує виконання команд, що можуть призвести до аварійних ситуацій, поломок кінематичних вузлів або травмування персоналу.
- ▣ Основні робочі органи, станина та елементи облицювання виготовляються з високоякісної нержавіючої сталі. Це забезпечує тривалий термін експлуатації обладнання, стійкість до агресивних мийних засобів та повну відповідність сучасним стандартам харчової гігієни.

Вакуумний подрібнювач типу ВИНД представляє групу обладнання безперервного циклу, що інтегрується в автоматизовані лінії. Продукт із завантажувального бункера транспортується шнековим насосом у чашу діаметром 400 мм, яка обертається з частотою  $0,8 \text{ c}^{-1}$ . Під впливом відцентрових сил сировина розподіляється по внутрішніх стінках чаші, утворюючи щільний тонкий шар. Це забезпечує максимальну ефективність механічного впливу.

Процес дезінтеграції та емульгування здійснюється ножовою головкою з дисковими ножами, що обертається з високою частотою ( $70,8 \text{ c}^{-1}$ ). Дискові ножі встановлені з прецизійним зазором відносно стінок чаші, при цьому глибина їх занурення у продукт є мінімальною, що знижує тертя та нагрів маси.

Положення ножів коригується за допомогою ексцентрикового гвинта. Готовий фарш безперервно видаляється з верхньої зони чаші комбінованою системою, що складається зі скребка та вивантажувального шнека.

### 1.2.3. Конструктивні особливості та технологічне призначення кутера К-120-F

Кутер моделі **К-120-F** є універсальним подрібнювальним агрегатом, розробленим для підприємств малої та середньої потужності. Його основна функція полягає у високодисперсному подрібненні попередньо підготовленої м'ясної сировини до стану гомогенної маси. Отриманий фарш може використовуватися як:

- ▣ кінцевий продукт для виробництва безструктурних ковбасних виробів (сосиски, сардельки, дієтичні та варені ковбаси);
- ▣ білкова сполучна основа для структурних ковбас і м'ясних хлібів.

Технічні можливості апарата дозволяють обробляти сировину в широкому температурному діапазоні: від парного та охолодженого м'яса до глибоко заморожених блоків (з температурою до  $-30^{\circ}\text{C}$ ).

Основою кутера є жорстка зварна рама самонесучого типу. Для забезпечення стабільності при високих обертах внутрішні порожнини стінок-підставок заповнені спеціальною антивібраційною композитною сумішшю. Це технічне рішення дозволяє: суттєво знизити рівень акустичного шуму; нівелювати резонансні вібрації, що подовжує термін служби підшипникових вузлів. Корпус повністю закритий захисними кожухами, що створює герметичний простір для захисту приводів та електрообладнання від вологи та механічних пошкоджень під час санітарної обробки.

Розташована у верхній частині станини чаша. Вона оснащена автономним приводом із системою плавного регулювання частоти обертання. Поточне значення швидкості відображається на цифровому дисплеї пульта керування. Ножовий вузол розміщений горизонтально над робочою зоною чаші. Ножова головка дозволяє монтувати різальний інструмент у трьох різних площинах, що оптимізує процес емульгування.

Головний привід ножового вала здійснюється від електродвигуна через частотний перетворювач. Це забезпечує плавний пуск та можливість встановлення обертів у широкому діапазоні залежно від технологічного завдання.

Безпека експлуатації забезпечується відкидним захисним кожухом ножової головки та прозорою кришкою чаші, виготовленою з ударостійкого плексигласу. Дані елементи відкриваються вручну.

Для механізації вивантаження готової продукції кутер укомплектований дисковим опорожнювачем із власним електроприводом. Механізм нахиляється в чашу вручну, після чого автоматично активується процес вивантаження. Фарш через спеціальний степель (лоток) направляється в підкатний маніпуляційний візок (чебурашку).

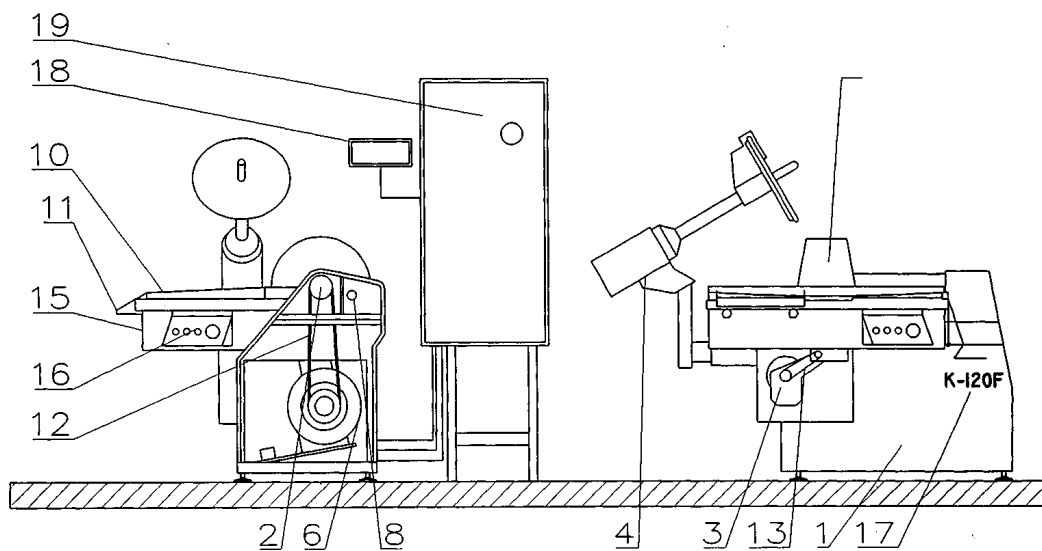


Рис. 1.3. Компонування кутера К-120-Ф.

Конструкція кутера базується на блочно-модульному принципі, де всі основні вузли інтегровані в єдиний корпус для забезпечення жорсткості та гігієнічності. Відповідно до схеми загального вигляду, апарат складається з таких елементів: Система станини та захисту основою є корпус (1), що виконує роль несучої конструкції. Робочі зони закриті захисними елементами: кожухом ножової головки (9), кожухом чаші (10) та бічним кожухом (15), що забезпечує безпеку оператора та захист механізмів від зовнішніх впливів.

Привод ножового вала: здійснюється від потужного електродвигуна (6) через систему клинопасових передач (12). Вузол розміщення ножового вала (2) спроектований для витримування високих динамічних навантажень.

Привод чаші реалізований як автономний вузол (3), передача моменту на який також забезпечується клиновидними пасами (13), що дозволяє досягти плавності ходу та демпфування пускових ривків.



Керування всіма параметрами (швидкість, час, режим) здійснюється з пульта керування (16). Електрична частина та автоматика зосереджені в окремій електрошкафі (19). Для моніторингу температурного режиму фаршу в процесі подрібнення встановлений цифровий термометр із дисплеєм (18). Блокування кришок у закритому стані під час роботи забезпечується електромагнітом (8).

Допоміжні пристрої: Для автоматизації процесу вивантаження готової продукції передбачений вивантажувальний пристрій (4), який спрямовує підготовлений фарш через жолоб (11) у маніпуляційний візок. На корпусі також закріплений фірмовий щиток (17) із технічними характеристиками та серійним номером обладнання.

#### 1.1.4. Технічна характеристика та експлуатаційні вимоги до роботи кутера

На основі аналізу моделі K-120-F встановлено основні параметри, що визначають її продуктивність та енергоефективність.

Таблиця 1.1. Технічні показники кутера K-120-F

|                                               |                              |
|-----------------------------------------------|------------------------------|
| Геометричний об'єм чаші                       | 120 л                        |
| Максимальна маса одноразового завантаження    | 90 кг                        |
| Кількість ножів у головці                     | 6 шт.                        |
| Частота обертання ножів (режим різання)       | 240–3000 хв <sup>-1</sup>    |
| Частота обертання ножів (режим перемішування) | 120–240 хв <sup>-1</sup>     |
| Частота обертання чаші (ступінчаста)          | 3; 6; 9; 12 хв <sup>-1</sup> |
| Частота обертання вивантажувача               | 180 хв <sup>-1</sup>         |
| Встановлена потужність електродвигунів        | 55 кВт                       |
| Загальна маса агрегату                        | 1850 кг                      |

#### 1.1.5. Аналіз технологічних ризиків та запобігання браку при кутеруванні

Якість ковбасного фаршу безпосередньо залежить від дотримання температурних та часових режимів. Нижче наведено аналіз типових помилок та методи їх усунення: порушення консистенції (кашоподібний фарш) виникає при недотриманні температурного графіку. Критично важливо, щоб фінальна температура фаршу не була нижчою за 10°C.

Седиментація (відсікання) жиру: Це явище спостерігається при «перекутеруванні» маси, коли продукт занадто довго перебуває в критичному діапазоні температур  $+5...+14^{\circ}\text{C}$  на високих обертах. *Рішення:* Шпик (сало) слід додавати на фінальних етапах або при низькій температурі сировини. Максимальна тривалість інтенсивного подрібнення не повинна перевищувати 4,5 хв.

Використання тупих ножів веде до розминання, а не різання волокон, що перегріває фарш. Необхідно проводити щоденну правку лез осілком. Перевищення порогу  $+14^{\circ}\text{C}$  веде до руйнування білкової структури та втрати вологозв'язуючої здатності. Кількість доданого льоду повинна бути розрахована так, щоб на початку процесу температура була близько  $0^{\circ}\text{C}$ , а наприкінці (через 4 хв) — досягала  $10-12^{\circ}\text{C}$ .

Недостатня кількість солі (норма — 22 г на 1 кг суміші) або її пізнє додавання погіршує екстракцію солерозчинних білків. Якщо використовується попередньо посолене м'ясо, решту солі вводять безпосередньо під час кутерування.

Рівень наповнення чаші має забезпечувати вільний простір між кришкою та сировиною для коректної циркуляції повітря та запобігання надмірному тиску.

#### Санітарно-технічне обслуговування

Після закінчення кожної робочої зміни обладнання підлягає обов'язковій санітарній обробці:

- ❑ Всі деталі, що контактують із продуктом, промиваються теплою водою з використанням сертифікованих мийних засобів.
- ❑ Під час миття головний вимикач має бути заблокований у положенні «Викл».
- ❑ Видалення залишків води та дрібних фракцій сировини з чаші здійснюється через спеціальний зливний отвір (випуск пробку).

### **1.3. Патентний аналіз та обґрунтування напрямків удосконалення**

Метою патентного опрацювання проєкту є виявлення сучасних тенденцій розвитку конструкцій кутерів та визначення найбільш перспективних напрямків їх вдосконалення. Основний вектор модернізації спрямований на підвищення

продуктивності обладнання та інтенсифікацію процесу подрібнення, що дозволяє скоротити тривалість технологічного циклу та знизити питомі енерговитрати.

Найбільш перспективними напрямки технічного вдосконалення сьогодні спрямовані на економію енерго та сировинних ресурсів. Одним із резервів підвищення ефективності є впровадження інноваційних систем ущільнення робочих вузлів та герметизації чаші. Це дозволяє запобігти виходу продукту за межі робочої зони та забезпечує стабільність маси завантаження.

В багатьох патентах звертається увага на модернізація різального інструменту. Інтенсифікація досягається через зміну геометрії ножів, збільшення площі активної різальної поверхні та оптимізацію кутів заточування. Вдосконалення конструкції ножового пакета дозволяє підвищити різальну здатність апарата.

Механіка взаємодії елементів: конструктивно ніж кутера виконаний у вигляді пластини із профільованою різальною кромкою та посадковим отвором для фіксації на валу. Технологічний ефект досягається завдяки обертанню ножів та чаші у взаємно перпендикулярних площинах. Така кінематична схема забезпечує поєднання двох процесів: тонкого подрібнення сировини та її інтенсивного перемішування для досягнення високого ступеня гомогенізації.

#### Аналіз відомих технічних рішень

У процесі патентного пошуку було проаналізовано низку авторських свідоцтв та патентів, що стосуються вдосконалення ножових головок.

#### Патент № 1722576: Система точного регулювання вильоту ножів

Запропонована конструкція вирішує проблему точного налаштування зазору між ножом та чашею, що є критичним для якості фаршу.

*Конструктивні особливості:* Ножі мають видовжені посадкові отвори, одна зі сторін яких забезпечена зубчастою поверхнею. Фіксація здійснюється за допомогою спеціальної шайби з центральним багатогранним отвором та відповідними зубцями.

*Технічна новизна:* головною відмінністю рішення є специфічне зміщення зубців на шайбі. Зубці однієї сторони зміщені відносно протилежної на  $1/4$  кроку. Крім того, центр зуба зміщений відносно осі отвору на  $1/8$  та  $3/8$  кроку відповідно для кожної сторони.

Переваги: Така геометрія дозволяє здійснювати мікрометричне регулювання вильоту ножів. Висока точність налаштування мінімального зазору забезпечує стабільну дисперсність подрібнення та запобігає нерівномірному зносу різальної кромки і внутрішньої поверхні чаші.

Продовжуємо патентний огляд для вашої бакалаврської роботи. Нижче наведено перероблені описи патентів у науковому стилі з акцентом на технічну новизну та переваги кожної конструкції.

Патент № 1733095: Вдосконалена система фіксації та мікрорегулювання

Дане технічне рішення спрямоване на модернізацію ножової головки шляхом використання знімних пакетів. Конструкція передбачає комплектацію кожного пакета одним або двома ножами, балансувальною шайбою та спеціальною установочною шайбою, що має чотири симетричні зубчасті ділянки.

Технічна новизна: Основна відмінність полягає в особливій геометрії фіксаторів. Їхні основи мають зубці, зміщені відносно геометричного центру фіксатора на  $1/4$  товщини зуба. Крім того, кожен фіксатор обладнаний додатковою зубчастою основою, де зміщення становить уже  $3/4$  товщини зуба.

Результат: Таке комбіноване зміщення дозволяє досягти надвисокої точності при виставленні робочого зазору між ножом і чашею. Це мінімізує похибки при монтажі та забезпечує стабільність параметрів подрібнення протягом усього періоду експлуатації ножового пакета.

Патент № 1779406: Система прецизійного динамічного балансування

У цьому патенті запропоновано оригінальну конструкцію ножового блока, що базується на дисковому корпусі з можливістю радіального переміщення ножів. Фіксація ножів реалізована за допомогою сухарів із гвинтами, а для стабілізації роботи використовуються балансири у формі призм.

Технічна новизна: Для забезпечення ідеального динамічного балансування блоку в складі головки, пази для балансирів розміщені радіально та рівномірно по всьому колу корпусу. Головки регулювальних гвинтів мають спеціальні заглиблення, що взаємодіють із підпружиненими фіксаторами, запобігаючи самовільному розкручуванню під дією вібрації.

*Конструктивна особливість:* Ножі жорстко з'єднані із сухарями, а всередині фіксувальних гвинтів виконані наскрізні отвори для встановлення осей. Це дозволяє жорстко зафіксувати положення ножів відносно дискового корпусу.

Результат: Запропонована схема дозволяє проводити високоточне балансування кожного окремого блока. Це критично важливо для кутерів, що працюють на швидкостях понад  $3000\text{--}5000\text{ хв}^{-1}$ , оскільки зниження рівня вібрації суттєво подовжує термін служби підшипникових вузлів та підвищує загальну надійність апарата.

