



# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв  
Освітній ступінь бакалавр  
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

Олександр ГАВВА

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Микола Валерійович АВРАМЕНКО

(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема роботи Модернізація машини ФУАМ для знімання шкури із туш ВРХ продуктивністю 100 шкур/год

керівник роботи ст. викладач Сергій Дмитрович БЕСЕДА,  
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

затверджено наказом по Університету від “ 03 ” 11 2025 року № 899-кс

2. Строк подання роботи здобувачем 02.02.2026

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охрони праці, екології; загальні висновки, список використаної літератури

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

Кресленик загального виду – 1 арк. ф. А1.

Кресленики вузлів і деталей – 3 арк. ф. А1.

Кресленик технологічного маршруту виготовлення деталі – 1 арк. ф. А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
8	БОЙКО Ю.І., доцент		

7. Дата видачі завдання 04 листопада 2025р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Виконання, % до етапу
1	Анотація, зміст	09.11.2025	Виконано
2	Вступ	10.11.2025	Виконано
3	Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення	10.11.2025	Виконано
4	Техніко – економічне, соціальне обґрунтування	13.11.2025	Виконано
5	Характеристика вихідної сировини і продукту	14.11.2025	Виконано
6	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання.	18.01.2026	Виконано
7	Підбір конструкційних матеріалів	19.01.2026	Виконано
8	Розрахункова частина	20.01.2026	Виконано
9	Розрахунок технології виготовлення окремих деталей	22.01.2026	Виконано
10	Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	02.02.2026	Виконано
11	Система управління	02.02.2026	Виконано
12	Охорона праці	02.02.2026	Виконано
13	Охорона довкілля	02.02.2026	Виконано
14	Висновки	03.02.2026	Виконано
15	Список використаної літератури	09.02.2026	Виконано
16	Графічна частина: 5 аркушів	10.02.2026	Виконано
17	Подача КР на кафедрі	17.02.2026	Виконано

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Микола АВРАМЕНКО

\_\_\_\_\_ (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сергій БЕСЕДА

\_\_\_\_\_ (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## Анотація

Авраменко М.В. Проект модернізації машини ФУАМ для знімання шкури із туш ВРХ продуктивністю 100 шкур/год. — Кваліфікаційна робота на отримання освітнього ступеня “Бакалавр” за спеціальністю - 133 «Галузеве машинобудування».

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

Робота викладено на 84 сторінках, містить 12 таблиць та 7 малюнків.

У роботі розроблено техніко-економічне обґрунтування модернізації агрегату ФУАМ на базі підприємства м'ясопереробної галузі. Виконано підбір технологічних схем забою та переробки ВРХ, описано характеристики сировини та вимоги до якості парних шкур.

Основним технічним рішенням є модернізація привода машини шляхом впровадження системи частотного регулювання, що забезпечує плавне знімання шкури без механічних пошкоджень туші. Проведено розрахунки потужності привода, зусиль у робочих органах та підбір конструкційних матеріалів.

Робота містить опис системи управління, заходи з монтажу та технічної експлуатації

**Ключові слова:** м'ясо, шкура, зняття, ВРХ, агрегат, оптимізація.

## ABSTRACT

The qualification work by M.V. Avramenko presents a project for the modernization of the FUAM machine designed for skinning cattle carcasses with a capacity of 100 skins per hour at a meat processing enterprise.

The purpose of this work is to provide a technical and economic justification for the modernization of the unit to increase equipment reliability, reduce operating costs, and improve labor conditions by decreasing noise and vibration levels.

The core technical solution involves the modernization of the machine drive through the implementation of a frequency regulation system, which ensures smooth skinning without mechanical damage to the carcass.

The work includes power calculations for the drive, an analysis of forces in the working organs, and the selection of appropriate construction materials.

Furthermore, the project provides a comprehensive description of the control system, maintenance and repair (MPR) procedures, and specific recommendations for installation and technical operation.

The explanatory note consists of 84 pages, including 12 tables and 7 figures, while the graphic part is presented on five A1 format sheets.

The results of the modernization lead to a transition to a more advanced level of equipment in the meat processing industry, reduced repair costs, and an increased interval between maintenance periods.

**Keywords:** meat, skin, removal, cattle, unit, optimization.

№	Зміст	Сторінка
1.	Вступ.	7.
2.	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	9.
3.	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.	12.
4.	Будова та принцип роботи обладнання. Опис запропонованого технічного рішення.	14.
5.	Вибір конструкційних матеріалів.	29.
6.	Розрахункова частина.	31.
7.	Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту.	49.
8.	Технологія виготовлення деталі.	55.
9.	Система управління.	73.
10.	Охорона праці.	74.
11.	Заходи з цивільної оборони.	79.
12.	Охорона довкілля.	80.
	Висновки.	82

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Беседа С.Д.</i>	<i>Вид документа Кваліфікаційна робота</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа НУХТ ЗОХ 5-2</i>	<i>Розробник документа Авраменко М.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<i>092802.КР.04.000</i>			
	<i>Документ Затверджено</i>	<i>Інд. Змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова UA</i>	<i>Аркуш 6</i>	

## 1. ВСТУП

М'ясопереробна галузь є з найбільш пріоритетних і стратегічно важливих галузей харчової індустрії України. Її вплив на рівень продовольчої безпеки є дуже важливим для держави та стан здоров'я населення та економічні показники агропромислового комплексу в цілому. На сучасному етапі функціонування ринку м'ясопродуктів спостерігається тенденція до контролю та збільшення вимог щодо якості та захищенч сировини, що зумовлює необхідність технічного переоснащення підприємств і впровадження інноваційних технологій переробки.

ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» має високі показники лідерства на рейтингу позиції на ринку, що підтверджується високими обсягами виробництва та широким асортиментом продукції. Проте, утримання таких позицій вимагає постійної уваги до ефективності роботи основного технологічного обладнання. Однією з найважливіших операцій у первинній переробці великої рогатої худоби (ВРХ) є процес знімання шкур. Якість виконання цієї операції має вирішальне значення, оскільки шкура є не лише цінним продуктом для шкіряної промисловості, а й бар'єром, що захищає м'язову тканину туші від мікробіологічного забруднення під час подальшої обробки.

Механізація процесу знімання шкур дозволяє суттєво підвищити продуктивність праці та стабілізувати роботу забійного цеху. На підприємстві для цих цілей використовується агрегат безперервної дії ФУАМ, що розрахован

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Беседа С.Д.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Кваліфікаційна робота</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ ЗОХ</b> <b>5-2</b>	<i>Розробник документа</i> <i>Авраменко М.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<b>092802.КР.04.000</b>			
	<i>Документ Затверджено</i>		<i>Інд. Змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> <b>7</b>

й на інтенсивну експлуатацію з продуктивністю 100 шкур за годину. Проте аналіз роботи існуючої лінії на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» показав, що традиційна система привода машини ФУАМ, побудована на базі асинхронних двигунів із прямим пуском, має низку технічних недоліків.

Основним дестабілізуючим фактором є виникнення значних динамічних перевантажень у момент початку відриву шкури від фасцій туші. Жорстке зчеплення привода не дозволяє плавно нарощувати тягове зусилля, що часто призводить до виникнення таких дефектів, як наскрізні розриви шкури («дірки»), вихоплення м'язової тканини та пошкодження підшкірного жирового шару. Окрім втрати сортності шкіряної сировини, це погіршує товарний вигляд туші та вимагає додаткових витрат на ручне зачищення, що знижує загальну рентабельність цеху.

**Актуальність теми кваліфікаційної роботи.** Впровадження сучасних систем автоматизації, а саме частотно-регульованих електроприводів, є одним із найбільш перспективних шляхів модернізації обладнання м'ясокомбінатів. Модернізація машини ФУАМ шляхом встановлення частотного перетворювача дозволить не лише оптимізувати кінематичні характеристики процесу знімання шкури, але й суттєво знизити енергоспоживання агрегату, забезпечити захист двигуна від перевантажень та подовжити міжремонтний ресурс обладнання.

**Мета роботи.** Метою проекту є розробка комплексу технічних рішень щодо модернізації привода машини ФУАМ на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат». Це передбачає перерахунок кінематичних параметрів, обґрунтування вибору системи керування та доведення економічної ефективності впроваджених змін для забезпечення стабільної якості продукції при заданій птужності лінії 100 шкур/год

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес механізованого знімання шкур ВРХ та система електропривода агрегату ФУАМ.

**Предмет дослідження** – параметри регулювання швидкості та зусилля привода, що забезпечують збереження цілісності шкури та туші в процесі обробки.

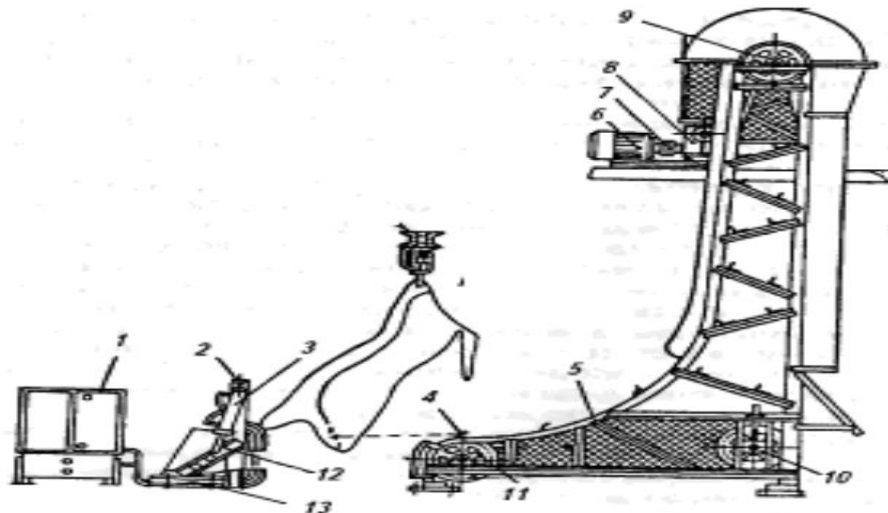
## 2. Порівняльний аналіз конструктивних рішень робочих органів

### Обладнання для знімання шкіри ВРХ

#### 3.1 Апарати для мех. знімання шкіри:

1. Періодичної туші при зніманні шкіри знаходиться в нерухомому стані
2. Безперервної дії: шкіру знімають в процесі руху туші на конвеєрі.

**3.2** Установка А1-ФУУ для знімання туш з ВРХ. Механізм знімання шкіри складається з: металевої ферми з направляючими спецпрофілю для ТЛ (тягового ланцюга), ТЛ з крюками, приводної, натяжної і поворотної зірочок та привода ТЛ. Установка А1-ФУУ періодичної дії включає механізм знімання шкіри, фіксатор і ГПС (станцію гідропривода) фіксатора (мал. 1).



**Мал. 1. Апарат для обробки туші зі знімання шкіри великої рогатої худоби А1-ФУУ:**

1 – станція гідропривід фіксатора; 2 – фіксатор; 3 – гідроциліндр; 4 – тяговий ланцюг; 5 – механізм знімання шкіри; 6 – електродвигун; 7 – муфта; 8 – редуктор; 9 – привідна зірочка; 10 – натяжна зірочка; 11 – поворотна зірочка; 12 – каретка; 13 – рама фіксатора.

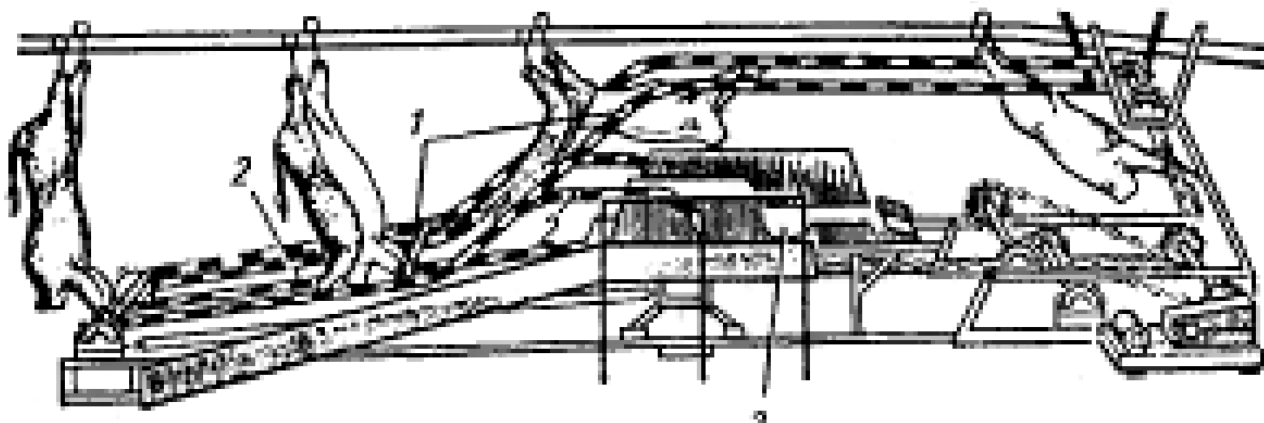
- **Привід ТЛ** встановлений у верхній частині механізму та складається з ЕД, муфти, черв'ячного редуктора і ланцюгової передачі, що передає рух привідній зірочці.
- **Подача туші:** об'єкт подається по підвісному шляху до місця знімання та розтягується фіксатором.
- **Фіксація:** передні кінцівки закріплюють ланцюгами, які надівають на крюки каретки у її крайньому верхньому положенні.
- **Розтягування:** при переміщенні каретки вниз по напрямних туша розтягується.
- **Натяг:** ГП (гідропривід) фіксатора забезпечує рівномірне натягування із зусиллям до 15 кН, що компенсує подовження туші під час процесу.
- **Знімання шкіри:** процес відбувається при русі ТЛ, на крюк якого накидається захват для шкіри.
- **Завершення:** знята шкіра падає на стіл для звільнення від захвату, а туша конвеєром прямує на наступну технологічну ділянку.

### 3.3. Апарат РЗ-ФУВ для знімання шкіри туш великої рогатої худоби.

Апарат безперервної дії РЗ-ФУВ (мал.2.) для знімання шкіри з ВРХ складається зі зварного каркаса з двома конвеєрами: КФ (конвеєр фіксації) передніх кінцівок та КЗШ (конвеєр знімання шкіри), що мають різну швидкість руху. КФ включає дві паралельні направляючі криволінійного профілю, якими синхронно рухаються ТЛ (тягові ланцюги), з'єднані поперечними скалками. КЗШ. Також складається з двох паралельно розташованих профільних направляючих, по яким рухаються тягові ланцюги з крюками для фіксації шкіри.

#### Мал . 2. Схема знімання шкір на установці РЗ-ФУВ:

1 – конвеєр фіксації передніх кінцівок; 2 – конвеєр знімання шкір; 3 – конвеєр для шкір.



У фасадній частині установки розташована обернено-приводна станція з жорстко закріпленими оборотними зірочками **КФ** (конвеєра фіксації) та ведучими зірочками **КЗШ** (конвеєра знімання шкур), що забезпечує передачу руху між ними. Обидва конвеєри приводяться в рух від одного 3-швидкісного ЕД (електродвигуна) через клинопасову передачу, циліндричний редуктор і зірочки. **КФ** рухається майже в 3 рази швидше за **КЗШ** завдяки більшому діаметру привідних зірочок, а для регулювання натягу **ТЛ** (тягових ланцюгів) передбачені гвинтові натяжні станції. Над агрегатом змонтовані паралельні підвісні шляхи з автострілками для переміщення туш на роликах, а в середній частині розташований стрічковий конвеєр для приймання шкур. Забілована туша закріплюється крюками за штангу **КФ**, а кінці шкіри фіксуються ланцюгами до крюків **КЗШ**. Через різницю швидкостей туша «виходить» зі шкіри, після чого крюки автоматично скидаються, і туша по нахиленій ділянці відкочується на однорейковий шлях. Знята шкура автоматично звільняється від ланцюгів і стрічковим конвеєром подається на подальшу обробку.

Установка з хитним барабаном базується на зварній рамі з важелем із двох бічних балок. На передній частині важеля обертається конічний барабан із ланцюгами фіксації шкіри, який приводиться в дію ГД (гідродвигуном) через ланцюгову передачу. Система керування рухом важеля включає ГЦ (гідроциліндр) та шток, а живлення забезпечує змонтована на рамі ГС (гідростанція). Агрегат кріпиться до несучих конструкцій цеху або має власну раму. Туша на підвісному шляху фіксується за передні ноги, а задні впираються в упор для розвантаження каркаса туші. Оператори на двох **ПОМ** (підйомно-опускних майданчиках) з'єднують шкуру з барабаном і вмикають привід обертання та підйому важеля. Рух **ПОМ** синхронізовано з важелем, що дозволяє регулювати кут відриву шкіри при сталій швидкості барабана. Конструкція забезпечує знімання шкіри як від голови до хвоста, так і навпаки.