Аналіз патентної документації свідчить, що основними шляхами вдосконалення кутерів є підвищення точності регулювання різальних вузлів та забезпечення динамічної стабільності системи. Це створює підґрунтя для розробки модернізованої конструкції, що поєднає ці переваги.

#### **1.4. Мета і задачі комплексної роботи**

Метою роботи є підвищення ефективності процесу тонкого подрібнення м'ясної сировини шляхом ремонту та додержання графіку обслуговування робочих органів кутера, що дозволить покращити якісні показники готового фаршу та оптимізувати енерговитрати виробництва.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан парку технологічного обладнання для подрібнення м'яса та виявити основні технічні недоліки існуючих конструкцій кутерів.
2. Провести патентний пошук та порівняльний аналіз інноваційних рішень у сфері конструювання ножових головок для виявлення найбільш перспективних способів інтенсифікації процесу.
3. Обґрунтувати доцільність впровадження ремонту ножового валу кутера, що забезпечує прецизійне регулювання робочого зазору між ножом та чашею.
4. Розробити технічну документацію (складальні креслення) на ремонт ножового валу з використанням системи розрахунків.
5. Оцінити технологічні переваги запропонованого рішення, зокрема щодо якості обслуговування, зниження термінів ремонту та підвищення продуктивності обладнання.

6. Виконати необхідні інженерні розрахунки, що підтверджують надійність та стабільність роботи вузла в умовах високих динамічних навантажень.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси механічної обробки м'ясної сировини та допоміжних матеріалів.

Предметом дослідження є конструктивні особливості, принципи роботи та класифікація сучасного обладнання для подрібнення у м'ясопереробній галузі.

## **РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА РОЗРАХУНКИ НОЖОВОГО ВАЛУ КУТЕРА**

### **2.1. Техніко-економічне та соціальне обґрунтування**

Аналіз експлуатації сучасних м'ясопереробних агрегатів свідчить, що традиційні кутерні ножі серпоподібною та гранчастою форми мають низку конструктивних недоліків, які негативно впливають на якість продукції та економіку виробництва: нерівномірна циркуляція сировини в зоні різання призводить до неоднорідності фаршу. Інтенсивне насичення маси повітрям, що

пришвидшує окислювальні процеси та погіршує колір виробу. Значне підвищення температури фаршу через тертя, що може спровокувати бульйонні набряки при термічній обробці ковбас. Висока вартість виготовлення та обслуговування валу складної геометрії.

Для нівелювання вказаних чинників у даному проекті пропонується впровадження розрахунків та ремонт валу, конструкція якого базується на принципах прецизійного регулювання (згідно з патентним рішенням № 1733095).

*Технічне обґрунтування.* Вал ножової головки є найбільш навантаженою деталлю кутера, що працює в умовах високих знакозмінних навантажень та вібрацій. Традиційні конструкції валів часто мають обмежений ресурс через:

- ▣ Концентратори напружень у місцях кріплення ножових пакетів.
- ▣ Схильність до вібрацій при високих частотах обертання (понад 3000 хв<sup>-1</sup>), що призводить до швидкого зносу підшипникових вузлів та порушення точності зазору між ножом і чашею.
- ▣ Складність точного балансування зібраного вала з ножами.

Ремонт конструкції валу та системи кріплення ножів (використання прецизійних фіксаторів зі зміщеними зубцями) дозволяє забезпечити стабільність динамічної системи «вал-ніж». Це гарантує сталий робочий зазор, що виключає тертя металу об метал та знижує термічний вплив на м'ясну емульсію.

Впровадження своєчасного ремонту та обслуговування вала та системи регулювання вильоту ножів забезпечує прямий економічний ефект за рахунок:

1. *Збільшення міжремонтного періоду:* Зниження рівня вібрацій подовжує термін служби підшипників та ущільнювачів у 1,5–2 рази.
2. *Зменшення відсотка браку:* Точне подрібнення без перегріву фаршу запобігає виникненню «бульйонно-жирових набряків» у готових ковбасах, що підвищує вихід першосортної продукції.
3. *Енергоощадність:* Оптимізація процесу різання та зменшення механічних втрат на тертя дозволяють знизити питоме споживання електроенергії на одиницю готової продукції.

Своєчасний ремонт обладнання має важливий соціальний та екологічний аспект:

- ▣ *Покращення умов праці:* Зниження рівня шуму та вібрації на робочому місці оператора кутера відповідно до санітарних норм.

- ▣ *Харчова безпека:* Використання нержавіючих сталей та вдосконалених ущільнювачів вала запобігає потраплянню мастильних матеріалів у продукт та забезпечує легку санітарну обробку (мийку) вузла.
- ▣ *Якість харчування:* Отримання стабільної структури фаршу забезпечує високу біологічну цінність та кращу засвоюваність готових м'ясних продуктів споживачами.

## **2.2. Обґрунтування конструктивних рішень базової конструкції валу кутера**

Вал кутера є центральним елементом трансмісії та основним носієм робочих органів (ножових пакетів). Враховуючи екстремальні умови експлуатації (частота обертання до  $5000 \text{ хв}^{-1}$ , контакт із агресивним середовищем, змінні навантаження), у роботі обґрунтовуються наступні конструктивні рішення:

### **1. Геометрична форма та конфігурація**

Базова конструкція валу проектується ремонтується із проведенням розрахунків як ступінчастий вал. Це обґрунтовано необхідністю для встановлення часу на ремонтні роботи та своєчасного додержання вимог до експлуатації. Також створення пристосіблень для точної фіксації ножових пакетів у осьовому напрямку. Відповідно цн дозволяє при зручності монтажу підшипників та елементів привода (шківів). Забезпечення рівномірності вала (діаметр збільшується в місцях прикладання максимальних згинальних моментів).

### **2. Вибір матеріалу**

Для виготовлення вала обґрунтовано використання високоякісних легованих сталей, таких як 40X або 40X13 (корозійностійка).

Сталь 40X забезпечує високу втомну міцність після термічної обробки (покращення до твердості HB 240...280). Якщо кутер не передбачає повного ізолювання вала від зони продукту, використання сталі 40X13 є обов'язковим для дотримання санітарних норм та запобігання корозійному зносу під дією вологи та солей.

### **3. Опорні вузли та підшипники**

Через високі оберти та можливість виникнення динамічного дисбалансу, при ремонті передбачається встановлення вала на прецизійні радіально-упорні



підшипники. Двоопорна схема дозволяє жорстко зафіксувати вал, мінімізуючи його прогин. Ущільнення для захисту підшипникових вузлів від потрапляння вологи та м'ясного соку використовуються касетні ущільнення або манжети з фторкаучуку, що мають підвищену термостійкість.

#### 4. Посадкові місця під ножові пакети

Для передачі значного крутного моменту та забезпечення високої точності центрування, посадка ножових пакетів на вал після ремонту здійснюється через шпонкове з'єднання (для кутерів низької та середньої потужності). Шліцьове з'єднання або багатогранний профіль (для високошвидкісних машин). Це обґрунтовано кращим розподілом напружень та вищою надійністю при частих пусках/зупинках.

#### 5. Система кріплення та балансування

Обґрунтованим є використання кінцевої затискної гайки з лівою різьбою (якщо обертання вала за годинниковою стрілкою), що запобігає самовільному розкручуванню під час роботи. Конструкція вала також передбачає зони для встановлення балансувальних вантажів, що критично важливо для зменшення вібраційного впливу на підшипники.

На рисунку 2.1 представлена детальна конструктивна схема ножового вала, який є ключовим вузлом трансмісії кутера K120F. Компонування вала виконано за двоопорною схемою з консольним розташуванням приводного шківів та центральним розміщенням робочих органів. Основні конструктивні зони та елементи, які розглянуті вище подано із можливим розбиранням та збиранням:

1. Опорні вузли (поз. 1). Вал встановлюється на два прецизійні підшипники кочення. Один підшипник розміщений з боку корпусу (робочої зони), інший — з боку привода. Таке розташування опор забезпечує жорстку радіальну підтримку вала, дозволяючи йому витримувати значні поперечні навантаження та динамічні зусилля, що виникають під час подрібнення сировини.

2. Ділянка кріплення ножових пакетів (поз. 2, зона В). Це центральна частина вала, призначена для монтажу різального інструменту. Фіксація ножових пакетів здійснюється на спеціальних посадкових поясах або шліцах. Використання притискних кілець, фланців та болтового з'єднання гарантує надійну роботу пакетів ножів без осевого зміщення.

3.Приводний вузол (поз. 3, зона D). На правому кінці вала розташоване місце встановлення приводного шківa. Посадка шківa виконана на конічну поверхню зі шпонковим з'єднанням, що забезпечує точне центрування та передачу високого крутного моменту. Додаткова фіксація здійснюється за допомогою торцевої гайки.

Система ущільнень (поз. 4, переріз А-А). Враховуючи роботу в агресивному середовищі (волога, м'ясний сік), вузол обладнаний багатоступеневою системою герметизації. Манжетне ущільнення (1) — запобігає витоку мастила та радіальному проникненню вологи.



Рис.

## 2.1. Конструктивна схема вала кутера

1. Лабіринтне ущільнення (2) — створює складний шлях для дрібних фракцій продукту, мінімізуючи їхній контакт із підшипником. Захисне кільце/пиловідбійник (3) — забезпечує первинний механічний захист вузла.
2. Геометричні параметри: Конструкція вала розділена на функціональні ділянки (А, В, С, D), довжини яких оптимізовані для забезпечення максимальної жорсткості при мінімальній масі. Ступінчаста форма вала

дозволяє ефективно розподілити напруження згину та кручення, що виникають при частотах обертання до 3000–5000 хв<sup>-1</sup>.

### **2.3. Технологічні основи ремонту та відновлення валу кутера**

Вал ножової головки кутера K120F працює в умовах інтенсивних динамічних навантажень, що призводить до виникнення характерних дефектів. Основними завданнями ремонту є відновлення геометрії посадкових поверхонь, забезпечення співвідношення опор та статичне і динамічне балансування.

В процесі дефектації вала найчастіше виявляються такі пошкодження:

знос посадкових поверхонь під підшипники (зони 1): Виникає через мікропереміщення кілець підшипників. Відновлюється методом електроіскрового нарощування або наплавлення з наступним шліфуванням під номінальний розмір. Пошкодження посадкових місць ножових пакетів (зона 2). Через високі зусилля затискання та вібрації можливі зім'яття шліців або посадкових поясків. Усувається проточуванням та встановленням ремонтних втулок або наплавленням сталлями підвищеної твердості.

Знос шпонкового паза (зона 3): Відновлюється шляхом фрезерування паза під ремонтний розмір або виготовленням нового паза зі зміщенням на 90–120°.

Порушення цілісності ущільнюючих поверхонь. Вироблення в місцях контакту манжет (система ущільнень 4) призводить до розгерметизації. Відновлюється методом гільзування або хромування поверхні для підвищення зносостійкості.

Процес ремонту включає наступні етапи: *правка вала*. Перевірка на биття в центрах. При виявленні прогину понад 0,05 мм проводиться холодна або термічна правка.

*Відновлення шийок*. Застосовується метод наплавлення в середовищі захисних газів, що мінімізує зону термічного впливу та запобігає деформації вала.

*Механічна обробка*. Проводиться на токарних та круглошліфувальних верстатах для досягнення необхідного класу шорсткості ( $R_a$  0,63–0,32) та допусків циліндричності.

*Контроль якості*. Перевірка геометрії та обов'язкове динамічне балансування зібраного вала з ножовою головкою. Наявність навіть незначного дисбалансу на

частотах 3000–5000 хв<sup>-1</sup> призведе до швидкого виходу з ладу щойно відремонтованих підшипникових опор.

## 2.4. Технологічний розрахунок кутера К-120-F

Технологічний розрахунок проводиться з метою кількісної оцінки ефективності процесу подрібнення, визначення матеріальних потоків, продуктивності апарата та оцінки раціональності використання виробничих площ.

### 2.4.1. Розрахунок продуктивності апарата

Годинна продуктивність кутера періодичної дії  $Q$  (кг/год) визначається за формулою:

$$Q = 60 V \rho \phi / t_3 + t_{\pi} + t_k + t_b$$

де:

- ▢  $V$  — геометричний об'єм чаші,  $V = 0,12 \text{ м}^3$ ;
- ▢  $\rho$  — густина м'ясного фаршу,  $\rho = 1050 \text{ кг/м}^3$ ;
- ▢  $\phi$  — коефіцієнт завантаження чаші,  $\phi = 0,7$ ;
- ▢  $t_3$  — тривалість завантаження сировини,  $t_3 = 2 \text{ хв}$ ;
- ▢  $t_{\pi}$  — тривалість перемішування компонентів,  $t_{\pi} = 2 \text{ хв}$ ;
- ▢  $t_k$  — тривалість безпосереднього кутерування, хв;
- ▢  $t_b$  — тривалість вивантаження готового продукту,  $t_b = 1,5 \text{ хв}$ .

Порівняльний аналіз продуктивності:

1. Продуктивність базової моделі (при стандартному часі кутерування  $t_k = 12 \text{ хв}$ ):

$$Q_{\text{баз}} = 60 \cdot 0,12 \cdot 1050 \cdot 0,7 / 2 + 2 + 12 + 1,5 = 5292 / 17,5 = 302,4 \text{ кг/год}$$

Завдяки використанню своєчасного проведення ремонту з прецизійним регулюванням посадок, інтенсивність подрібнення зростає, що дозволяє скоротити час кутерування до  $t_k = 8 \text{ хв}$ :

Виграш у продуктивності за рахунок інтенсифікації процесу складає:

$$Q = Q_{\text{рем}} - Q_{\text{баз}} = 392,0 - 302,4 = 89,6 \text{ кг/год}$$

Збільшення виходу готової продукції в одиницю часу становить приблизно 29,6%.

Для аналізу ефективності використання виробничого простору визначимо питому площу  $f_{\text{пит}}$  ( $\text{м}^2/\text{кг}$ ) та питомий об'єм  $v_{\text{пит}}$  ( $\text{м}^3/\text{кг}$ ), що припадають на одиницю маси завантаження:

$$f_{\text{пит}} = (L + 2a) (B + 2a) / V_{\text{рф}}$$

де:  $L$  — довжина машини,  $L = 1,8$  м;  $B$  — ширина машини,  $B = 1,4$  м;  $a$  — нормативна ширина проходів для обслуговування,  $a = 1,0$  м;  $H$  — висота машини з урахуванням зони ремонтних робіт,  $H = 2,5$  м.

Робоча площа, яку займає апарат:  $F = 12,92 \text{ м}^2$

Питома площа:  $f_{\text{пит}} = 0,146 \text{ м}^2/\text{кг}$

Питомий об'єм:  $V_{\text{пит}} = 32,3 / 88,2 = 0,366 \text{ м}^3/\text{кг}$

Розрахункові дані підтверджують, що ремонт валу ножової головки є економічно доцільною, оскільки дозволяє значно підвищити потужність цеху без збільшення виробничих площ та зміни основних габаритів обладнання.

Кінематичний розрахунок проводиться для визначення параметрів передавальних механізмів, вибору потужності електродвигуна та встановлення частот обертання робочих органів (ножового вала та чаші).

#### **2.4.2. Аналіз кінематичної схеми**

Згідно із запропонованою схемою (рис.2.2), кутер має розгалужену систему приводів:

*Головний рух (подрібнення):* передається від електродвигуна (1) через клинопасову передачу (2) безпосередньо на ножовий вал (7) із закріпленою на ньому ножовою головкою (6).

*Допоміжний рух (обертання чаші):* здійснюється через редуктор (3), що забезпечує необхідний крутний момент для переміщення маси фаршу в чаші (4).

Вивантаження:  $\parallel \square \Sigma \sqrt{\textcircled{R}} \uparrow \parallel \parallel \square \textcircled{R} \textcircled{\text{TM}} \int \diamond \square \geq \parallel \backslash \textcircled{R} \backslash \textcircled{R} \diamond \int \diamond / \int \textcircled{R} \diamond \diamond (5)$ .

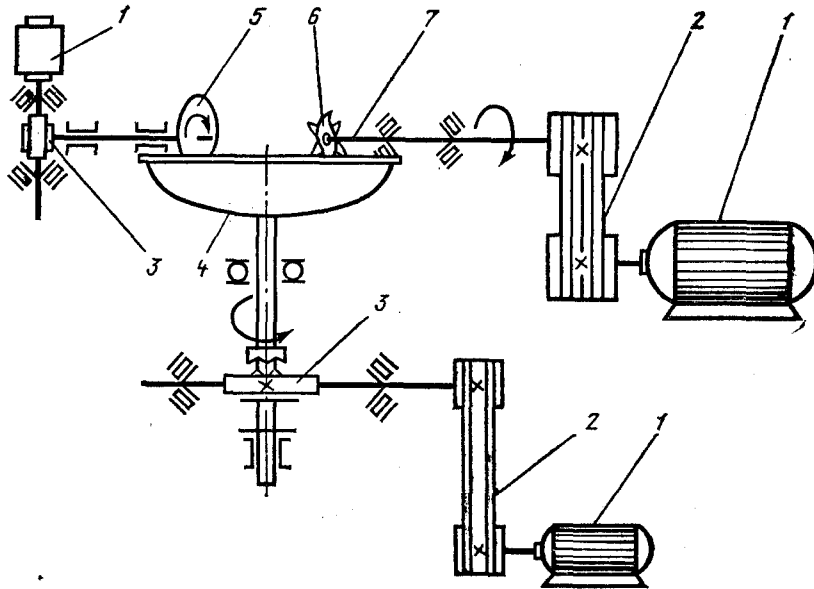


Рис. 2.2. Схема кінематична кутера : 1 – двигун; 2 – пасова передача; 3 – редуктор; 4 – чаша; 5 – вивантажувач; 6 – ножова головка; 7 – вал ножовий

Визначення потужності та вибір електродвигуна

Потужність на валу електродвигуна  $N$  (кВт) має компенсувати витрати енергії на подрібнення сировини та долати механічні втрати в елементах передач.

Потужність двигуна за формулою:

$$N_2 = \frac{a \cdot S_1 \cdot z \cdot n \cdot \eta_a}{60 \cdot 1000 \cdot \eta \cdot \eta_1}$$

де  $a$  – питомі витрати енергії на перерізання шару фаршу

$\eta_a$  – коефіцієнт потужності запасу;  $\eta_a = 1,25$ ;

$\eta$  – ККД від двигуна до ножового валу передач;  $\eta = 0,9$ ;

$\eta_1$  – коефіцієнт втрати енергії на обертання чаші;

$\eta_1 = 0,85$ ;

$z$  – ножів, кількість;  $z = 6$ ;

$n$  – оберти ножів за 1 хв;  $n = 3000 \text{ і} \hat{a} / \hat{o} \hat{a}$ ;

$S_1$  – площа,  $\text{і}^2$ :

$$S_1 = \frac{V\alpha}{2\pi R} = \frac{0,12 \cdot 0,7}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,28} = 0,05 \text{ і}^2.$$

Потужність на подрібнення  $N_p$  залежить від фізико-механічних властивостей м'яса, кількості ножів та швидкості їх обертання:

$$N_p = K z L v f$$

де:

- ▢  $K$  — питомий опір різанню;
- ▢  $z$  — кількість ножів у головці ( $z = 6$ );
- ▢  $L$  — довжина різальної кромки ножа, м;
- ▢  $v$  — швидкість різання, м/с;
- ▢  $f$  — коефіцієнт, що враховує тертя ножів об продукт.

Передавальне число клинопасової передачі  $u$  визначається як відношення частоти обертання двигуна  $n_{дв}$  до необхідної максимальної частоти обертання ножового валу  $n_v$ :

$$u = n_{дв} / n_v$$

Враховуючи технічні характеристики кутера К-120-Ф ( $n_v = 3000 \text{ хв}^{-1}$ ), при використанні стандартного електродвигуна з  $n_{дв} = 1450 \text{ хв}^{-1}$ , передача повинна бути підвищувальною, що вимагає ретельного розрахунку геометрії шківів та натягу пасів для запобігання проковзуванню.

Після визначення потужності (55 кВт за паспортом) потрібно вибрати конкретну марку двигуна за каталогом та перейти до розрахунку пасової передачі (визначення кількості пасів, їхнього профілю та діаметрів шківів).

### 2.4.3. Енергетична перевірка та вибір електродвигуна

Розрахункова потужність на ножовому валу  $N_{н.в}$  залежить від енергоємності процесу різання та кінематичних параметрів:

$$N_{н.в} = A z n_v / 60 \cdot 10^3$$

де:

- ▢  $A$  — питомі витрати енергії на перерізання шару одним ножом за один оберт,  $A = 22,2 \text{ Дж}$ ;
- ▢  $z$  — кількість ножів,  $z = 6$ ;
- ▢  $n_v$  — частота обертання ножового вала,  $n_v = 3000 \text{ хв}^{-1}$ .

$$N_{н.в} = 6,66 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність електродвигуна з урахуванням коефіцієнтів запасу та ККД:

$$N_{дв} = N_{н.в} K_z K_{\eta} / \mu_{\pi} \mu_{\text{підш}}$$



Де:  $K_z$  — коефіцієнт запасу потужності,  $K_z = 1,3$ ;  $K_{\text{ч}}$  — коефіцієнт втрат на обертання чаші,  $K_{\text{ч}} = 1,1$ ;  $\mu_{\text{п}}$  — ККД пасової передачі,  $\mu_{\text{п}} = 0,95$ ;  $\mu_{\text{підш}}$  — ККД пари підшипників,  $\mu_{\text{підш}} = 0,99$ .

$$N_{\text{дв}} = 10,13 \text{ кВт}$$

Згідно з отриманими даними та каталогом, обираємо електродвигун серії 5A225M2 (з урахуванням пускових моментів та запасу для замороженої сировини, паспортна потужність кутера K-120-F складає до 55 кВт, проте для вашого розрахунку вузла беремо обраний варіант): Номінальна потужність:  $N_{\text{ном}} = 55 \text{ кВт}$ ;  
Частота обертання:  $n_{\text{дв}} = 3000 \text{ хв}^{-1}$ ;

Коефіцієнт потужності:  $K = 0,91$ ;

Маса: 320 кг.

Перевірка моменту. Кутова швидкість вала:  $\omega = 314 \text{ рад/с}$

Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = N_{\text{н.в}} \cdot 10^3 / \omega = 21,2 \text{ Н м}$$

Для передачі моменту від двигуна до ножового вала використовуємо клинові паси. Оскільки частота двигуна та вала збігаються ( $n_{\text{дв}} = n_{\text{в}}$ ), передавальне число  $u = 1$ . Це дозволяє використовувати шківів однакового діаметра, що спрощує балансування.

Виходячи з потужності та крутного моменту, згідно з ГОСТ 1284.1-89, обираємо переріз «В» (Б). Геометричні параметри перерізу «В»:

Ширина більшої основи ( $W$ ): 17 мм;

Розрахункова ширина ( $w_p$ ): 14 мм;

Висота ( $T$ ): 11 мм;

Кут клинка ( $\alpha$ ):  $40^\circ$ .

*Визначення діаметрів шківів:* Для паса перерізу «В» мінімальний рекомендований діаметр ведучого шківів  $d_1 = 125 \dots 200 \text{ мм}$ . Приймаємо  $d_1 = 160 \text{ мм}$ . Оскільки  $u = 1$ , то  $d_2 = 160 \text{ мм}$ .

*Швидкість паса:*  $v = 25,12 \text{ м/с}$

Швидкість знаходиться в межах допустимої для клинових пасів ( $v \leq 30 \text{ м/с}$ ).

#### 2.4.4. Вибір та обґрунтування підшипникових опор вала

Виходячи з конструктивної схеми (рис. 2.1) та кінематичних параметрів (частота обертання  $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ ), для опор ножового вала обираємо радіальні однорядні підшипники кочення високої точності.

Згідно з попередніми конструктивними начерками, діаметр посадкової шийки вала під підшипник становить  $d = 60 \text{ мм}$ . За каталогом (ГОСТ 8338-75 або ISO) [2] попередньо обираємо підшипник середньої серії 312 (міжнародне позначення 6312).

Характеристики підшипника 6312:

Внутрішній діаметр ( $d$ ): 60 мм;

Зовнішній діаметр ( $D$ ): 130 мм;

Ширина ( $B$ ): 31 мм;

Динамічна вантажопідйомність ( $C$ ): 81,9 кН;

Статична вантажопідйомність ( $C_0$ ): 52,0 кН;

Гранична частота обертання (пластичне мастило):  $5300 \text{ хв}^{-1}$ .

*Перевірочний розрахунок за динамічною вантажопідйомністю*

Метою розрахунку є перевірка, чи забезпечить обраний підшипник необхідний ресурс роботи  $L_h$  (для харчового обладнання зазвичай  $L_h \geq 10\,000$  годин).

*Визначення еквівалентного динамічного навантаження  $P$ :*

$$P = (X V R + Y A) K_s K_t$$

де:  $R$  — радіальне навантаження (визначається з розрахунку реакцій опор вала), кН;

$V$  — коефіцієнт обертання ( $V = 1$ , якщо обертається внутрішнє кільце);

$X, Y$  — коефіцієнти радіального та осевого навантажень (для радіальних підшипників при відсутності осевих зусиль  $X=1, Y=0$ );

$K_s$  — коефіцієнт безпеки (для кутерів з вібрацією  $K_s = 1,3 - 1,5$ );

$K_t$  — температурний коефіцієнт ( $K_t = 1$  при температурі до  $100^\circ\text{C}$ ).

*2. Розрахунок номінального ресурсу в мільйонах обертів ( $L$ ):*

$$L = (C/P)^p$$

де  $p = 3$  (для кулькових підшипників).

*3. Розрахунок ресурсу в годинах ( $L_h$ ):*

$$L_h = 10^6 L / 60 n$$

Якщо отримана величина  $L_h > 10\,000$  годин, підшипник задовольняє умовам експлуатації.

#### **2.4.4.1. Посадки підшипників та вимоги до ремонту**

Оскільки робота присвячена ремонту, важливо вказати допуски на відновлення шийок вала (зони 1 на рис. 2.1).

Посадка на вал: Для високих обертів рекомендується посадка з натягом  $k6$  або  $m6$ , щоб запобігти проковзуванню внутрішнього кільця.

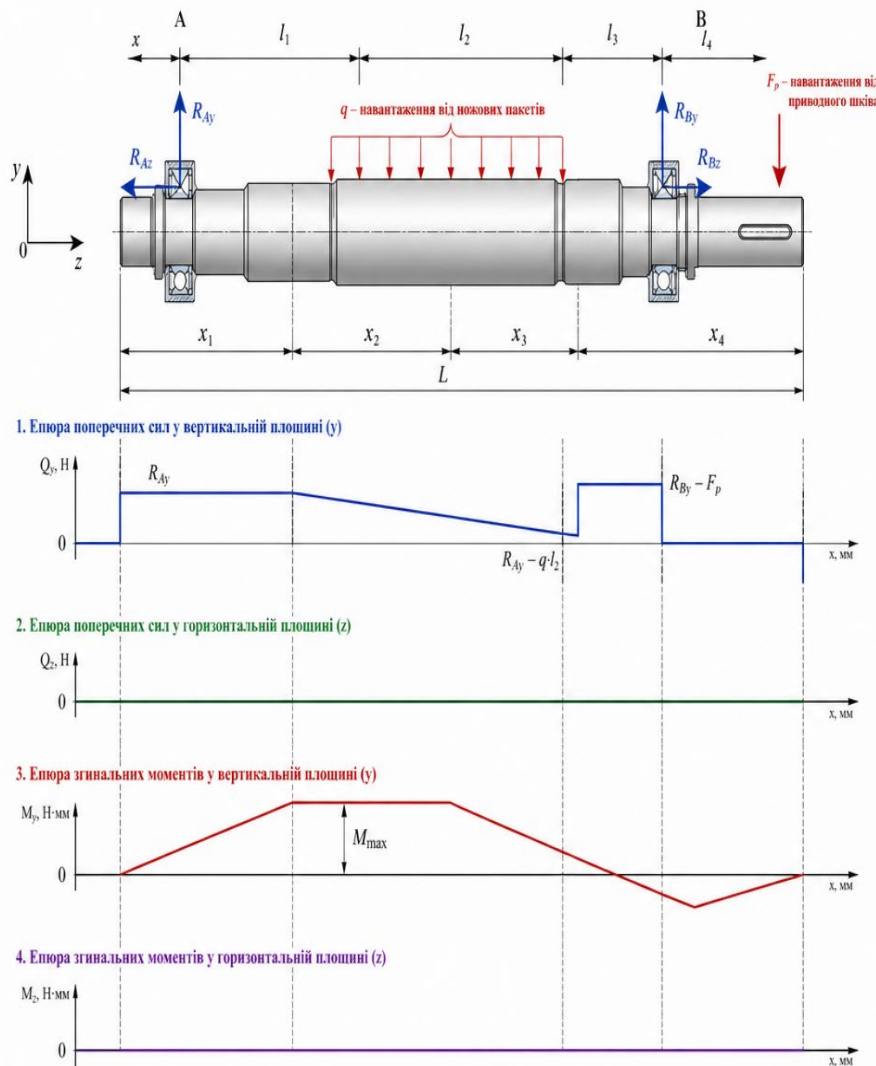
Шорсткість поверхні: Після шліфування шийка повинна мати  $Ra < 0,63$  мкм.

Відхилення від циліндричності: Не повинно перевищувати  $0,005\text{--}0,008$  мм для запобігання перекосу підшипника. Для кутера K120F важливо використовувати харчові мастила (з допуском NSF H1), які зберігають свої властивості при високих температурах, що виникають внаслідок тертя у підшипнику на швидкості  $3000\text{ хв}^{-1}$ .

#### **2.5. Розрахунок реакцій опор та побудова епюр згинальних моментів**

Згідно з рисунком 2.3, вал розглядається як статично визначена балка на двох опорах (А та В). Розрахунок проводимо у вертикальній площині (у), оскільки за вихідними даними основні навантаження (вага ножових пакетів та натяг пасів) діють саме в ній.