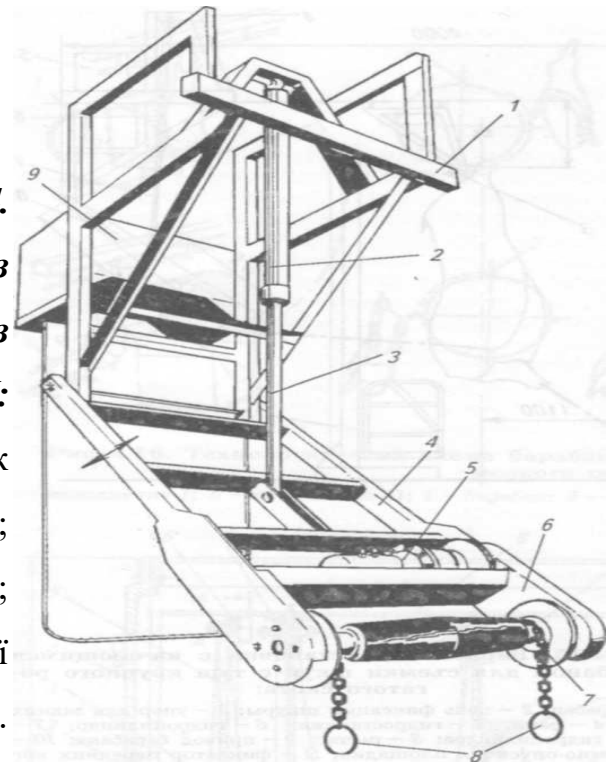
Продуктивність установки до 65 туш за 1 год. Потужність приводу гідростанції до 10 кВт.

Маса установки без платформ 750 кг.

Мал. 1.4.

**Схема барабанної установки з хитким барабаном для знімання шкур з туш ВРХ:**

- 1 - рама; 2 - гідроциліндр; 3 - шток гідроциліндра, 4 - важіль; 5 - гідродвигун; 6 - кожух ланцюгової передачі; 7 - барабан; 8 - ланцюга фіксації шкури; 9 – гідростанція.



### **3. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування**

#### **3.1. Економічна доцільність та раціональне використання сировини**

В основі економіки ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» лежить принцип повного та раціонального використання тваринної сировини. Враховуючи, що в собіварт. м'ясної продукції частка сировини досягає 90-95%, мінімізація втрат на кожному етапі є пріоритетом.

Цінність вторинної продукції: Шкіра тварин є високовартісною сировиною для легкої промисловості (взуття, одяг, меблі). Її ринкова вартість після переробки в кілька разів перевищує початкову собівартість.

Проблема механічних пошкоджень: Використання застарілих вертикальних установок призводить до появи "задирів" м'язової тканини та розривів самої шкіри. Втрата цілісності шкіри автоматично переводить її у нижчий сорт, що приносить значні фінансові втрати.

**Рішення:** Впровадження установки з хитним барабаном дозволяє знімати шкуру плавно, повторюючи контури туші, що гарантує збереження її товарного вигляду та цілісності.

### **3.2. Технічна ефективність та енергозбереження**

Виробн. м'ясних продуктів пов'язане з великими затратами енергії, пари та води. Модернізація привода напряду впливає на ці показники:

**Механічна надійність:** Вибір легованих матеріалів (Сталь 40X) та сучасної кінематики з хитним барабаном знижує витрати а саме на ремонт та технічне обслуговування.

А також оптимізація енергоспоживання: Застосування частотного регулювання дозволяє системі споживати стільки енергії, скільки потрібно для конкретного зусилля знімання, уникаючи пікових навантажень.

### **3.3. Соціальний аспект та професійна підготовка**

Складність технологічних процесів у м'ясній промисловості вимагає від спеціалістів високої теоретичної підготовки.

**Автоматизація:** Модернізована установка знімає фізичне навантаження з оператора та мінімізує вплив "людського фактора" на якість шкури.

**Безпека:** Соціальний ефект досягається через покращення умов праці, зниження рівня шуму та підвищення електробезпеки обладнання.

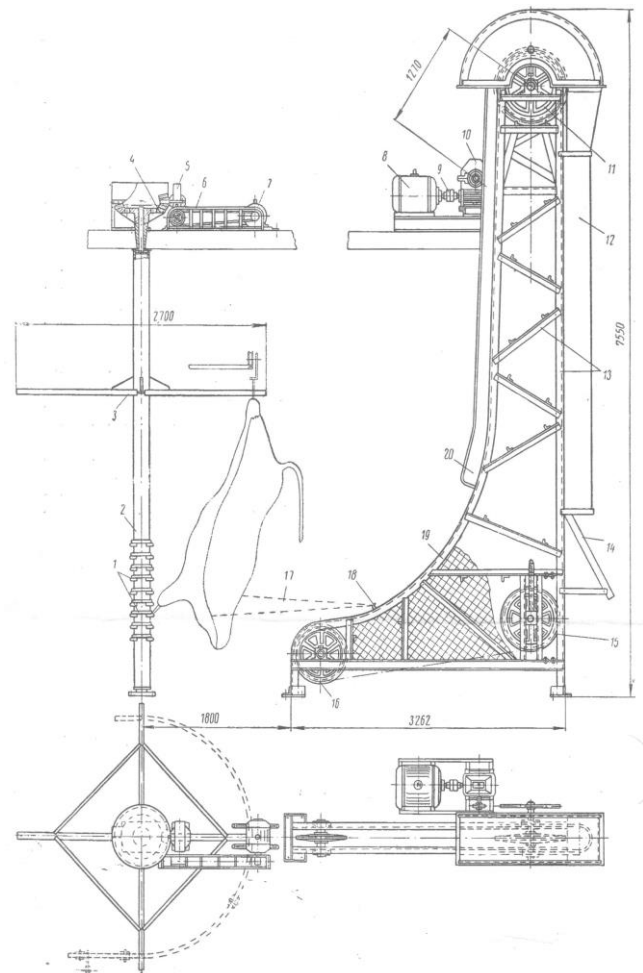
## 4 Будова та принцип роботи обладнання. Опис, запропонованого технічного рішення

### 4.1. Будова та принцип роботи установки ФУАМ

Установка ФУАМ (мал. 5.1) призначена для механізації процесу знімання шкур з туш ВРХ. Вона забезпечує високу якість сировини завдяки плавному відриву шкіри вгору.

1 - скоби фіксації передніх кінцівок;  
2 - вертикальний вал фіксатора;

3 - важелі переміщення туші; 4 - конічна пара шестерень; 5 - чув'ячний редуктор, 6 - Пасова передача; 7 - електродвигун привода фіксатора; 8 - електродвигун привода тягового ланцюга; 9 - сполучна муфта; 10 - черв'ячний редуктор; 11 - приводна зірочка тягового ланцюга; 12 - труба для спуску знятої шкіри, 13 - ферма; 14 - прийомний лоток для знятої шкіри; 15 - натяжна зірочка тягового ланцюга; 16 - поворотна зірочка тягового ланцюга; 17 - ланцюг фіксації шкіри; 18 - гак тягового ланцюга; 19 - напрямна роликів тягового ланцюга; 20 - лоток.



18 - гак тягового ланцюга; 19 - напрямна роликів тягового ланцюга; 20 - лоток.

#### Основними вузлами установки є:

Несуча ферма (13): сталева конструкція, на якій змонтовані всі механізми.

Поворотний фіксатор: прямокутна колона (2) з важелями (3), що забезпечує подачу та утримання туші. Тяговий орган: ланцюг (11) з гаками (18), що рухається по напрямних роликах (19). Система приводів: окремі електродвигуни для тягового ланцюга (8) та механізму фіксації (7).

## Принцип дії:

Туша по похилому підвісному шляху подається до фіксатора. Важіль повертається на 90° підводячи тушу в зону робочого органу. Після закріплення передніх кінцівок у скобах (1), оператор накидає ланцюг шкури на гак тягового ланцюга. При ввімкненні привода шкура знімається «панчохою» вгору, перекидається через приводну зірочку та через розтруб (12) потрапляє на прийомний лоток (14).