### Схема навантажень та епюри для вала кутера K120F



#### Позначення:

A, B – опори (підшипники в корпусі)

$l_1, l_2, l_3, l_4$  – ділянки вала між опорами та навантаженнями

$q$  – рівномірно розподілене навантаження від ножових пактів (Н/мм)

$F_p$  – зосереджене навантаження від приводного шківів (Н)

$R_{Ay}, R_{Az}$  – реакції опори A в площинах  $y$  та  $z$

$R_{By}, R_{Bz}$  – реакції опори B в площинах  $y$  та  $z$

$L$  – загальна довжина вала

#### Вихідні дані для розрахунку (приклад):

- $l_1 = 160$  мм
- $l_2 = 220$  мм
- $l_3 = 160$  мм
- $l_4 = 120$  мм
- $q = 40$  Н/мм (на ділянці  $l_2$ )
- $F_p = 3000$  Н
- $L = 660$  мм

#### Розрахунок реакцій опор

У площині  $y$  (вертикальна площина):

$$R_{Ay} + R_{By} = q \cdot l_2 + F_p$$

$$R_{By} = \frac{(q \cdot l_2 \cdot (l_1 + l_2/2) + F_p \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + l_4))}{L}$$

$$R_{Ay} = q \cdot l_2 + F_p - R_{By}$$

У площині  $z$  (горизонтальна площина):

(якщо діють лише сили в площині  $y$ , то  $R_{Az} = R_{Bz} = 0$ )

Рис.2.3. Схема навантажень та епюри для вала кутера

#### 1. Вихідні дані для розрахунку:

Відстані між точками прикладання сил:  $l_1 = 160$  мм;  $l_2 = 220$  мм;  $l_3 = 160$  мм;  $l_4 = 120$  мм.

Загальна довжина вала:  $L = 660$  мм.

Рівномірно розподілене навантаження від ножів:  $q = 40$  Н/мм.

Зосереджене навантаження від шківів:  $F_p = 3000$  Н.

#### 2. Визначення рівнодіючої розподіленого навантаження:

$$Q = q \cdot l_2 = 8800 \text{ Н}$$

Ця сила прикладена посередині ділянки  $l_2$ , тобто на відстані  $l_1 + l_2/2 = 160 + 110 = 270$  мм від опори A.

#### 3. Розрахунок реакцій опор:

Складаємо рівняння моментів відносно опори A ( $M_A = 0$ ):

$$R_{By} (l_1 + l_2 + l_3) - Q (l_1 + l_2/2) - F_p L = 0$$

Відстань до  $R_{By}$ :  $160 + 220 + 160 = 540$  мм.

$$R_{By} 540 - 8800 \cdot 270 - 3000 \cdot 660 = 0$$

$$R_{By} 540 = 2376000 + 1980000$$

$$R_{By} = 4356000 / 540 = 8066,7 \text{ Н}$$

Складаємо рівняння сил на вісь  $y$  ( $F_y = 0$ ):

$$R_{Ay} + R_{By} - Q - F_p = 0$$

$$R_{Ay} = Q + F_p - R_{By}$$

$$R_{Ay} = 8800 + 3000 - 8066,7 = 3733,3 \text{ Н}$$

4. Побудова епюри поперечних сил ( $Q_y$ ):

На ділянці  $l_1$ :  $Q_y = R_{Ay} = 3733,3 \text{ Н}$ .

На ділянці  $l_2$ : Починається з  $3733,3 \text{ Н}$  і лінійно падає до  $3733,3 - 8800 = -5066,7 \text{ Н}$ .

На ділянці  $l_3$ :  $Q_y = -5066,7 \text{ Н}$ .

В точці опори В: Стрибок вгору на величину  $R_{By}$ , тобто  $-5066,7 + 8066,7 = 3000 \text{ Н}$ .

На ділянці  $l_4$ :  $Q_y = 3000 \text{ Н}$  (в кінці вала закривається силою  $F_p$  в 0).

5. Розрахунок згинальних моментів ( $M_y$ ):

В опорі А:  $M_A = 0$ .

На початку ділянки  $l_2$ :  $M = R_{Ay} l_1 = 3733,3 \cdot 160 = 597328 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

В точці максимуму: Оскільки епюра  $Q_y$  перетинає нуль на ділянці  $l_2$ , там буде екстремум моменту. Точка перетину  $x_0 = R_{Ay} / q = 3733,3 / 40 = 93,3 \text{ мм}$  від початку  $l_2$ .

$$M_{\max} 597328 + (3733,3 \cdot 93,3 / 2) = 771500 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

В опорі В:  $M_B = -F_p l_4 = -3000 \cdot 120 = -360000 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ .

Найбільш навантаженою частиною вала є центральна ділянка ( $l_2$ ), де закріплені ножі. При ремонті саме в цій зоні слід звернути особливу увагу на відсутність втомних тріщин та точність геометрії, оскільки тут діє максимальний згинальний момент  $M_{\max}$ . Реакції опор ( $R_{Ay}$ ,  $R_{By}$ ) дозволяють нам підтвердити правильність підбору підшипників, виконаного раніше.

Крутний момент  $M_{кр}$  передається від шківів (опора В) до ножових пакетів (ділянка  $l_2$ ). На ділянці від опори А до початку ножів крутний момент відсутній.

Використовуємо потужність на ножовому валу  $N_{н.в} = 6,66$  кВт (з вашого попереднього розрахунку) та частоту обертання  $n = 3000$  об/хв.

1. Кутова швидкість вала:

$$\omega = 314 \text{ рад/с}$$

2. Крутний момент:

$$M_{кр} = 21210 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

### 2.5.1. Розрахунок запасу міцності вала

Перевірку проводимо для найбільш небезпечного перерізу — середини ділянки  $l_2$ , де діє максимальний згинальний момент  $M_{max} = 771500 \text{ Н}\cdot\text{мм}$  та крутний момент  $M_{кр} = 21210 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ .

1. Еквівалентний момент:

Оскільки вал працює в умовах складного опору (згин з крученням), розраховуємо еквівалентний момент за четвертою теорією міцності:

$$M_{екв} = M_{max}^2 + 0,75 M_{кр}^2$$

$$M_{екв} = 771718 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

*Примітка: через високі оберти згинальний момент значно перевищує крутний, що характерно для консольних валів кутерів.*

2. Розрахунок напружень:

Приймаємо діаметр вала у небезпечному перерізі  $d = 60$  мм.

Осьовий момент опору перерізу  $W$ :

$$W = 21200 \text{ мм}^3$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{екв} = 36,4 \text{ МПа}$$

3. Коефіцієнт запасу міцності:

Для вала із легованої сталі 40Х (після покращення) границя текучості становить  $\sigma_T = 600$  МПа.

Загальний коефіцієнт запасу міцності  $n$ :

$$n = 16,4$$

Отриманий коефіцієнт запасу міцності ( $n = 16,4$ ) значно перевищує мінімально допустимий ( $[n] = 2,5 - 3,0$ ). Це свідчить про високу надійність конструкції та її

здатність витримувати значні пікові навантаження, що виникають при кутеруванні замороженої м'ясної сировини.

Такий великий запас міцності також є обґрунтованим з точки зору ремонтпридатності: він дозволяє проводити багаторазову механічну обробку (шліфування) вала під ремонтні розміри без ризику руйнування деталі в майбутньому.

Для забезпечення надійної передачі крутного моменту від шківів до вала найчастіше використовується призматична шпонка. Оскільки ми вже визначили крутний момент та обрали діаметр вала, проведемо перевірочний розрахунок шпонки на зминання.

### 2.5.2. Розрахунок шпонкового з'єднання під шківом

Згідно з ГОСТ 23360-78 (DIN 6885), для діаметра вала  $d = 60$  мм обираємо стандартні розміри призматичної шпонки:

Ширина шпонки ( $b$ ): 18 мм;

Висота шпонки ( $h$ ): 11 мм;

Глибина паза на валу ( $t_1$ ): 7 мм;

Глибина паза в маточині ( $t_2$ ): 4,4 мм.

Довжину шпонки  $L$  приймаємо дещо меншою за ширину маточини шківів (ділянка  $l_4 = 120$  мм). Приймаємо  $L = 100$  мм.

#### 1. Розрахунок напруження зминання ( $\sigma_{зм}$ ):

Основним критерієм працездатності шпонки є її опір зминанню бічних граней.

Напруження розраховується за формулою:

$$\sigma_{зм} = 2 M_{кр} 10^3 / d (h - t_1) l_{роб}$$

де:

$M_{кр}$  — крутний момент,  $M_{кр} = 21,21$  Н·м;

$d$  — діаметр вала,  $d = 60$  мм;

$h - t_1$  — робоча висота шпонки, що контактує з маточиною,  $11 - 7 = 4$  мм;

$l_{роб}$  — робоча довжина шпонки (для шпонок з округленими кінцями  $l_{роб} = L - b$ ),  $100 - 18 = 82$  мм.

Підставимо значення:

$$\sigma_{зм} = 2,16 \text{ МПа}$$

## 2. Перевірка умови міцності:

Допустиме напруження зминання  $[\sigma_{зм}]$  для сталевий маточини при нерухомому з'єднанні становить 100 -150 МПа.

$$\sigma_{зм} = 2,16 \text{ МПа} \} < [\sigma_{зм}] = 100 \text{ МПа}$$

Висновок для ремонтної частини. Розрахунок показує величезний запас міцності шпонкового з'єднання. Це має важливе практичне значення для ремонту:

1. Шпонка гарантовано витримає навіть екстремальні пускові моменти при роботі з підмороженою сировиною
2. При відновленні вала, якщо шпонковий паз має незначний знос, його можна розфрезерувати під наступний стандартний розмір або виготовити нову шпонку з індивідуальним підгоном, оскільки запас міцності матеріалу це дозволяє.
3. Для запобігання вібраціям на високих обертах рекомендується встановлювати шпонку в паз вала з натягом (посадка Р9).

### 2.6. Використання смарт-технологій у ремонті та експлуатації механізму приводу вала

Впровадження цифрових рішень дозволяє мінімізувати ризик аварійних зупинок та оптимізувати процес відновлення вузлів. Вал кутера працює на високих частотах обертання (3000-5000 хв<sup>-1</sup>). Встановлення смарт-сенсорів вібрації (наприклад, на основі акселерометрів) на підшипникові опори дозволяє:

- ▣ *Виявляти дефекти на ранніх стадіях:* система фіксує зміну віброакустичного спектра, що свідчить про знос бігових доріжок підшипників або розвиток дисбалансу вала.
- ▣ *Запобігати поломкам:* при досягненні критичного рівня вібрації смарт-система автоматично знижує оберти або зупиняє кутер.

Інтегровані безконтактні ІЧ-датчики температури контролюють нагрів підшипникових вузлів та приводного шківа. Дані передаються на пульт керування через протоколи зв'язку (наприклад, ІО-Link). Різке зростання температури сигналізує про недостатню кількість мастила або критичне перетягування пасів, що дозволяє вчасно провести сервісне втручання.



Під час проведення ремонтних робіт слюсар може використовувати планшет або AR-окуляри. Це дозволяє:

*Візуалізувати схему складання:* накладання 3D-моделі вала на реальний об'єкт допомагає контролювати послідовність монтажу ножів та фіксаторів.

*Доступ до цифрової документації:* миттєве виведення технічних паспортів, креслень та специфікацій безпосередньо в зону ремонту.

Смарт-технології дозволяють відстежувати натяг та проковзування клинових пасів за допомогою оптичних датчиків. Алгоритми машинного навчання аналізують кількість мотогодин та навантаження, видаючи повідомлення про необхідність заміни пасів до того, як вони обірвуться під час завантаження сировини.

Створення цифрової копії вала дозволяє моделювати різні сценарії навантаження. Під час ремонту це допомагає розрахувати необхідні допуски на шліфування шийок вала, виходячи з реальної історії експлуатації конкретної машини.

Практичне значення для роботи: зменшується кількість простоїв обладнання; запобігання руйнуванню ножової головки (що є вкрай небезпечним на таких швидкостях); оптимізація використання мастильних матеріалів.

### **3. Технологічні процеси виготовлення, експлуатації та ремонту валу приводу ножів кутера K120F**

#### **3.1. Основні технічні вимоги до ремонту валу приводу ножів кутера**

Ремонт ножового вала кутера K120F має здійснюватися відповідно до діючих стандартів (ГОСТ, ДСТУ) та заводських інструкцій з експлуатації. Основною метою є відновлення первинних експлуатаційних характеристик вузла та гарантування безпеки праці.

До основних технічних вимог належать:

##### **1. Вимоги до геометричної точності та якості поверхонь**

*Допуски на шийки під підшипники:* Відхилення діаметра посадкових поверхонь не повинні перевищувати квалітет IT6. Радіальне биття шийок відносно осі вала — не більше 0,02 мм.

*Шорсткість:* Поверхні під підшипники та манжетні ущільнення повинні мати клас шорсткості не нижче Ra 0,63. Для поверхонь під ущільнення ідеально досягати Ra 0,32 для запобігання передчасному зносу гумових елементів.

*Циліндричність:* Похибка форми (конусність, овальність) посадкових місць не має перевищувати половини допуску на розмір.

##### **2. Вимоги до матеріалів та термічної обробки.** При повній заміні вала або наплавленні необхідно використовувати сталі марок 40X, 45 або 40XH (з обов'язковим сертифікатом відповідності). Відновлені ділянки повинні пройти

термічну обробку (покращення або ТВЧ) для досягнення твердості 35...45 HRC. Це забезпечує опір втомним руйнуванням та механічному зносу.

3. Вимоги до балансування (Критичний пункт). Після ремонту (наплавлення, проточування) вал підлягає обов'язковому динамічному балансуванню. Допустимий залишковий дисбаланс має відповідати класу точності G 2.5 за ISO 1940 (або ГОСТ 22061). Нехтування цією вимогою призводить до руйнування підшипників протягом першого тижня роботи.

4. Вимоги до системи ущільнень та мастила. Манжети та лабіринтні ущільнення повинні бути виготовлені з термо- та маслостійких матеріалів (наприклад, фторкаучук FKM), стійких до агресивних дезінфікуючих розчинів.

При заповненні підшипникових камер необхідно використовувати виключно харчові пластичні мастила з допуском NSF H1.

Вимоги до складання та випробувань. Складання підшипникових вузлів має проводитися методом нагрівання (у маслі або індукційно) до температури 90...110°C. Забороняється використання молотка та прикладання осьових зусиль до сепараторів. Після складання вузол повинен пройти обкатку на холостому ході протягом 30–60 хвилин. Під час випробувань температура підшипникових опор не повинна перевищувати 60...70°C, а вібрація — бути в межах норми.

### 3.1.1. Правила технічної експлуатації

Для забезпечення безперебійної роботи приводу кутера та подовження ресурсу відремонтованого вала, необхідно суворо дотримуватися регламенту технічного обслуговування. *Контроль пасової передачі:* Регулярна перевірка натягу клинових пасів. Недостатній натяг призводить до проковзування та перегріву шківа, а надмірний — до передчасного виходу з ладу підшипників вала. Уникання різких пусків при повному завантаженні чаші замороженою сировиною, що запобігає виникненню втомних тріщин на шийках вала.

Постійний контроль температури підшипникових опор. Використання виключно харчових мастил (наприклад, на основі силікону або синтетичних олив з допуском NSF H1), що зберігають стабільність при високих обертах. Обов'язкове очищення зони системи ущільнень від залишків фаршу для запобігання їх потраплянню в лабіринтні затвори.

### 3.1.2. Ремонтні та діагностичні заходи

Оцінка радіального та осевого биття вала за допомогою індикатора. Перевірка стану посадкових місць під ножі на предмет наявності задирів та деформацій. Заміна клинових пасів при виявленні тріщин або розшарування. Заміна ущільнювальних манжет. Шліфування дрібних пошкоджень на конусній посадці шківів. Проводиться при зносі посадкових шийок понад допустимі межі. Включає відновлення вала методом наплавлення, зміну підшипників та обов'язкове динамічне балансування всього комплексу (вал + ножі + шків).

Дисбаланс або порушення натягу пасів: Спричиняє виникнення резонансних вібрацій, що призводить до руйнування сепараторів підшипників та порушення точності кутерування.

*Неправильний підбір мастила:* Викликає перегрів вузла, коксування мастильних матеріалів та заклинювання вала. Ігнорування шумів свідчить про початкову стадію руйнування підшипника або ослаблення кріплення ножів, що може призвести до аварійного руйнування чаші. В таблиці 3.1. подано основні технологічні вимоги.

Таблиця 3.1. Основні технологічні вимоги до обслуговування приводу кутера

|                                   |                                                        |                                               |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Є   Σ □ ◊ ≥ □   { } □ ◯           | ® Σ J { ◯ ◯ ≥ K Σ   ◯ \ { ◊   Σ { } ◯                  | · ◊ / { ◊   ◯   ® Σ ™ Σ { } ◯                 |
| Перевірка натягу пасів            | Запобігання проковзуванню та втраті потужності         | Щодня (перед зміною)                          |
| Змащування вальниць (підшипників) | Зменшення тертя та відведення тепла від опор           | Згідно з картою змащування (раз на 15-30 діб) |
| Візуальна перевірка ножів та вала | Виявлення тріщин, відколів та надійності кріплення     | Щодня (після миття)                           |
| Контроль вібрації та биття        | Запобігання руйнуванню підшипникових вузлів            | Постійно (або щотижнево індикатором)          |
| Санітарна обробка вузла           | Захист від корозії та дотримання норм харчової безпеки | Після кожної робочої зміни                    |

### 3.1.3. Система планово-попереджувальних ремонтів механізму приводу ножового вала кутера K120F

Надійна експлуатація кутера K120F, що працює в умовах високих динамічних навантажень та агресивного середовища, базується на системі

планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Головною метою ППР є усунення причин передчасного зносу ножового вала, запобігання аварійним руйнуванням різального інструменту та мінімізація простоїв цеху.

Ефективність ремонтного циклу залежить від кваліфікації персоналу, наявності оригінальних запчастин (підшипників високої точності, клинових пасів, ущільнень) та точності дотримання графіків обслуговування. Технічне обслуговування електричної частини (електродвигуна потужністю 55 кВт та системи частотного регулювання) проводиться одночасно з механічним оглядом.

У разі, якщо за результатами поточної діагностики (віброметрії та температурного аналізу) стан вала визнано задовільним, складається відповідний акт про перенесення терміну ремонту, що дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати без шкоди для безпеки.

Комплекс робіт з обслуговування приводу вала виконується слюсарями-ремонтниками під наглядом головного механіка підприємства. Основний перелік операцій включає:

- ❑ очищення вала та санітарну обробку зон ущільнення;
- ❑ перевірку стану підшипникових опор на шум, биття та температурний нагрів;
- ❑ контроль натягу клинопасової передачі та стану струмків шківа;
- ❑ діагностику цілісності кріпильних елементів ножової головки;
- ❑ заміну зношених манжет, лабіринтних ущільнень та вальниць (підшипників).

Перед початком робіт кутер ретельно дезінфікується та очищується від залишків сировини (фаршу) і вологи. Незначні регульовальні роботи проводяться безпосередньо на місці експлуатації, тоді як відновлення геометрії вала вимагає його демонтажу та передачі до механічної дільниці.

Графік ППР є обов'язковим до виконання документом, узгодженим з технологічною службою м'ясокомбінату, щоб зупинка обладнання не порушувала графік виробництва продукції.

|  | № п/п | Назва роботи          | Частота виконання   | Вимоги до виконання                                                                                                     | Відповідальний                 |
|--|-------|-----------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  |       | Щоденний огляд (ТО-0) | Щодня (між змінами) | - Перевірка надійності кріплення ножів<br>- Огляд на наявність сторонніх шумів та вібрацій                              | Оператор, черговий слюсар      |
|  |       | Планове ТО-1          | 1 раз на 10 днів    | - Регулювання натягу клинових пасів<br>- Очищення та змащування приводних вузлів                                        | Слюсар-ремонтник               |
|  |       | Періодичне ТО-2       | 1 раз на 2 місяці   | - Перевірка стану ущільнювальних манжет<br>- Контроль опору ізоляції двигуна<br>- Долив/заміна мастила в опорах         | Слюсар, електрик               |
|  |       | Поточний ремонт       | 1 раз на 6 місяців  | - Заміна комплекту клинових пасів<br>- Перевірка радіального биття вала індикатором<br>- Заміна ущільнень               | Слюсар, майстер                |
|  |       | Капітальний ремонт    | 1 раз на 1,5–2 роки | - Повний демонтаж вала<br>- Відновлення посадкових шийок (за потреби)<br>- Заміна підшипників та динамічне балансування | Ремонтна бригада, гол. механік |

### 3.1.4. Обґрунтування рішень щодо ремонту та відновлення вузла ножового вала кутера K120F

На підставі аналізу конструктивної схеми вала та результатів розрахунку згинальних моментів, було виявлено, що найбільш навантаженими ділянками є місця посадки підшипників та зона кріплення ножових пакетів. Метою даного обґрунтування є вибір методу відновлення, який забезпечить максимальну надійність вузла при роботі на швидкості до 5000 хв<sup>-1</sup>.

Основним дефектом вала кутера є зношування посадкових шийок під підшипники (діаметр 90h6) внаслідок дії вібрацій та високих температур. Для вирішення проблеми розглянуто три підходи:

*Відновлення наплавленням з наступним шліфуванням:* \* *Переваги:* Дозволяє повернути номінальні розміри деталі, використовуючи зносостійкі матеріали (наприклад, електроди з високим вмістом хрому). Метод є економічно вигідним. Висока температура наплавлення може спричинити деформацію вала, що є

критичним для кутера. Це вимагає обов'язкової термічної обробки для зняття внутрішніх напружень.

*Гальванічне хромування:* \* *Переваги:* Висока твердість поверхні без термічного впливу на структуру металу. *Ризики:* Обмежена товщина шару та крихкість покриття, що за умов високих динамічних навантажень може призвести до відшарування.

*Виготовлення нового вала:* \* *Переваги:* Гарантує повну відповідність геометричних параметрів (биття не більше 0,02 мм) та використання сталі 40Х з оптимальною термообробкою. Забезпечує найвищий запас міцності ( $n = 16,4$ ). *Ризики:* Вища вартість порівняно з ремонтом.

З огляду на високу відповідальність вузла та ризик аварійного руйнування ножів, виготовлення нового вала визнано найбільш доцільним для забезпечення довготривалої експлуатації. У випадках незначного зносу допустимим є наплавлення з подальшим точним шліфуванням (до Ra 1,6 за кресленням) та обов'язковим динамічним балансуванням.

Враховуючи, що підшипники забезпечують радіальну підтримку вала та сприймають поперечні навантаження, їх заміна є обов'язковою при кожному капітальному ремонті. Використання прецизійних підшипників високого класу точності, здатних працювати при температурах до 100°C.

Обрано комбіновану систему (манжетне + лабіринтне ущільнення), що запобігає потраплянню вологи та агресивного м'ясного соку до підшипникових камер.

Запропоновані рішення дозволяють: відновити експлуатаційні характеристики вузла до рівня нової машини та мінімізувати вібрації завдяки точному виконанню посадочних місць під шків (70h6) та шпонковий паз (20H9). Скоротити час простою за рахунок використання відпрацьованого технологічного маршруту виготовлення.

### **3.1.5. Дефектація та обґрунтування методів відновлення вала кутера K120F**

Перед початком ремонтних робіт проводиться ретельна дефектація вузла. Результати вимірювань та візуального огляду заносяться до дефектаційної відомості, яка є підставою для вибору технології відновлення.

Таблиця 3.3. – Відомість дефектів вала

| Об'єкт контролю (ділянка вала)                        | Можливий дефект                               | Метод виявлення                           | Технічний стан (фактичний)                          | Висновок / Рекомендації                  |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Посадкові шийки під підшипники ( $\varnothing 90h6$ ) | Знос поверхні, задири, сліди корозії          | Мікрометричний контроль, візуальний огляд | Знос понад 0,05 мм, зміна кольору металу (перегрів) | Відновити наплавленням або замінити вал  |
| Конусна посадка під шків ( $\varnothing 70h6$ )       | Пом'яття поверхні, порушення геометрії конуса | Перевірка "на фарбу" за еталонним шківом  | Плями контакту менше 60%                            | Шліфування поверхні                      |
| Шпонковий паз (20H9)                                  | Розм'яття стінок паза, збільшення ширини      | Вимірювання калібром або штангенциркулем  | Збільшення ширини до 20,4 мм                        | Фрезерування паза під ремонтний розмір   |
| Різьбова ділянка (M30x2-6g)                           | Зрив або знос витків різьби                   | Різьбовий калібр (кільце)                 | Частковий знос 2-3 витків                           | Калібрування різьбонарізним інструментом |
| Геометрична вісь вала                                 | Прогин (кривизна) вала                        | Перевірка в центрах індикатором           | Відхилення 0,08 мм (допуск 0,02)                    | Правка вала або заміна                   |
|                                                       |                                               |                                           |                                                     |                                          |

Представлена відомість дефектів (Табл. 3.3) демонструє технічний стан основних робочих поверхонь вала після інтенсивного періоду експлуатації. Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок про нерівномірний знос конструктивних елементів вузла.

Основний дефект та його вплив – це найбільш критичним виявленим дефектом є знос посадкових шийок під підшипники ( $D = 90h6$ ). Фактичне відхилення розміру (понад 0,05 мм) виводить деталь за межі встановленого 6-го квалітету точності.

Це призводить до:

- ▣ Порушення щільності посадки підшипників, що спричиняє їх прокручування на валу.
- ▣ Виникнення інтенсивної фретинг-корозії та додаткового теплового навантаження на вузол.
- ▣ Зростання рівня вібрації, що є недопустимим для кутера K120F, який працює на високих частотах обертання.

*Другорядні дефекти:* Крім зносу шийок, зафіксовано розм'яття стінок шпонкового паза та порушення геометрії конусної посадки шківів. Хоча ці



пошкодження не є критичними для цілісності вала, вони суттєво знижують точність передачі крутного моменту та сприяють розвитку дисбалансу.

*Обґрунтування подальших дій:* Сукупність виявлених відхилень, особливо перевищення допуску на прогин вала (0,08 мм при нормі 0,02 мм), підтверджує раніше прийняте рішення про недоцільність локального ремонту. Фактичний стан деталі вимагає повного відновлення геометричних параметрів шляхом виготовлення нового вала або застосування капітального наплавлення з подальшим прецизійним шліфуванням та динамічним балансуванням.

### **3.2. Розробка технології розбирання та складання вузла привода (вал та шків)**

Процес розбирання та складання вузла ножового вала кутера K120F вимагає особливої точності, оскільки будь-яке пошкодження посадкових поверхонь призведе до виникнення вібрацій на високих обертах (3000-5000 хв<sup>-1</sup>).

Розбирання проводиться у такій послідовності: демонтаж клинових пасів: Послаблення натяжного пристрою електродвигуна та зняття пасів зі шківа вала.

Зняття фіксаторів: Відгинання вусика стопорної шайби та відкручування торцевої гайки вала. Демонтаж шківа: Зняття шківа проводиться виключно за допомогою гвинтового або гідравлічного знімача. Забороняється використання молотка безпосередньо по тілу шківа, щоб уникнути появи мікротріщин у чавуні/сталі та деформації вала.

Вилучення шпонки: Виймання призматичної шпонки з паза за допомогою спеціальних щипців або легкої виколотки з м'якого металу. Всі деталі промиваються в розчиннику для видалення старого мастила та продуктів зносу перед етапом дефектації.

*Технологічний маршрут складання вузла.* Розробка технологічного маршруту складання вузла "вал-шків" є завершальним етапом технічної частини бакалаврської роботи. Оскільки кутер працює на високих обертах, головна мета маршруту — забезпечити співвісність та надійну фіксацію, щоб уникнути вібрацій

Процес складання проводиться після завершення ремонту вала та перевірки геометричних параметрів шпонкового паза.

## Етап 1. Підготовчі операції

1. Дефектація та очищення: Перевірка посадкової шийки вала та внутрішнього отвору маточини шківів на відсутність задирок та корозії. Промивання деталей у гасі або спеціальному розчиннику.
2. Вхідний контроль шпонки: Перевірка розмірів шпонки мікрометром. Вона повинна входити в паз вала з легким натягом (посадка P9/h9).

## 3. Етап 2. Встановлення шпонки

1. Монтаж у паз: Шпонка запресовується в паз вала за допомогою мідної виколотки або під пресом. Важливо забезпечити щільне прилягання нижньої грані шпонки до дна паза.
2. Перевірка виступання: Контроль висоти виступання шпонки над валом за допомогою штангенциркуля.

## Етап 3. Складання з'єднання (Напресовування шківів)

Оскільки розрахунком передбачено натяг, рекомендується використовувати термічний метод складання для запобігання пошкодженню поверхонь. Нагрівання шківів: Шків нагрівають у масляній ванні або індукційним нагрівачем до температури 100–120°C. Це забезпечує вільне надягання шківів на вал без використання ударних інструментів, що зберігає цілісність підшипників. Швидке встановлення нагрітого шківів на вал, суміщаючи шпонковий паз із встановленою шпонкою. Шків доводиться до упору в плічку вала. Природне охолодження вузла на повітрі.

## Етап 4. Остаточна фіксація та контроль

1. Торцева фіксація: Встановлення стопорної шайби та затягування кінцевої гайки вала. Гайку обов'язково контрять (відгинанням вусика шайби або стопорним гвинтом).
2. Перевірка биття: Встановлення вала в центрах та перевірка радіального биття шківів за допомогою індикатора годинникового типу. Допустиме биття для кутера K120F не повинно перевищувати 0,03–0,05 мм.
3. Динамічне балансування: Весь зібраний вузол (вал, шків, ножові пакети) підлягає фінальному балансуванню.

Технологічної карти це систематизований документ, який показує послідовність операцій, необхідний інструмент та норми контролю.