## **Технічна характеристика установки ФУАМ**

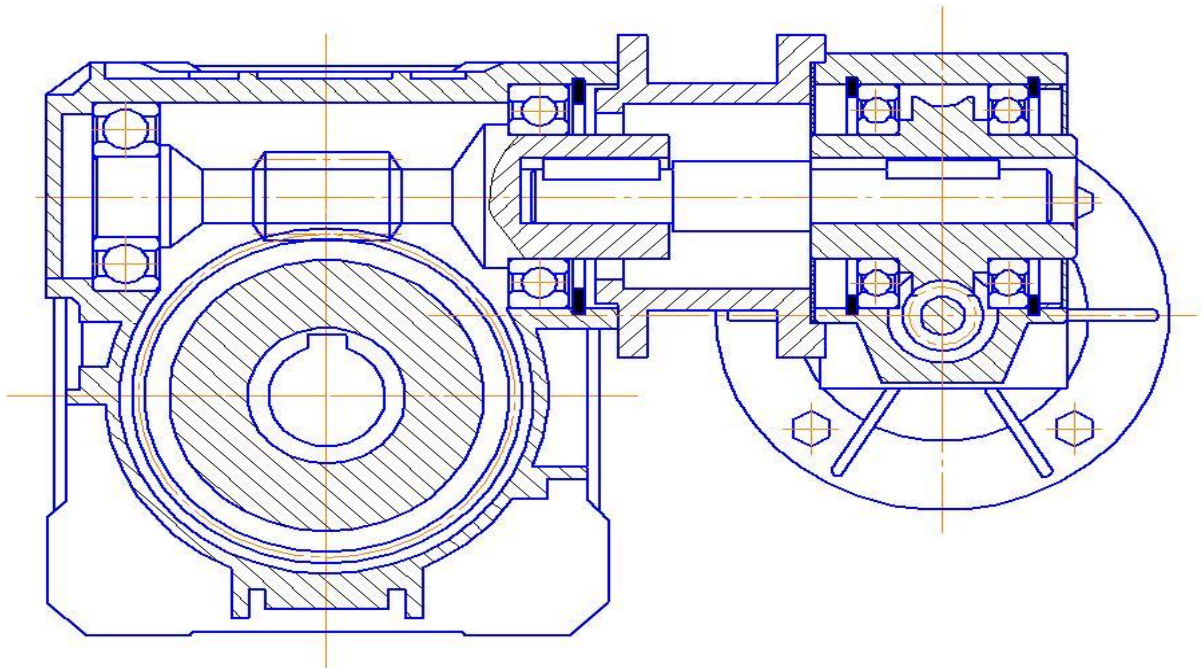
Продуктивність, голів/годину .....	75
Швидкість зйомки шкур, м / хв .....	0,05...0,15
Електродвигун приводу тягового ланцюга	
тип. АТ 2-71-12/8/6/4	
потужність, Вт .....	3000-10000
частота обертання вала, хв <sup>-1</sup> .....	1 475/720/940/1440
Електродвигун поворотного фіксатора	
тип.АОС-2-31-6	
потужність,Вт.....	2000
е частота обертання вала, 1/хв.....	1480
Габаритні розміри, мм	
довжина .....	7012
ширина .....	2700
висота .....	7550
Маса, кг .....	2884
Висота приміщення для установки, мм .....	8300

## 4.2. Опис запропонованого технічного рішення

Сучасний стан м'ясної галузі України вимагає переходу на компактне та надійне обладнання. Базовий привод поворотного фіксатора ФУАМ є надто складним: він включає пасову передачу, муфту, черв'ячний редуктор та відкриту конічну пару (4). Така кількість ланок знижує ККД привода та потребує частого обслуговування.

### Суть модернізації:

У проекті запропоновано повну заміну застарілої каскадної передачі на сучасний двоступінчастий мотор-редуктор.



Мал. 5.2.1. Схема приводу поворотного фіксатора.

### Переваги модернізованого вузла:

**Конструктивна компактність:** Відмова від пасової передачі та відкритої конічної пари дозволяє монтувати привод безпосередньо на вал фіксатора через фланцеве з'єднання.

**Підвищення надійності:** Використання мотор-редуктора з порожнистим валом усуває проблему центрування валів та швидкого зносу відкритих шестерень, які в умовах м'ясокомбінату піддаються корозії.

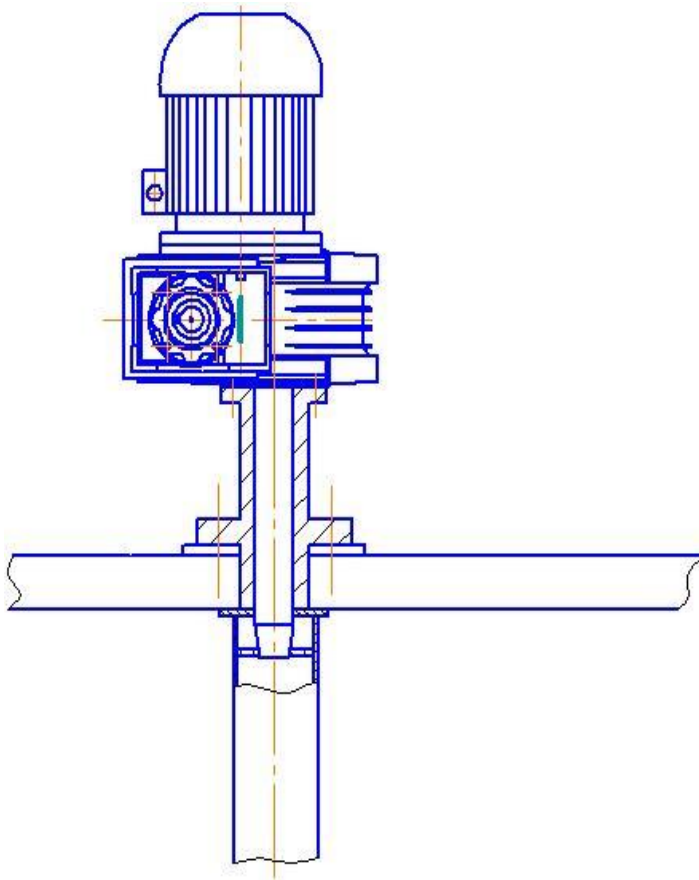
**Експлуатація:** Збільшується міжремонтний ресурс (МТВР), спрощується санітарна обробка обладнання за рахунок відсутності відкритих частин, що змащуються.

**Економіка:** Зниження витрат на запасні частини (паси, підшипники окремих опор) та монтажні роботи.

Крутний момент від електродвигуна, вал якого з'єднаний з черв'ячним валом за допомогою муфти, передається на швидкохідну пару зубчастого з'єднання, потім, через з'єднувальний вал на тихохідну черв'ячну пару.

Привід з'єднується з поворотним фіксатором через фланцевий прехідник, а крутний момент передається від пустотілого валу із шпонковим пазом, на якому розміщене тихохідне колесо другої пари черв'ячного редуктора, на вал що з'єднаний з колоною поворотного фіксатора.

Така заміна дає змогу наблизитись до сучасного рівня виробництва, заощадити кошти на монтаж та ремонт установки, збільшити час міжремонтної роботи, нормалізувати умови роботи оператора установки.



Мал. 5.2.2. Схема розміщення приводу.

М'ясна галузь України потребує модернізації через критичний знос ОФ (основних фондів) та застарілі технологічні процеси. Для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств порівняно з імпортом необхідно впроваджувати енергоефективне обладнання та автоматизовані системи керування.

Удосконалення ліній забою, зокрема установок типу А1-ФУУ, дозволяє покращити якість продукції та знизити ЕВ (експлуатаційні витрати).

#### **4.3. Додаток до редуктора в тому числі вдосконалення електричної частини**

##### **Зарубіжні автоматизовані системи (Marel, Bansa, Frontmatec)**

Провідні європейські виробники пропонують роботизовані та гідравлічні системи знімання шкур. Ці агрегати відзначаються ідеальною точністю та наявністю інтелектуальних систем контролю зусилля.

- **Переваги:** Висока якість знімання, мінімальний ризик пошкодження туші, повна відсутність людського фактору.
- **Недоліки:** Надзвичайно висока вартість (у 5-10 разів дорожче вітчизняних аналогів), складність в експлуатації та потреба у спеціалізованому сервісному обслуговуванні закордонними фахівцями. В умовах поточної економічної ситуації повна заміна ліній на імпортні аналоги є економічно ризикованою.

#### **4.4. Характеристика базового агрегату ФУАМ та обґрунтування його модернізації**

Агрегат ФУАМ є найбільш розповсюдженим рішенням на великих м'ясокомбінатах України. Його конструкція дозволяє працювати в поточному режимі зі швидкістю лінії 100 шкур/год. Знімання здійснюється шляхом тягового зусилля, що створюється ланцюговим приводом.