Таблиця 3.4. – Технологічна карта складання вузла ножового вала кутера K120F

| № оп. | Найменування операції      | Зміст операції                                                                         | Обладнання, інструмент та пристосування           | Технічні вимоги (контроль)                                |
|-------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 5     | Підготовча                 | Очищення робочого місця, промивка вала та шківів, перевірка наявності шпонки та гайки. | Ванна з гасом, серветки, стиснене повітря.        | Відсутність бруду та волог на поверхнях.                  |
| 10    | Слюсарна (контрольна)      | Перевірка посадкових поверхонь вала та шківів на відсутність задирок.                  | Мікрометр (0-100 мм), нутромір.                   | Відповідність розмірів<br>Квалітету IT6.                  |
| 15    | Слюсарна (монтажна)        | Встановлення призматичної шпонки в паз вала.                                           | Мідний молоток, лещата.                           | Щільна посадка (P9), відсутність хитання.                 |
| 20    | Нагрівальна                | Рівномірне нагрівання шківів до робочої температури.                                   | Індукційний нагрівач або масляна ванна.           | Температура нагріву 100-120°C.                            |
| 25    | Складання (напресовування) | Швидке встановлення гарячого шківів на вал до упору в плічко вала.                     | Кліщі, рукавиці термостійкі, направляюча оправка. | Поеднання шпонкового паза зі шпонкою.                     |
| 30    | Слюсарна (фіксація)        | Встановлення стопорної шайби та затягування торцевої гайки після охолодження.          | Динамометричний ключ, торцева головка.            | Зусилля затягування згідно з паспортом, стопоріння шайби. |
| 35    | Контрольна                 | Перевірка радіального биття обода шківів відносно осі вала.                            | Індикатор ІЧ-10 на магнітній стійці, центри.      | Допустиме биття не більше 0,04 мм.                        |
| 40    | Спеціальна                 | Динамічне балансування зібраного вузла.                                                | Балансувальний верстат.                           | Клас точності балансування G 2.5.                         |

Операція 20 (Нагрівання): Використання індукційного нагріву є кращим за масляну ванну, оскільки це чистіше і дозволяє контролювати температуру з точністю до градуса, що важливо для "смарт-технологій", які ми згадували раніше.

Операція 35 (Контроль биття): Це критичний етап. Якщо биття перевищує норму, це свідчить про перекіс шківів або неякісне шліфування вала під час ремонту.

Операція 40 (Балансування): Оскільки ми замінювали підшипники та, можливо, наплавляли вал, центр мас міг зміститися. Балансування — єдиний спосіб уникнути вібрації, яка може розбити нову вальницю за кілька годин роботи.

### 3.2.2. Аналіз технологічного забезпечення ремонту та обґрунтування необхідності спеціального оснащення

Для якісного відновлення або виготовлення нових вузлів ножового вала стандартного універсального обладнання часто буває недостатньо. Високі оберти кутера (до 5000 хв<sup>-1</sup>) вимагають специфічних засобів обробки та контролю.

Для виконання базових операцій ремонту вала необхідний такий парк обладнання:

- ▣ Токарно-гвинторізні верстати (напр., 16K20): Для чорнового та чистового точіння шийок, нарізання різьби М30 та підготовки припусків під шліфування.
- ▣ Круглошліфувальні верстати: Необхідні для досягнення шорсткості Ra 1,6 та точності розмірів  $\pm 0,05$  мм на посадкових місцях підшипників.
- ▣ Вертикально-фрезерні верстати: Для прорізання шпонкових пазів шириною 20 мм.

Звичайна механічна обробка не гарантує довговічності вузла без використання спеціальних пристосувань:

- ▣ Індукційні нагрівачі: Для рівномірного нагріву шківів та підшипників перед складанням. На відміну від паяльних ламп, індуктор не перегріває метал локально, що запобігає відпуску сталі та деформаціям. Це критично для збереження натягу в з'єднанні.

Спеціальні гвинтові знімачі з самоцентруванням для демонтажу шківів та підшипників. Використання кувалд чи важелів при розбиранні кутера неприпустиме, оскільки це призводить до мікротріщин на валу та пошкодження посадкових плічок.

Динамічний балансувальний стенд - фінальна перевірка зібраного вузла (вал + шків + ножі). Оскільки вал є консольним і працює на надвисоких швидкостях, навіть мінімальний дисбаланс (у кілька грамів) створить відцентрову силу в сотні кілограмів, що миттєво зруйнує підшипники.

Для підтвердження якості ремонту необхідно використовувати прецизійний інструмент:

1. Мікрометри гладкі (тип МК): 3 ціною поділки 0,01 мм для контролю шийок 90h6.
2. Індикатори годинникового типу (ІЧ-10) на магнітній стійці: для перевірки радіального биття шківів та вала в центрах (норма — не більше 0,04 мм).
3. Прилад для вібродіагностики: для перевірки роботи вузла під навантаженням після монтажу на кутер.

Технологічне забезпечення ремонту вала кутера K120F повинно базуватися на поєднанні традиційної механічної обробки та спеціального діагностичного обладнання. Впровадження динамічного балансування та індукційного складання є технічно необхідним кроком, що дозволяє виключити людський фактор та гарантувати безпечну експлуатацію обладнання в м'ясопереробному цеху.

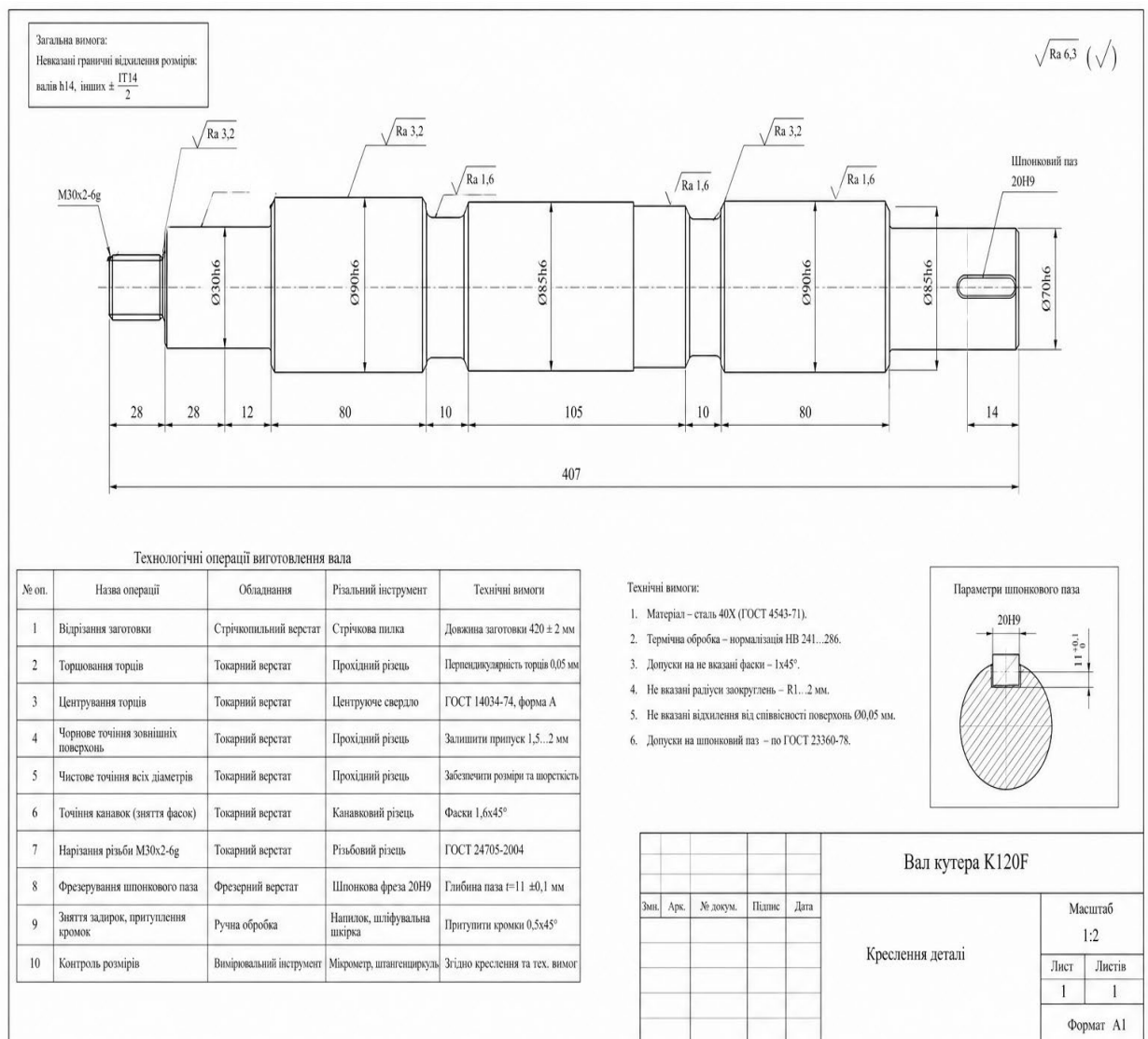


Рис. 3.1. Технологічні операції

Токарна чорнова (оп. 4): Обдирка зовнішніх поверхонь із залишенням припуску  $1,5 \pm 2$  мм на фінішну обробку.

Токарна чистова (оп. 5-6): Доведення всіх діаметрів до номінальних розмірів згідно з допусками та зняття фасок  $1,6 \ 45^\circ$ .

Нарізання різьби (оп. 7): Виконання різьби M30x2-6g для кріплення кінцевої фіксуючої гайки.

Фрезерна (оп. 8): Формування шпонкового паза шириною 20H9 за допомогою шпонкової фрези. Глибина паза контролюється з точністю 0,1 мм.

Слюсарна та контрольна (оп. 9-10): Ручне зняття задирок, притуплення гострих кромek та фінальний метрологічний контроль за допомогою мікрометра та штангенциркуля.

При ремонті зношених шийок (які ми розраховували раніше) використовуються ті самі токарні та шліфувальні операції (оп. 5), але наплавлений метал вимагає особливого підбору різального інструменту. Зверніть увагу на позначення Ra 6,3 на кресленні — це загальна вимога, але для посадкових місць підшипників (90h6) шорсткість має бути значно вищою (Ra 1,6), що ви вказали правильно.

Тепер у нас є повний цикл: Технічні вимоги -> Графік ППР -> Технологія виготовлення -> Схема розбирання/складання.

### **3.2.3. Технологічний процес виготовлення вала кутера K120F**

У випадках, коли дефектація виявляє критичні пошкодження (глибокі тріщини, значне викривлення або граничний знос, що перевищує ремонтні допуски), проводиться виготовлення нової деталі згідно з розробленим технологічним маршрутом.

Основні параметри деталі (згідно з кресленням):

Матеріал: Сталь 40X (ГОСТ 4543-71).

Термічна обробка: Нормалізація до твердості HB 241...286.

Загальна довжина: 407 мм.

Основні робочі діаметри: 85h6, та 90h6.

Технологічна послідовність операцій виготовлення:

На основі представленого креслення (рис.3.3), процес виготовлення розділений на 10 основних етапів:

Заготівельна (оп. 1): Відрізання заготовки довжиною  $420 \pm 2$  мм на стрічкопильному верстаті.

Токарна підготовча (оп. 2-3): Торцювання торців для забезпечення перпендикулярності та центрування (ГОСТ 14034-74) для подальшого встановлення вала в центрах.

### **3.3. Аналіз технологічності конструкції вала**

Технологічність вала визначається його геометричною формою, вибором матеріалу та вимогами до точності, які безпосередньо впливають на складність токарної обробки.

Конструкція вала має послідовне зменшення діаметрів від центральної частини (90h6) до країв, що дозволяє вільно виводити різальний інструмент (різці) під час токарної обробки. Наявність центрових отворів (Операція 3) дозволяє проводити більшість операцій в центрах, що гарантує високу співвісність усіх шийок вала.

Співвідношення довжини (407 мм) до максимального діаметра (90 мм) забезпечує достатню жорсткість, що дозволяє проводити точіння на високих режимах без виникнення вібрацій.

#### **3.3.1. Матеріальна та термічна технологічність**

Сталь 40X у стані нормалізації (НВ 241...286) має відмінні показники оброблюваності, що дозволяє отримувати чисту поверхню з шорсткістю Ra 1,6 - 3,2 без застосування надскладних режимів. Всі фаски ( $1,6 \ 45^\circ$ ) та радіуси заокруглень ( $R_1 = 2$  мм) уніфіковані, що скорочує кількість використовуваного інструменту.

Шийки на діаметрі 90h6 служать надійними базами для подальших операцій, таких як фрезерування шпонкового паза (Операція 8), що спрощує наладку верстата.

Усі критичні розміри (діаметри, довжини ступенів, параметри різьби) є відкритими та зручними для контролю стандартним вимірювальним інструментом — мікрометрами та штангенциркулями (Операція 10).

Конструкція вала передбачає достатні припуски на торцях, що дозволяє проводити відновлення центрових отворів при ремонті. Відкритий доступ до шпонкового паза (20H9) та різьбової ділянки (M30 2-6g) дає можливість проводити їх відновлення або перерізання без демонтажу складних вузлів.

Конструкція вала кутера K120F є повністю технологічною. Вона дозволяє застосовувати прогресивні методи високошвидкісного точіння на верстатах з ЧПК, мінімізує кількість перевстановлень деталі та забезпечує стабільне досягнення заданої точності 6-го квалітету. Це значно знижує собівартість як виготовлення нової деталі, так і її подальшого відновлення.

### **3.3.2. Розрахунок похибки базування при механічній обробці вала**

Це критично важливий етап, оскільки він підтверджує, чи зможе обрана технологія забезпечити ту високу точність (6-й квалітет), яку ви вказали на кресленні вала. Похибка базування ( $\epsilon_6$ ) виникає внаслідок несуміщення технологічної бази з конструкторською. Для вала кутера K120F основною конструкторською базою є його вісь обертання, яка матеріалізується через центрові отвори.

Згідно з розробленим технологічним маршрутом (Операція 5 та 10), чистова токарна обробка та контроль проводяться при встановленні вала в центрах. Це є найбільш технологічним рішенням, оскільки в цьому випадку технологічна база збігається з конструкторською віссю деталі.

При базуванні в центрах похибка базування на діаметральні розміри та співвісність теоретично дорівнює нулю ( $\epsilon_6 = 0$ ), проте необхідно враховувати похибки, що виникають через стан самих центрових отворів та геометрію центрів верстата.

Сумарна похибка встановлення ( $\epsilon_v$ ) розраховується за формулою:

$$\epsilon_v = \epsilon_6^2 + \epsilon_z^2 + \epsilon_{пр}^2$$

де:

$\epsilon_6$  — похибка базування (при роботі в центрах  $\epsilon_6 = 0$ );

$\epsilon_z$  — похибка закріплення (залежить від зусилля затиску задньої бабки);

$\epsilon_{пр}$  — похибка пристосування (биття самих центрів верстата).



Для найбільш відповідальної шийки вала  $D=90h6$  допуск складає  $IT6 = 22$  мкм (0,022 мм).

За правилом забезпечення точності, сумарна похибка встановлення не повинна перевищувати 20 ..30% від допуску на розмір:

$$[\epsilon_v] \leq 0,3 IT6 = 0,3 \cdot 22 = 6,6 \text{ мкм}$$

При використанні прецизійних центрів та чистових центрових отворів (форма А за ГОСТ 14034-74), похибка встановлення зазвичай не перевищує 3 ... 5 мкм.

Оскільки розрахована похибка встановлення (3...5 мкм) є меншою за допустиму (6,6 мкм), обрана схема базування в центрах повністю забезпечує отримання заданої точності 6-го квалітету для вала кутера K120F. Це мінімізує ризик виникнення радіального биття, яке при дефектації було зафіксоване на рівні 0,08 мм при нормі 0,02 мм.

### 3.4. $\nabla \int (\langle \otimes \Sigma \mid \square \setminus \{ \diamond \mid \Sigma \} \{ \square \int \diamond \square \} \int \Sigma \square \setminus \} \setminus \} \diamond$ вала кутера K120F

Ножовий вал є центральним робочим органом кутера K120F. Його основне службове призначення — передача крутного моменту від головного електродвигуна через пасову передачу до ножових пакетів, що здійснюють подрібнення та перемішування м'ясної сировини.

*Основні функції вала:*

**Забезпечення процесу різання:** Вал утримує ножову головку, що обертається з високою кутовою швидкістю, забезпечуючи кінетичну енергію, необхідну для тонкого подрібнення (гомогенізації) фаршу.

**Сприйняття динамічних навантажень:** Під час роботи вал зазнає значних навантажень від згину (через вагу ножів та натяг пасів) та кручення, а також імпульсних ударних навантажень при контакті ножів із твердими включеннями у сировині.

**Забезпечення герметичності:** Конструкція вала в поєднанні з системою ущільнень (вузол А-А на рис. 2.1) повинна гарантувати повну ізоляцію підшипникових вузлів від потрапляння вологи та харчових кислот.

Технічна характеристика деталі:

Згідно з кресленням (рис. 3.16с11), вал має такі конструктивні особливості:

*Конструктивна форма:* Вал є ступінчастою деталлю типу "тіло обертання" зі змінними діаметрами від діаметру 30 до діаметру 90 мм. Ступінчаста форма дозволяє оптимально розподілити напруження та забезпечити точну осьову фіксацію підшипників і ножів.

*Матеріальне виконання:* Використання сталі 40X обумовлено необхідністю поєднання високої міцності з в'язкістю серцевини. Після нормалізації (НВ 241...286) сталь набуває стійкості до втомних руйнувань.

**Точність поверхонь:** Посадкові шийки під підшипники (90h6) та ножові пакети виконані за 6-м квалітетом точності, що необхідно для запобігання вібраціям на швидкості до  $5000 \text{ хв}^{-1}$ .

Шорсткість посадкових поверхонь Ra 1,6 мкм (згідно з кресленням) забезпечує щільне прилягання кілець підшипників.

Тип з'єднань: Для передачі моменту на шків передбачено шпонковий паз (20H9), а для фіксації ножів та підшипників — різьбові ділянки (M30x2-6g).

Умови експлуатації:

Вал працює в умовах високочастотного циклічного навантаження. Основними чинниками впливу є:

- ▣ Температурне розширення (нагрів від підшипників);
- ▣ Хімічна агресивність середовища (миття лужними розчинами);
- ▣ Висока інерційність системи (велика маса ножової головки).

Службове призначення вала визначає його статус як найбільш відповідальної деталі приводу. Будь-яке відхилення від характеристик, зазначених у техпроцесі (наприклад, похибка співвісності опор понад 0,05 мм), призведе до неможливості експлуатації кутера через критичний рівень шуму та небезпеку руйнування ножів.

### **3.4.1. Концепція інтеграції смарт-технологій у систему ТО і ремонту**

Інтеграція смарт-технологій перетворює традиційне обслуговування кутера на систему Smart Maintenance. Для нашої роботи важливо показати, як фізичний ремонт поєднується з цифровим моніторингом для подовження терміну служби відремонтованого вала.

Впровадження концепції "Індустрія 4.0" у ремонтний цикл дозволяє перейти від реагування на поломку до її випередження.

#### *1. Архітектура системи моніторингу (IoT)*

Для відстеження стану механізму приводу вала пропонується наступна дворівнева система:

*Нижній рівень (Sensor Level):* Встановлення інтелектуальних датчиків вібрації та температури безпосередньо на корпуси підшипникових опор (вузли 1 на вашій схемі).

*Верхній рівень (Cloud/Interface):* Передача даних через шлюз (Gateway) на хмарну платформу, де алгоритми штучного інтелекту аналізують тренди зносу.

## 2. Предиктивна діагностика підшипникових вузлів

Замість планової заміни підшипників, смарт-система аналізує спектр вібрацій (FFT-аналіз). Це дозволяє: Виявити кавітацію або мікротріщини в сепараторах.

Визначити момент, коли мастило втрачає свої властивості.

- ▣ Результат для ремонту: Слюсар отримує повідомлення про необхідність обслуговування за 50–100 годин до можливого виходу з ладу, що дозволяє запланувати ремонт без зупинки виробництва.

## 3. Цифрова карта ремонтів (QR-кодування)

На корпус кутера або безпосередньо на вал (після ремонту) наноситься унікальний QR-код.

- ▣ При скануванні технічний персонал отримує доступ до Цифрового паспорту деталі.
- ▣ У паспорті відображається: дата останнього шліфування вала, розміри встановлених підшипників, марка використаного мастила та величина залишкового дисбалансу.
- ▣ Це виключає помилки при наступному підборі запчастин.

## 4. Смарт-контроль затягування ножів та натягу пасів

Використання тензометричних датчиків у зоні кріплення ножових пакетів (ділянка В) дозволяє контролювати зусилля затискання фланців. При послабленні кріплення (що часто стає причиною поломки вала) система негайно блокує запуск двигуна. Аналогічно контролюється натяг клинових пасів, що запобігає перегріву вала через проковзування.

Впровадження смарт-технологій дозволяє:

- ▣ Збільшити міжремонтний інтервал на 25–30%.
- ▣ Зменшити витрати на аварійні запчастини на 40%.

- ▣ Гарантувати безпеку персоналу за рахунок постійного контролю цілісності ножового вала.

Використання смарт-технологій особливо актуальне після проведення капітального ремонту, оскільки дозволяє відстежити, як поводить себе відреставрована деталь у робочих режимах, та підтвердити правильність обраних технологій наплавлення чи обробки.

#### **4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуація**

### **ЗАКОН УКРАЇНИ ПРО ОХОРОНУ ПРАЦІ**

Закон про охорону праці в Україні від 14 жовтня 1992 року визначається державною політикою України в сфері охорони праці для всіх сфер народного господарства і є правовою і нормативною базою, обов'язковою для додержання при проектуванні та будівництві промислових підприємств. Закон складається з 20 статей, які обумовлюють правила і вимоги експлуатації підприємств, порядок їх використання, обов'язки власників промислових підприємств, порядок проведення інструктажів і контроль за їх дотриманням, порядок проведення заходів з покращення умов праці і забезпечення здорових умов роботи.

Закон України про охорону праці є основою для забезпечення безпечних і здорових умов праці на промислових підприємствах, а також компенсації шкоди заподіяної виробництвом людям.

### **ІНСТРУКТАЖІ З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Навчання безпеки на підприємствах з первинного інструктажу, який проводить інженер з охорони праці. Проведення інструктажу реєструється в журналі, який зберігається протягом 35 років. Всі інші інструктажі проводяться безпосередньо керівниками робіт: перед допуском до роботи на робочих місцях проводить майстер індивідуально з кожним робітником в об'ємі інструкції для окремих видів робіт або професій даного виробництва, що реєструється в обліковій картці інструктажу.

Повторний (плановий) інструктаж проводить майстер на робочому місці з встановленою для даного виробництва і виду робіт періодичністю. Ця періодичність не повинна перевищувати шести місяців на звичайних робочих місцях і трьох місяців на роботах з підвищеною небезпекою. Повторний інструктаж реєструється в особистій картці інструктажу.

Позаплановий інструктаж проводиться майстром індивідуально або з групою робітників однієї професії. Він проводиться при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушення робітниками правил техніки безпеки.

Цільовий інструктаж проводиться з робітниками перед проведенням робіт, на які оформляється наряд-допуск. В наряді-допуску фіксується проведення інструктажу.

### **ФІНАНСУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Фінансування охорони праці відбувається власником підприємства. Робітник не несе ніяких витрат при проведенні заходів з охорони праці.

Згідно з законом України про охорону праці надходять відрахування у розмірі 0,5% від фонду оплати праці (ФОП), штрафів та спонсорських допомог у фонд охорони праці підприємства.

Ці фінанси використовують для проведення заходів з охорони праці.

Фінанси фондів охорони праці не підлягають оподаткуванню і використанню на інші заходи.

Фінансування по охороні праці здійснюється за рахунок цехових і загально виробничих витрат, амортизаційного фонду, призначеного на капітальний ремонт, за рахунок фонду розвитку виробництва.

### **Вентиляція**

Вентиляційна система відіграє важливу роль в попередженні утворення пожежо- та вибухонебезпечних концентрацій сумішей горючих газів парів і пилу з повітрям шляхом їх постійного розрідження до безпечного рівня при нормальному режимі роботи технологічного обладнання, а також в аварійних ситуаціях

В відповідності з цим передбачена механічна і природна вентиляція, причому в системі механічної витяжки приплив зовнішнього повітря в холодну пору року підігрівається за допомогою системи, в яку входять відцентровий вентилятор і калорифер.

Застосовуємо в цеху припливно-витяжну вентиляцію для підтримування метеорологічних умов і чистоти повітря, які задовольняють санітарно-гігієнічні

|        |      |          |        |      |  |      |
|--------|------|----------|--------|------|--|------|
| умови. |      |          |        |      |  | Док. |
|        |      |          |        |      |  | 2    |
| Зм.    | Док. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

Норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні:

а) холодний рух повітря в робочий і перехідний період руху

- температура 16...22°C;
- відносна вологість – не більше 75%;
- швидкість руху повітря – не більше 0,5м/с;
- температура повітря у неробочій зоні 15...24 °С.

б) теплий період року

- температура не більше 28°C;
- відносна вологість – не більше 55%;
- швидкість руху повітря – не більше 0,5м/с;
- температура повітря у неробочій зоні не вище температури на вулиці.

### Шум та вібрація

Джерелами вібрації при роботі кутера є: двигуни, вивантажувач, ножовий вал (ріжуча головка).

Норми загальної технологічної вібрації наведені в ГОСТ 12.1.012-90. ССТБ: «Вибрационная безопасность».

Заходи по зниженню вібрації у виробничих приміщеннях:

- Основою профілактики вібраційної хвороби є застосування обладнання і інструментів з параметрами вібрацій, що не перевищують ГОСТ12.1.012-90, а також введення прогресивних технологій, виключаючи дію вібрації на працівників.
- Для зменшення негативної дії вібрації використовують засоби індивідуального захисту і встановлюють режим праці робітників вібронебезпечних професій. В якості індивідуального захисту використовують антивібраційні рукавиці, взуття.
- В якості засобів індивідуального захисту, працюючих від шкідливої дії ультразвуку, який розповсюджений у повітряному середовищі, треба використовувати протишумувачі для захисту рук від дії ультразвуку в зоні контакту людини з твердим (рідким) середовищем необхідно

використовувати спеціальні рукавиці або захвати-маніпулятори.

Діж.

Зм. Діж. № докум. Змінення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом

Діж.

зменшення сили, яка викликає коливання.

- Для послаблення вібрацій істотне значення має запобігання резонансним режимам роботи з метою виключення резонансу з частотою змушуючої сили.
- Вібродемпферування. Цей метод зниження вібрацій реалізується шляхом перетворення енергії механічних коливань системи в теплову енергію.
- Віброгасіння. Для динамічного гасіння коливань використовують динамічні: пружинні, маятникові, ексцентрикові, гідравлічні. Вони являють собою додаткову коливну систему з масою  $m$  та жорсткістю  $q$ , власна частота котрої налаштована на основну частоту коливань даного агрегату, що має масу  $M$  та жорсткість  $Q$ .
- Динамічне віброгасіння досягається також встановленням агрегату на масивному фундаменті. Маса фундаменту підбирається таким чином, що амплітуда коливань підосви фундаменту не перевищувала 0,1...0,2 мм.

Всі, хто працює з джерелами вібрації, повинні проходити медичні огляди перед вступом на роботу і періодично, не рідше 1 разу на рік.

Еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску на робочих місцях апарату повинні бути визначені за ОСТ 12.1.028-80, ОСТ 27.72.306-77. При цьому еквівалентні рівні звуку і звукового тиску повинні відповідати СН №3223-85. Методи гігієнічної оцінки вібрації робочих місць, нормативні параметри та їх допустимі величини встановлені Санітарними нормами вібрації робочих місць СН3044 – 84.

Джерелами шуму є технологічне обладнання кутера, двигуни. Шум у цехах в багатьох випадках перевищує нормований. Нормування шуму проводять згідно з ГОСТ 12.1.003-83 «Общие требования безопасности» двома методами: по граничному спектру та по рівню звуку в дБ.

Для зниження шуму в промислових умовах на підприємстві можуть бути використані такі методи: зменшення шуму в джерелі його виникнення; зміна напрямку випромінювання від джерела шуму; зменшення шуму на шляху його розповсюдження; будівельно-акустичний, який полягає в проектуванні на підставі



акустичного розрахунку, що дозволяє визначити очікувані рівні звукового тиску та зіставити їх з нормованими. Для зниження шуму проводять акустичну обробку, яка полягає в розміщенні на внутрішніх поверхнях приміщень звукопоглинаючих матеріалів, в якості яких використовують: надтонке скловолокно, капронове волокно, мінеральну вату, мінераловатні плити та ін.

У випадках, коли зменшити шум до допустимої величини загально-технічними заходами неможливо, застосовують засоби індивідуального захисту. Для того, щоб захистити свій організм від шуму та вібрації робітники використовують засоби індивідуального захисту: протишумові навушники, заглушки, вкладиші, костюми, шлеми та каски. Також можна ізолювати шумовий агрегат. А для того, щоб захистити себе від вібрації, необхідно проводити виробничу гімнастику протягом 8...10 хвилин, водні процедури 8...10 хв. Вони покращують кровообіг, живлять м'язи і нерви. Для того, щоб захистити руки, необхідно одягати рукавиці, одягати спеціальний костюм. Також ставити обладнання на фундаменти, використовувати гумові прокладки, пружини і т.д.

На зменшення рівня шуму впливають:

- мінімальні динамічні навантаження, правильний монтаж обладнання (кутера);
- правильна експлуатація кутера, своєчасне проведення ремонтів;
- проведення санітарно-профілактичних заходів (раціональні режими праці і відпочинку, профогляди та ін.) для працюючих.

Організаційні методи боротьби з шумом та вібрацією:

1. Виключення з технологічної схеми віброакустично активного обладнання;
2. Використання обладнання з мінімальними динамічними навантаженнями та правильний його монтаж;
3. Правильна експлуатація обладнання;
4. Розміщення шумного обладнання в окремих приміщеннях, відокремлення його звукоізолюючими перегородками;
5. Розміщення шумних цехів у віддалених чи інших приміщеннях;
6. Дистанційне управління віброакустичним обладнанням.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Адк. |
|     |      |          |        |      |  | 5    |
| Зм. | Адк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

В значній мірі шум і вібрація виникає через знос деяких деталей, неправильного влаштування і балансування обертаючих деталей, що необхідно забрати. Передбачається використання глушників шуму в системах вентиляції. Також для боротьби з шумом та вібрацією застосовуються засоби індивідуального захисту: протишумові заглушки, рукавиці з вібропрокладками.

### **Освітлення виробничих приміщень**

Для забезпечення нормального освітлення передбачається природне і штучне освітлення. В денний час максимально використовується природне світло, яке поступає в приміщення через вікна, а при необхідності через освітлювальні ліхтарі і дах. Робочі місця, які в денний час не мають можливості освітлюватися природнім світлом, повинні освітлюватися штучним.

Для забезпечення освітлення в темну частину доби використовуються ліхтарі з люмінесцентними лампами або лампами розжарювання. Перші використовуються для загального освітлення, а другі — для місцевого і аварійного. Ліхтарі з лампами розжарювання встановлюються для освітлення місць, де встановлені вимірювальні прилади, щити та пульти управління.