Взято за приклад модернізації з історій помилок та експлуатації: ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат»

Проте аналіз експлуатації ФУАМ на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» виявив критичну проблему: базовий асинхронний привід працює з постійною швидкістю. Це створює наступні негативні наслідки:

1. **Динамічні ривки:** У момент початку відриву шкіри від фасції зусилля зростає стрибкоподібно, що призводить до розривів шкіри у 8-12% випадків.
2. **Залежність від сировини:** Різні категорії худоби (бугаї, корови, молодняк) мають різну міцність зв'язку шкіри з тушею. Відсутність регулювання швидкості не дозволяє підлаштувати машину під конкретну тушу.
3. **Енергоефективність:** Постійна робота двигуна на повну потужність призводить до перевитрат електроенергії під час пауз у роботі лінії.

**Висновок до розділу:** Найбільш раціональним та економічно обґрунтованим шляхом для ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» є не повна заміна обладнання, а модернізація існуючої машини ФУАМ.

Впровадження системи частотного регулювання (VFD) дозволить надати агрегату гнучкості сучасних імпорتنих машин при збереженні надійності та низької вартості вітчизняної конструкції.

## **Економічне обґрунтування впровадження частотного регулювання**

Економічна доцільність модернізації агрегату ФУАМ на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» базується на зниженні виробничих втрат та оптимізації енергоспоживання. Впровадження системи частотного регулювання (VFD) забезпечує наступні фінансові переваги:

**Підвищення сортності шкур.** За статистикою підприємства, при використанні жорсткого механічного приводу близько 10% шкур отримують дефекти у вигляді «виривів» та розривів країв. Переведення цих шкур із

першого сорту в нижчі категорії або у брак знижує їх ринкову вартість на 15–30%. Плавний запуск процесу знімання дозволяє мінімізувати ці дефекти, що в масштабах продуктивності 100 шкур/год дає значний приріст прибутку.

**Зменшення втрат м'язової тканини.** Ударні навантаження базової машини ФУАМ часто призводять до виривання шматків м'яса разом зі шкірою (прирізів). Це не тільки зменшує вихід м'яса, але й потребує додаткових витрат на ручну доробку туш.

**Енергозбереження.** Частотний регулятор дозволяє двигуну працювати в оптимальному режимі, уникаючи пікових пускових струмів, які перевищують номінальність. Це знижує загальне навантаження на електромережу цеху та зменшує витрати на електроенергію на 20–25%.

### **Технічне обґрунтування доцільності проекту**

З технічної точки зору, модернізація є раціональнішою за повну заміну обладнання на імпордне. Конструкція машини ФУАМ є перевіреною часом та надійною, а її слабким місцем є лише система управління приводом.

Впровадження частотного перетворювача вирішує наступні технічні завдання:

- Забезпечення плавного нарощування тягового моменту на ланцюгу в діапазоні від 0 до номінального значення.
- Можливість тонкого налаштування швидкості знімання залежно від морфологічних особливостей худоби (вік, категорія вгодованості).
- Захист механічних вузлів (зірочок, ланцюгів, валів) від передчасного зносу завдяки відсутності динамічних ударів.

#### 4.5. Соціальне обґрунтування та охорона праці

Соціальний аспект модернізації на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» полягає у покращенні умов праці робітників забійного цеху та підвищенні безпеки виробничого процесу.

По-перше, автоматизація контролю зусилля знижує психоемоційне навантаження на оператора лінії, оскільки зменшується ймовірність аварійних зупинок конвеєра через розриви шкіур.

По-друге, плавна робота приводу суттєво знижує рівень шуму та вібрації на робочому місці, що відповідає вимогам санітарних норм. Крім того, сучасні частотні регулятори мають вбудовані системи миттєвого захисту та аварійної зупинки у разі заклинювання механізму, що мінімізує ризик травматизму персоналу. Таким чином, модернізація відповідає політиці ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» щодо створення безпечних та комфортних робочих місць для своїх співробітників.

Найменування показників	Одиниця вимірів	До модернізації (базовий проект)	Після модернізації (проектний варіант)	Відхилення (+/-)
Продуктивність лінії	туш/год	100	100	0
Вихід шкіур 1-го сорту	%	82–85	94–96	+11
Питомі витрати електроенергії	кВт·год/тушу	0,45	0,34	-0,11
Пусковий струм електродвигуна	А	42–45	8,5–9,0	-34
Частота виникнення дефектів (розривів)	%	8	1,5	-6,5
Міжремонтний ресурс приводу	міс.	12	18	+6
Кількість персоналу на ділянці	осіб	2	2	0

#### **4.6. Характеристика вихідної сировени і продукту після впровадження іншого електродвигуна.**

Ефективність роботи модернізованого агрегату ФУАМ та якість процесу знімання шкури безпосередньо залежать від фізико-хімічних та морфологічних властивостей вхідної сировини. На ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» до переробки приймається велика рогата худоба (ВРХ), що відповідає суворим стандартам якості, оскільки підприємство орієнтоване на випуск високоякісної яловичини та сортової шкіряної сировини.

#### **4.7. Характеристика вихідної сировини (ВРХ)**

Вихідною сировиною для модернізованої лінії є туші великої рогатої худоби, які надходять на ділянку знімання шкури після операцій оглушення, знекровлення та попередньої забілки. Згідно з ДСТУ 4673:2006 «Худоба велика рогата для забою», основними категоріями сировини є:

- Бугаї (дорослі самці вагою понад 400 кг).
- Корови (дорослі самки).
- Телиці та молодняк різного віку.

Для забезпечення безперебійної роботи машини ФУАМ із продуктивністю 100 шкур/год, сировина повинна відповідати наступним вимогам:

**1. Вгодованість.** Худоба повинна бути вищої або середньої вгодованості. Це критично важливо для механізованого знімання, оскільки у тварин із добрим жировим прошарком зв'язок між шкірою та поверхневою фасцією туші менш міцний, що полегшує процес відокремлення та знижує ризик пошкодження м'язової тканини.

**2. Технологічний стан.** Туші повинні бути якісно забіловані (обсяг забілки – 20-25% поверхні туші). Особлива увага приділяється чистоті

волосяного покриву, оскільки наявність забруднень (навозу, землі) збільшує коефіцієнт тертя та навантаження на привід.

**3. Температурний режим.** Знімання шкіри проводиться на парних тушах, температура яких у товщі м'язів становить 35-38°C. При охолодженні туші адгезія шкіри до м'язів різко зростає, що може призвести до поломки механізмів приводу при відсутності частотного регулювання.

**Використання частотного перетворювача в проекті модернізації дозволяє адаптувати зусилля знімання під кожну з вищевказаних категорій, що особливо актуально для Глобинського м'ясокомбінату, який переробляє великі партії різнорідної худоби.**

#### **4.8. Характеристика готового продукту (шкура та м'ясна туша)**

Результатом технологічного процесу є повністю знята парна шкура та підготовлена до подальшого нутрування туша ВРХ.

**Шкіряна сировина.** Після обробки на агрегаті ФУАМ парна шкура повинна відповідати ДСТУ 3115-95. Основні вимоги до якості шкіри після модернізації:

- **Цілісність.** Відсутність наскрізних розривів, «дірок» від ланцюгів та механічних подрізів. Саме плавне нарощування швидкості частотним регулятором гарантує цілісність найбільш цінних ділянок шкіри (чепрака).

- **Чистота міздри.** Шкура не повинна містити значних прирізів м'яса або підшкірного жиру. Допустима норма прирізів після механізованого знімання не має перевищувати 0,5-1% від загальної площі.

- **Контур.** Збереження правильної конфігурації шкіри для її подальшої автоматизованої обробки в шкіроконсервувальному цеху.

**М'ясна туша.** Поверхня туші після знімання шкіри має бути сухою, блискучою, без залишків волосу та крові. Важливою умовою є збереження цілісності підшкірного жиру та фасції, що запобігає втраті м'ясного соку та зменшує усушку при подальшому охолодженні.

Впровадження частотного регулювання на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» дозволяє досягти стабільно високого виходу шкіряної сировини першого сорту, що підвищує загальну рентабельність виробництва та мінімізує обсяг бракованої продукції.



#### Обґрунтування вибору частотного перетворювача

Для модернізації агрегату ФУАМ на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» пропонується впровадження частотного перетворювача векторного типу (наприклад, серії **Danfoss VLT** або **Schneider Electric Altivar**). Вибір зумовлений потребою в отриманні високого пускового моменту на низьких обертах двигуна.

#### Основні функції впровадженої системи:

1. **Плавний пуск (S-рампа):** Забезпечує поступове натягування знімального ланцюга, що виключає ударний розрив шкіри в точці кріплення.

2. **Регулювання швидкості:** Оператор може змінювати швидкість знімання в межах 0,05–0,2 м/с залежно від маси туші.
3. **Електронний захист:** Миттєве відключення привода при заклинюванні або надмірному опорі, що рятує тушу від розриву навпіл у разі збою.