Для забезпечення евакуації персоналу або можливості продовження роботи в випадку відключення основного освітлення в виробничих приміщеннях необхідно забезпечити освітлення від незалежних джерел живлення.

Ремонтне освітлення використовують під час проведення ремонтних робіт. Споживачі ремонтного освітлення працюють від напруги 36 В. Живлення відбувається від накопичувальних трансформаторів.

Для освітлення цехів застосовуємо природне і штучне освітлення. Для живлення світильників використовуємо напругу 220 В. Для робочого освітлення застосовується люмінесцентні лампи та лампи розжарювання. Аварійне освітлення влаштовано в головних проходах. Робоче освітлення повинно забезпечувати норми освітлення на робочих місцях і допоміжних площадках. Напруга аварійного освітлення 36 В.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Дрк. |
| Зм. | Дрк. | № докум. | Підпис | Дата |  | 66   |

## Побутові приміщення

Санітарно-побутові приміщення загального і спеціального призначення встановлюються в залежності від того, до якої групи за санітарною характеристикою відносяться виробничі процеси на підприємствах. Побутові приміщення на підприємстві відповідають вимогам СНП II-92-76. Підлога в побутових приміщеннях повинна бути вологостійка, в роздягальнях заслана гумовими килимками, а в душових – дерев'яними трапами. У відповідності з цими вимогами на заводі розміщують загальні побутові приміщення і будівлі (гардеробні, душові, умивальні, туалети).

Гардеробні оснащені закритими шафами для робочого і власного одягу. Разом з гардеробними розміщені душові. Умивальники розташовуються поряд з гардеробними і в кімнатах санвузлів. Місця для паління знаходяться на території заводу у не виробничому корпусі. Кількість душових розраховують за кількістю людей на одну душову сітку, працюючих в найбільш численній зміні залежно від групи виробничих процесів. 1 душ розраховується на 15 чоловік. На один санвузол не більше 30 чоловік. Туалети розміщують так, щоб відстань між найбільш віддаленого робочого місця до туалету була не більше 75 м. Кімната для паління  $0,1 \text{ м}^2$  на кожного працюючого, але загальна площа кімнати повинна бути не менше  $12 \text{ м}^2$ . Їх розміщення узгоджується з протипожежною охороною. Приміщення їдальні і медпункту розташовують в місцях з найменшим впливом робочих шкідливих факторів.

## ЗАХОДИ З ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ

У відповідності з «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) приміщення, в якому знаходиться кутер відноситься до категорії приміщень підвищеної небезпеки. Частини установки, на яких проводяться роботи по огляду, обслуговуванню та ремонту, повинні бути знеструмлені. Знеструмлені частини спочатку перевірити на відсутність напруги, потім заземлити і закоротити, а також ізолювати сусідні деталі, що знаходяться під напругою. Регулярно оглядати/перевіряти електричне обладнання кутера. Недоліки, такі як неміцні з'єднання чи кабелі з оплавленою ізоляцією, повинні негайно видалятися.

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Адк. |
|     |      |          |        |      |  | 7    |
| Зм. | Адк. | № докум. | Підпис | Дата |  |      |

При необхідності виконання робіт на частинах обладнання, що знаходиться під напругою, призначити другу людину, яка в екстреному випадку повинна вимкнути напругу аварійним або головним вимикачем. Огородити робочу зону червоно-білим ланцюгом з попереджувальною табличкою. Працювати тільки інструментами з ізоляцією від напруги.

Всі металеві частини обладнання, які можуть в результаті аварії опинитися під напругою, заземляються.

Кожен працівник забезпечується відповідним спецодягом, взуттям і захисними засобами, що відповідають стандартам. До захисних засобів відносяться: запобіжні пояса, діелектричні рукавиці, ізолюючі шланги, плоскогубці та ін.

Основними технічними способами і засобами захисту від ураження електричним струмом: захисні заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, електричне роз'єднання мережі, ізоляція струмоведучих систем, компенсація струмів замикання на землю, передбачена сигналізація, блокування, знаки безпеки, ізоляційні захисні пристосування. Для захисту від ураження електричним струмом застосовується занулення.

Збирання небезпечних проявів статичної електрики можна застосовувати на наступних принципах:

- зменшення процесу генерації електричних зарядів статичної електрики;
- вимкнення небезпечних зарядів статичної електрики;
- розсіювання виникаючих зарядів.

Для відводу статичної електрики, яка збирається на працюючих, передбачено пристрій електропровідних підлог або зон, заземлення ручок, дверей, важелів приладів, машин і апаратів. Заземлення приймають загальним контуром сталь 12мм і глибиною 5 мм зі смужкою 25x4 шляхом з'єднання електрозваркою при виконанні ремонтних робіт з обладнанням, яке знаходиться під напругою, проводи спеціальними діелектричними інструментами і засобами захисту (гумові рукавиці і взуття). При включенні машини і рубильників вешати таблички "Не

|                                                                      |      |          |        |      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|----------|--------|------|------|
| вимкати, працюють люди". Ціти оснащувати написами: "Обережно! Висока |      |          |        |      | Алк. |
| напруги!"                                                            |      |          |        |      |      |
| Зм.                                                                  | Алк. | № док.м. | Підпис | Дата | 8    |

## **Захист від блискавки**

Для захисту споруд і будівель від прямих ударів блискавки служать блискавковідводи, які приймають на себе розряд блискавки і відводять струм розряду в землю. Блискавковідвід складається з несучої частини блискавкоприймача, струмоводу і заземлювача. Застосовуємо осередкові блискавковідводи довжиною 2-3м одинарні. Після кожної грози на початку весни перевіряють справність блискавковідводів, систему заземлення і її опір.

## **ЗАХОДИ З ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

Відповідно до норм технологічного проектування НАПББ.03-002-07 всі приміщення за вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д; з них А, Б – вибухопожежонебезпечні; В, Г, Д – пожежонебезпечні.

М'ясокомбінати за пожежною безпекою належать до категорії В, в їх виробничих приміщеннях мають бути передбачені заходи по попередженню вибухів, виникненню пожеж, засоби їх гасіння, сигналізації, питання пожежного водопостачання, шляхи евакуації людей.

Приміщення, по можливості, повинно бути обладнане автоматичними стаціонарними засобами гасіння пожежі. Незалежно від наявності цих систем гасіння, цех повинен забезпечуватись первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, рукава, бочки з водою (піском), ломи, сокири, відра тощо). Своєчасно проводити інструктажі.

Протипожежні заходи різного роду, що проводяться на заводі направлені на усунення причин, які спричиняють пожежі, здійснення заходів, які обмежують розповсюдження пожеж і створення умов успішної евакуації людей і матеріальних цінностей. Для підтримання пожежної безпеки на підприємстві організовані засоби протипожежної сигналізації, оповіщення та зв'язку, засоби гасіння пожеж та протипожежне водопостачання. Пожежну безпеку промислових об'єктів регламентують ГОСТ 12.1.004-85 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования».

|     |      |          |        |      |  |      |
|-----|------|----------|--------|------|--|------|
|     |      |          |        |      |  | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  | 9    |

Основним способом гасіння пожеж прийнято протипожежне водопостачання. Вода береться з місцевих водойм, на водопровідних лініях на відстані не більше 150 м один від одного, не більше 5 м від стіни будівлі, встановлено гідранти. На внутрішній водопровідній сітці в цехах встановлено пожежні крани на висоті 1,5 м від рівня підлоги.

Розрахунок витрат води для 3-х годинного гасіння пожежі:

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot 12}{1000} \approx 11n,$$

де  $n = n_1 + n_2$  в залежності від категорії пожежної безпеки цеху знаходимо, що норма витрат води на внутрішнє пожежогасіння  $n_1 = 5 \text{ м}^3/\text{с}$ , і зовнішнє  $n_2 = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$$Q_{\text{внутр}} = 11 \cdot 5 = 55 \text{ м}^3; Q_{\text{зовн}} = 11 \cdot 10 = 110 \text{ м}^3; Q_{\text{заг}} = 55 + 110 = 165 \text{ м}^3.$$

### НАГЛЯДНА АГІТАЦІЯ НА ВИРОБНИЦТВІ

Велику допомогу в проведенні інструктажу та пропаганди еспечних методів праці надають добре оснащені кабінети охорони праці. В якості наглядної агітації в цехах є плакати, які випускаються редакціями безпосередньо на виробництві; написи, які попереджають про небезпеку ураження струмом, вибухонебезпечності, про недопустимість відкнення обладнання при його ремонті та інше. Добре оформлені плакати приваблюють увагу працюючих і є елементами доброго улаштування заводу.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ УМОВ ПРАЦІ

Для покращення умов праці потрібно:

- забезпечити кращу вентиляцію приміщення;
- перевіряти, щоб у відділеннях не було протягів;
- зменшити вологість на робочих місцях.

|     |      |          |        |      |       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-------|------|
|     |      |          |        |      |       | Адк. |
|     |      |          |        |      |       |      |
| Зм. | Адк. | № докум. | Підпис | Дата | ----- | 10   |

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі було проведено комплексне дослідження та розробку технології відновлення працездатності ножового вала кутера K120F. За результатами виконаної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз конструкції та експлуатації встановив, що ножовий вал є найбільш відповідальним вузлом кутера, який працює в умовах екстремальних динамічних навантажень (до  $5000 \text{ хв}^{-1}$ ) та агресивного середовища. Основними причинами виходу з ладу є знос посадкових шийок під підшипники та порушення динамічної рівноваги.
2. Розрахункова частина вала на міцність та жорсткість підтвердили правильність вибору матеріалу (Сталь 40X) та термічної обробки. Розрахований коефіцієнт запасу міцності ( $n = 16,4$ ) забезпечує надійну роботу вузла при пікових навантаженнях під час подрібнення замороженої сировини.
3. На основі проведеної дефектації виявлено перевищення допусків на биття вала ( $0,08 \text{ мм}$  при нормі  $0,02 \text{ мм}$ ) та знос шийок. Обґрунтовано доцільність виготовлення нового вала як найбільш надійного методу відновлення експлуатаційних характеристик машини.
4. Розроблено технологічний маршрут виготовлення вала та технологічну карту його складання. Впровадження індукційного нагріву для монтажу шківів та динамічного балансування дозволяє звести до мінімуму похибки встановлення та забезпечити точність за 6-м квалітетом.
5. Розрахунок похибки базування показав, що обробка вала в центрах є оптимальною схемою, яка гарантує сумарну похибку встановлення в межах  $5 \text{ мкм}$ , що повністю задовольняє жорсткі вимоги конструкторської документації.
6. Розроблено заходи з безпечної експлуатації та обслуговування кутера, що базуються на автоматизації систем блокування та використанні сучасних засобів індивідуального захисту при роботі з різальним інструментом.

## Перелік посилань

1. Пелех Л.В. Машины та апарати харчових виробництв. – Львів: Новий Світ-2000, 2018. – 368 с.
2. Заяц Ю.О., Гуменюк В.В. Обладнання підприємств м'ясної промисловості. – Київ: Центр учбової літератури, 2019. – 412 с.
3. Рогов І.А. Технология мяса и мясных продуктов. – Москва: КолосС, 2017. – 711 с.
4. Гавва О.М., Беспалько А.П. Обладнання для переробки м'яса. – Київ: НУХТ, 2020. – 285 с.
5. Машины та обладнання харчових виробництв: підручник / За ред. П.О. Карпенка. – Київ: Інкос, 2021. – 896 с.
6. Машины та апарати харчових виробництв : підручник / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, В. П. ШАПОРЕВ, Є. І. ОРЛОВ та ін. – Харків : НТУ «ХПІ», 2014. – 652 с.
7. Рогов І. А., Забашта А. Г., Коваленко В. М. Технологічне обладнання м'ясної промисловості. – Київ : Вища школа, 2010. – 487 с.
8. Гуменюк Г. Д. Обладнання підприємств м'ясної промисловості. – Київ : Центр навчальної літератури, 2012. – 432 с.
9. Паламарчук І. П., Ярошенко Л. В. Експлуатація та ремонт машин харчових виробництв. – Вінниця : ВНАУ, 2016. – 398 с.
10. Кравченко В. П. Надійність і ремонт машин та обладнання харчових виробництв. – Київ : Аграрна освіта, 2015. – 364 с.
11. Черевко О. І., Поперечний А. М. Матеріали та конструкції обладнання харчових виробництв. – Харків : Світ Книг, 2013. – 416 с.
12. Патенти у галузі обладнання для подрібнення та емульгування м'ясної сировини : огляд технічних рішень. – Київ : Укрпатент, 2022. – 58 с.



14. Shynkaryk, M., Kravets, O., & Venhrynovych, S. (2021). Features of pressing the juice from viburnum berries. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 101(1), 94-101.
15. Шинкарик М.М., Кравець О.І. Основи теплотехніки: навч. посібник. — Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2024. 132 с.
16. Improvement of environmental sustainability of milk processing enterprises / Oleh Kravets, Mariia Shynkaryk, Viktor Kravets // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 114. — No 2. — P. 111–118.
17. Shynkaryk, M., Kravets, O., Papernyak, R., & Lukiyanichuk, B. (2026). Determining the influence of equipment used in modern cottage cheese production lines on the quantitative and dispersed composition of cheese dust. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(11 (139), 14–22.
18. Shynkaryk M. Mathematical modelling of the separation of suspension process on the filter with self-purifier filter element / M. Shynkaryk, O. Kravets / Ukrainian Food Journal. – 2016. № 1. – P. 135-143.
19. Кравець О. І., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я., Паперняк Р. В. Дослідження впливу кулачкового насоса на процес руйнування сирного зерна при виробництві сиру кисломолочного // Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2026. Том 2, № 2 С. 127-136.
20. Шинкарик М.М. Шляхи зниження затрат енергоресурсів на процес сушіння технічного казеїну / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, С.О Четверікова, С.М. Венгринович // VI Всеукраїнська науково-практична конференція “Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК”, 23-24 лист. 2017р.: матеріали – К.: – 2017. – С. 107-108.
21. Шинкарик М.М. Дослідження впливу окремого обладнання лінії виробництва сиру кисломолочного на утворення сирного пилу / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець, М.А. Стадницький, Р.В. Паперняк // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : матеріали 92-ї Міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Київ, 20-24 квітня 2026 р.). Київ : НУХТ, 2026. Ч. 2. С. 17.
22. Shynkaryk, M. M., Kravets, O. I. (2026). Energy losses and environmental consequences of thermotechnical system operation // Сучасні технології в

машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: ЛНТУ, 2026. № 1 (26) С.70-76.

23. Heat exchange in a chamber apparatus with a circulation circuit during cheese masses production / Mariia Shynkaryk, Viktor Voroshchuk, Oleh Kravets, Olha Krupa, Natalia Zvarych // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 43–53.

24. Шинкарик М.М. Вдосконалення лінії очистки сироватки / М.М. Шинкарик, В.Г. Юкало, О.І. Кравець // Вісник ТДТУ. – 2005. – № 2. – С. 192-196.

25. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

26. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

27. Пилипець М.І. Раціональні способи виготовлення заготовок для одиничного і дрібносерійного виробництва/ М.І. Пилипець, О.М. Пилипець //Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин “, 2021. - с.13

28. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. Посіб. Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, І. Б. Гевко. Тернопіль : – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 152 с.

29. Вітенько Т., Ворощук В. Навчально-методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 – «Механічна інженерія». ФОП Паляниця, 2024. 52 с.