#### **Схема інтеграції обладнання**

Частотний перетворювач монтується в існуючу шафу управління забійного цеху. Сигнал керування подається на щит оператора, де встановлюється потенціометр для регулювання швидкості та кнопка аварійної зупинки. Це дозволяє інтегрувати модернізований ФУАМ у загальну автоматизовану систему управління Глобинського м'ясокомбінату без повної заміни електропроводки.

### **4.9. БУДОВА ТА ПРИНЦИП ДІЇ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Агрегат безперервної дії ФУАМ після проведення модернізації являє собою складний електромеханічний комплекс, що інтегрований у загальну конвеєрну лінію забійного цеху ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат». Основним завданням модернізованої конструкції є забезпечення стабільного та якісного знімання шкур при збереженні високої продуктивності лінії.

#### **4.9.1. Опис конструкції основних вузлів**

Базова конструкція агрегату складається з каркасу, на якому змонтов., роб., органи та система привода.

В результаті модернізації до складу обладнання входять наступні елементи:

1. **Несуча рама.** Виконана з нержавіючої сталі, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам м'ясної промисловості. Вона сприймає на себе всі зусилля, що виникають під час знімання шкури.

**2. Тяговий орган (ланцюговий конвеєр).** Складається з двох паралельних ланцюгів із закріпленими на них фіксаторами для шкіри. Швидкість руху ланцюга тепер регулюється в широкому діапазоні завдяки системі керування.

**3. Модернізований привід.** Включає асинхронний електродвигун потужністю [вкази потужність, зазвичай 2.2–4.5 кВт], черв'ячний редуктор та головний елемент модернізації — **частотний перетворювач векторного типу.**

**4. Система фіксації туші.** Спеціальні розпірки та напрямні, що утримують тушу у вертикальному або похилому положенні під час проходження зони знімання.

#### **4.9.2. Принцип дії модернізованого агрегату**

Процес роботи модернізованої машини ФУАМ на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» здійснюється за наступним алгоритмом:

- **Етап подачі:** Туша ВРХ, що пройшла попередню забілку, подається підвісним шляхом до зони дії агрегату. Оператор фіксує краї знятої забілкової шкіри у затискачах тягового ланцюга.
- **Етап плавного пуску:** Замість різкого старту, який був присутній у базовій моделі, частотний перетворювач подає напругу зі зниженою частотою. Ланцюг починає рух зі швидкістю 0,02 м/с, поступово вибираючи вільний хід та створюючи попереднє натягування. Це дозволяє уникнути динамічного удару та розриву шкіри в місцях кріплення.
- **Етап активного знімання:** Після завершення фази пуску швидкість автоматично або вручну (за допомогою потенціометра на пульті) збільшується до номінальної. Завдяки векторному управлінню, крутний момент двигуна залишається стабільно високим навіть на низьких обертах, що критично важливо при проходженні чепрачної частини туші (де адгезія найвища).

- **Завершальний етап:** При завершенні процесу знімання швидкість знову плавно знижується, що запобігає «відстрілюванню» шкіри та розбризкуванню крові або жиру.

#### 4.9.3. Система управління та безпеки

Модернізація передбачає винесення органів управління на окремий щит. Крім регулятора швидкості, система оснащена датчиком зворотного зв'язку за струмом. Якщо під час знімання виникає непередбачений опір (наприклад, через заклинювання кістки або недостатню забілку), частотний регулятор



миттєво фіксує стрибок струму та зупиняє двигун до моменту розриву шкіри. Таким чином, модернізований агрегат ФУАМ на ТОВ «Глобинський м'ясокомбінат» перетворюється з простого механічного пристрою на високоточний інструмент, що дозволяє отримувати продукцію найвищої якості.

## Технічна характеристика основних вузлів привода машини ФУАМ

Назва вузла	Матеріал виготовлення	Технічна функція у системі
Електродвигун асинхронний	Чавунний корпус, мідна обмотка	Перетворення електричної енергії в механічну енергію обертання вала.
Частотний перетворювач (VFD)	Композитні матеріали, силова електроніка	Регулювання частоти та напруги живлення двигуна для зміни швидкості знімання шкури.
Черв'ячний редуктор	Корпус — алюміній/чавун, шестерні — бронза/сталь	Зниження кутової швидкості та збільшення крутного моменту на головному валу.
Т'яговий ланцюг	Високоміцна легована сталь із антикорозійним покриттям	Передача тягового зусилля від привода до фіксаторів шкури туші ВРХ.
Ведуча та ведена зірочки	Загартована сталь марки 45 або 40Х	Забезпечення зачеплення з ланцюгом та передача крутного моменту без проковзування.
Шафа керування (IP65)	Нержавіюча сталь AISI 304	Захист електроніки та частотного регулятора від вологи та мийних засобів у цеху.
Датчик зворотного зв'язку	Напівпровідникові компоненти в герметичному корпусі	Контроль реального навантаження на валу та запобігання критичним розривам сировини.
Пульт оператора (HMI)	Ударостійкий пластик, сенсорна панель	Візуалізація поточних параметрів (Гц, А, м/с) та оперативне керування швидкістю.

## 5. Вибір конструкційних матеріалів

Аналіз експлуатації обладнання ХП (харчової промисловості) свідчить, що низька надійність та довговічність часто зумовлені інтенсивним КМЗ (корозійно-механічним зношуванням) деталей при контакті з КАС (корозійно-активними середовищами). КАС у галузі — це водні розчини з широким діапазоном рН (2...14), варіативною температурою, густиною та в'язкістю, що містять цукрозу (15...65%), органічні кислоти, ПАР (поверхнево-активні речовини) та абразиви. Дослідження КМЗ у технологічних середовищах має як практичне, так і наукове значення, оскільки відмови обладнання спричиняють зупинку виробництва та значні втрати через псування сировини. Про економічну критичність проблеми свідчить те, що за 10 років витрати на ТО і Р (технічне обслуговування та ремонт) підприємств України дорівнюють повній вартості ОВФ (основних виробничих фондів).

Установ ка ФУАМ виготовлена з металевих напівпрофілем та з'єднані між собою зварними швами для забезпечення міцності конструкції.

Пластини ланцюга виконують з середньо вуглецевого або гартуючи легованих сталей: 45, 50, 40Х, 40ХН, 30ХН3А твердістю переважно 40 ...

валики, втулки і призми - виконують переважно з цементацією сталей 15, 20, 15Х, 20Х, 12ХН3, 20ХІЗА, 20Х2Н4А, 30ХН3А і піддають гарту до 55-65 HRCe.

У зв'язку з високими вимогами до сучасних ланцюговим передачам доцільно застосовувати леговані сталі. Значного підвищення ресурсу ланцюгів можна досягти дифузійним хромуванням шарнірів.

Для виготовлення зірочок застосовують середньовуглецеві або леговані сталі (45, 40Х, 50Г2, 35ХГСА) з гартуванням до 45—55 HRC, або цементовані сталі (15, 20Х, 12ХН3А) з глибиною шару 1,0—1,5 мм та твердістю 55—60 HRC. Зірочки тихохідних передач без ударних навантажень можна виготовляти з високоміцного або антифрикційного чавуну.

Для валів та зубчастих коліс при середній потужності без значних динамічних навантажень використовують сталі 35, 40, 45, 50, 50Г, 40Х, 40ХН.

Матеріали вузлів редуктора:

корпус — литий чавун;

вали — сталь 40Х;

зубчасті вінці черв'ячних коліс — бронза **БрА9ЖЗЛ**.

Перехід України до ринкової економіки та зростання вимог до продуктивності й ефективності обладнання зумовлюють необхідність мінімізації витрат на його виготовлення та експлуатацію. Важливого значення набувають методи прогнозування та оцінки довговічності й надійності технологічних машин **ХП** (харчових виробництв). Вже на стадії проектування деталей необхідно враховувати розрахункові показники надійності залежно від:

- умов експлуатації та агресивності **РС** (робочого середовища);
- виду термічної обробки та **ХТО** (хіміко-термічної обробки) металів.

Для забезпечення довговічності та міцності модернізованого вузла повороту фіксатора установки ФУАМ, вибираємо наступні матеріали:

### **5.1. Ведучий вал (вал фіксатора)**

Це найбільш навантажена деталь, що передає крутний момент від мотор-редуктора до колони фіксатора.

**Матеріал: Сталь 40Х (ДСТУ 7806:2015).**

**Обґрунтування:** Це легована конструкційна сталь, що має високу міцність та зносостійкість. Для підвищення механічних властивостей вал піддається покращенню (загартуванню з наступним високим відпуском) до твердості 260 – 285HRC.

Це дозволяє валу витримувати значні динамічні навантаження при повороті туші ВРХ.

## 5.2. Корпус та деталі мотор-редуктора

Корпус: Виготовляється з сірого чавуну СЧ15 або алюмінієвого сплаву (для полегшення конструкції). Чавунний корпус краще гасить вібрації, що виникають при роботі механізму.

Зубчасті колеса та черв'як: Для черв'ячного колеса використовуємо бронзу БрО10Ф1 (має відмінні антифрикційні властивості), а для черв'яка — сталь 18ХГТ з цементацією та гартуванням.

## 5.3. Барабан та захисні кожухи

Матеріал: Корозійностійка сталь 12Х18Н10Т (нержавійка).

**Обґрунтування:** Обладнання експлуатується в умовах підвищеної вологості та регулярної СО (санітарної обробки) агресивними розчинами, використання нержавіючої сталі є обов'язковим для поверхонь, що контактують із сировиною, згідно з гігієнічними нормами ХП (харчової промисловості).

## 6. Розрахункова частина

### 6.1 Розрахунок продуктивності та потужності двигуна установки ФУАМ

Продуктивність установки

$$M = \frac{3600}{\tau_6 + \tau_{II}}$$

$\tau_6, \tau_{II}$  – тривалість бокової і поздовжньої зйомки шкури.

$$\tau_6 = \frac{l_1}{V}$$

$$\tau_{II} = \frac{l_2}{V}$$

$V$  – швидкість руху ланцюга, м/хв

$l_1$  і  $l_2$  – довжина ділянки розкриття туші в боковому і поздовжньому напрямках.

Загальний опір відділення шкіри

$$P = p_{\alpha} \cdot S$$

$S$  – довжина лінії, вздовж якої іде відділення шкіри, м.

$p_{\alpha}$  - питомий опір відділення шкіри, Н/м.

$$p_{\alpha} = \frac{\ln V + 8.294}{a \cdot \cos^2 \cdot \frac{\alpha}{2}}$$

$\alpha$  - кут відділення шкіри,  $70^{\circ}$

$a$  – коефіцієнт,  $(2,5 \dots 4,6) \cdot 10^{-3}$

Потужність двигуна приводу, кВт

$$N = \frac{P' \cdot V \cdot \eta_a}{1000 \cdot 60 \cdot \eta}$$

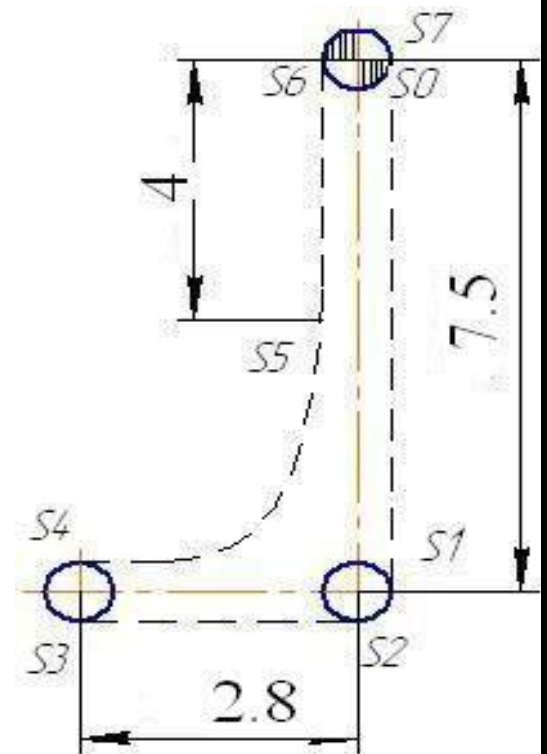
$$P' = P + S_{\max}$$

$$\tau_{\pi} = \frac{2}{0,075} = 26,6, \text{ сек}$$

$$M = \frac{3600}{8 + 26,6} = 104, \frac{\text{шк}}{\text{год}}$$

$$p_{\alpha} = \frac{\ln 4,5 + 8.294}{0,0025 \cdot 0,67} = 5847, \text{ Н}$$

$$P = 5847 \cdot 2 = 11694, \text{ Н}$$



**Рис 6.1.1. Схема розрахунку натягу стрічки.**

Розрахунок натягу стрічки

$$S_0 = 1000, \text{ Н}$$

$$S_1 = S_0 + K_1 \cdot q_0 \cdot g \cdot 7.5 = 1533$$

$$S_2 = S_1 + S_1 \cdot C_x = 1533 + 533 \cdot 0.1 = 1586.3$$

$$S_3 = S_2 + K_2 \cdot q_0 \cdot g \cdot 2.8 = 1586.3 + 0.15 \cdot 7.25 \cdot 9.81 \cdot 2.8 = 1616$$

$$S_4 = S_3 + S_3 \cdot C_x = 1616 + 1616 \cdot 0.1 = 1677.6$$

$$S_5 = S_4 + S_4 \cdot C_{кр} = 1677,6 + 1677,6 \cdot 0,18 = 1800$$

$$S_6 = S_5 + K_3 \cdot g \cdot q_0 \cdot 4 = 1800 + 1 \cdot 7,25 \cdot 4 \cdot 9,81 = 2084,5$$

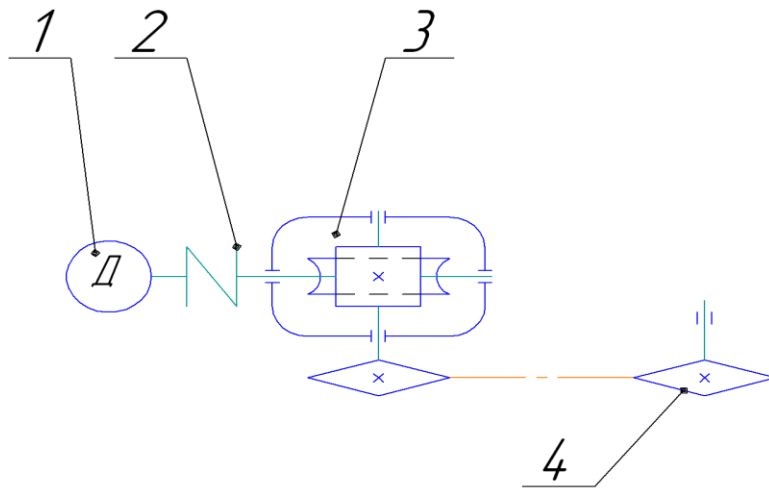
$$S_7 = S_6 + S_6 \cdot C_x = 2084,5 + 2084,5 \cdot 0,1 = 2192,5$$

$$S_{max} = 2192,5 - 1000 = 1192,5$$

$$P' = 11694 + 1192,5 = 12886,5$$

$$N = \frac{1288605 \cdot 4,5 \cdot 1,3}{1000 \cdot 60 \cdot 0,8} = 2,195, \text{ кВт}$$

## 6.2 Кінематичний розрахунок привода.



**Рис.6.2.1. Схема приводу.**

№1 - Електро-двигун; №2 - муфта; №3 - редуктор; №4 - ланцюгова передача;

каталогу підбираємо ЕД (електродвигун) трифазний асинхронний з

короткозамкненим ротором,  $N_{дв.кат} \geq N_{дв.роз}$ , Вибираємо ЕД марки А490L4УЗ

потужністю **2,2 кВт** із наступними параметрами:  $n = 1425$  об/хв;

Загальне передаточне число:

$$u = \frac{n_{дв}}{n_{вих}} = \frac{1425}{25} = 57$$

Приймаємо передаточне число редуктора  $u_p = 20$ ;

Число ланцюгової передачі визначається за формулою:

$$u_l = \frac{u}{u_p} = \frac{57}{20} = 2,85$$

- Частота приводу валів на обертання:

$$n_1 = n_{об} = 1425 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = n_1 = 1425 \text{ об/хв};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_p} = \frac{1425}{20} = 71,25 \text{ об/хв};$$

$$n_4 = \frac{n_3}{u_n} = \frac{71,25}{2,85} = 25 \text{ об/хв};$$

- Потужність на валах приводу:

$$N_1 = N_{дв} = 2195 \text{ Вт};$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_m = 2195 \cdot 0,99 = 2173 \text{ Вт};$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_m \cdot \eta_p = 2173 \cdot 0,99 \cdot 0,85 = 1828,6 \text{ Вт};$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{лн} \cdot \eta_n = 1828,6 \cdot 0,99 \cdot 0,94 = 1501,7 \text{ Вт};$$

- Кутова швидкість на валах приводу:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,1415 \cdot 1425}{30} = 149,2257 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 149,2257 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{U_\delta} = \frac{149,2257}{20} = 7,4613 \text{ н}^{-1}$$

$$\omega_4 = \frac{\omega_3}{U_{\text{вн}}} = \frac{7,4613}{2,85} = 2,618 \text{ н}^{-1}$$

- Крутний момент на валах приводу:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{2195}{149,2257} = 14,7091 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_m = 14,7091 \cdot 0,99 = 14,562 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = T_2 \cdot U_p \cdot \eta_n \cdot \eta_{пер} = 14,562 \cdot 20 \cdot 0,99 \cdot 0,85 = 245,0786 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = T_3 \cdot U_{лн} \cdot \eta_n \cdot \eta_{лн} = 245,0786 \cdot 2,85 \cdot 0,99 \cdot 0,94 = 650 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Значення зводимо у таблицю:

**Таб. 6.1.3 Таблиця отриманих значень**

№ вала	N, Вт	n, об/хв	$\omega$ , 1/сек	T, Н*м	U
1	2195	1425	149,2257	14,7091	
2	2173	1425	149,2257	14,562	20
3	1828,6	71,25	7,4613	245,0786	
4	1501,7	25	2,618	650	2,85

### 6.3. Розрахунок черв'ячної передачі

Вибір матеріалів черв'ячної пари:

Черв'як: сталь 45 із гартуванням до 45...50 HRC та подальшим шліфуванням витків.

Вінець колеса: бронза БрАЖ9-4 (литво в пісок) з механічними властивостями:

$$\sigma_T = 200 \text{ МПа}; \sigma_B = 400 \text{ МПа.}$$

Вихідні дані для розрахунку:

Число заходів черв'яка:  $z_1 = 2$ .

Крутний момент на валу колеса  $T_3 = 245,0786 \text{ Н*м}$

Орієнтовна швидкість ковзання:

$$V_c = \frac{4 \cdot \omega_2}{1000} \cdot \sqrt[3]{T_3} = \frac{4 \cdot 149,2257}{1000} \cdot \sqrt[3]{245,0786} = 3,7354 \text{ м/с}$$

При даній швидкості по табл. потрібна ступінь точності 8-ма.

Допустиме контактне напруження:

$$[\sigma_H] = 300 - 25 \cdot v_c = 300 - 25 \cdot 3,7354 = 206,6147 \text{ МПа}$$

Допустиме контактне напруження при розрахунку на дію максимального

навантаження:  $[\sigma_{HM}] = 2\sigma_T = 2 \cdot 200 = 400 \text{ МПа}$

Допустиме напруження згину при базовому числі зміни напружень  $N_{fo}=10^6$

для нереверсивного навантаження:

$$[\sigma_F] = 102 \text{ МПа}$$

Число циклів навантажень:

$$t_{\Sigma} = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot k_p \cdot k_{доб}$$

$c$  – число робочих змін;

$L$  – термін служби;

$k_p$  – річний коефіцієнт;

$k_{доб}$  – добовий коефіцієнт;

$$t_{\Sigma} = 8 \cdot 3 \cdot 365 \cdot 4 \cdot 0.85 \cdot 0.9 = 26806$$

$$t_{екв} = t_{\Sigma} \cdot \left[ \left( \frac{T}{T} \right)^3 \cdot 0.3 + \left( \frac{0.5 \cdot T}{T} \right)^3 \cdot 0.5 + \left( \frac{0.3 \cdot T}{T} \right)^3 \cdot 0.2 \right] =$$

$$= 26806 \cdot \left[ (1)^3 \cdot 0.3 + (0.5)^3 \cdot 0.5 + (0.3)^3 \cdot 0.2 \right] = 9861,8$$

$$N_{\Sigma} = 60 \cdot n_2 \cdot t_{\Sigma} = 60 \cdot 1425 \cdot 9861,8 = 8,4318 \cdot 10^8$$

Коефіцієнт довговічності :

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_{fo}}{N_{\Sigma}}} = \sqrt[9]{\frac{10^6}{8,4318 \cdot 10^8}} = 0,473 = 1,0$$

Допустиме напруження на згин :

$$[\sigma_F] = [\sigma_F]_0 \cdot K_{FL} = 102 \cdot 1,0 = 102 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на згин при розрахунку на дію максимального

навантаження:  $[\sigma_{FM}] = 0.8 \cdot 200 = 160 \text{ МПа}$

Число зубців черв'ячного колеса

$$z_2 = Z_1 \cdot U = 2 \cdot 20 = 40$$

$28 \leq Z_2 \leq 80$  – умова виконується.

Коефіцієнт діаметра черв'яка визначаємо за формулою:

$$q = 0.25 \cdot z_2 = 0.25 \cdot 40 = 10$$

що відповідає стандартному значенню  $q$ .

Коефіцієнт, який враховує розподілення навантаження по ширині вінця:

$$K_{H\beta} = K_{\beta} = 1$$

Коефіцієнт, який враховує динамічне навантаження:

$$K_{Hv} = 0.3 + 0.1 \cdot n + 0.02 \cdot v_c = 0.3 + 0.1 \cdot 8 + 0.02 \cdot 3,7354 = 1,2747$$

Знаходимо міжосьову відстань передачі із умови контактної витривалості:

$$a_{\sigma} = \left( \frac{z_2 + 1}{q} \right) \sqrt[3]{ \left( \frac{170}{[\sigma_H] \cdot \frac{z_2}{q}} \right)^2 \cdot T_3 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} } = \left( \frac{40}{10} + 1 \right) \sqrt[3]{ \left( \frac{170}{206.6147 \cdot \frac{40}{10}} \right)^2 \cdot 245,0786 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,2747 } = 94,5766 \text{ мм.}$$

Модуль зачеплення :

$$m = \frac{2 \cdot a_{\sigma}}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 100}{40 + 10} = 4,0 \text{ мм}$$

Приймаємо по стандарту  $m = 4,0$  мм.

При стандартному модулі міжосьова відстань

$$a_{\sigma} = \frac{m \cdot (z_2 + q)}{2} = \frac{4 \cdot (40 + 10)}{2} = 100 \text{ мм}$$

Із табл. вибираємо кут підйому черв'яка  $\gamma = 11^{\circ} 18' 36''$ .

Ділильні діаметри:

черв'яка:  $d_{\omega 1} = q \cdot m = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм};$

колеса:  $d_{\omega 2} = m \cdot z_2 = 4 \cdot 40 = 160 \text{ мм}$

Розрахункова швидкість ковзання:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_2}{60000 \cdot \cos \gamma} = \frac{3.14 \cdot 40 \cdot 1425}{60000 \cdot 0.98058} = 3.04 \text{ м/с.}$$

При швидкості  $v_c=3.04$  м/с допустиме контактне напруження

$$[\sigma_H] = 224 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт динамічного навантаження при  $V_c = 3.04$  м/с і 8-й ступені точності

$$K_{Hv} = 0.3 + 0.1 \cdot n + 0.02 \cdot v_c = 0.3 + 0.1 \cdot 8 + 0.02 \cdot 3.04 = 1.1608$$

Приведений кут тертя при роботі бронзового колеса у парі зі сталевим черв'яком при  $V_c = 3,04$  м/с —  $\varphi' = 1^\circ 42'$

ККД передачі

$$\eta = (0,95 \dots 0,96)$$

$$\eta \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + \varphi)} = 0.95 \cdot \frac{\operatorname{tg} 11^\circ 18' 36''}{\operatorname{tg} 13^\circ 03' 36''} = 0.95 \frac{0.98058}{0.98058 + 0.102} = 0.8605$$

Перевіряємо контактне навантаження:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \frac{170}{\frac{Z_2}{q}} \cdot \sqrt{\left( \frac{\frac{Z_2}{q} + 1}{a_w} \right)^3} \cdot T_3 \cdot K_{H\beta} \cdot K'_{Hv} = \\ &= \frac{170}{\frac{40}{10}} \cdot \sqrt{\left( \frac{\frac{40}{10} + 1}{100} \right)^3} \cdot 245,0786 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1.1608 = 161,247 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Перевірка контактної міцності зубів колеса при піковому навантаженні:

$$\sigma_H = \sigma_{H2} \sqrt{\frac{T_{m2}}{T_2}} = 219.92 \cdot \sqrt{2,0} = 228,0377 \text{ МПа}$$

Перевіряємо витривалість зубів черв'ячного колеса на згин:

$$Z \approx \frac{Z_2}{\cos^3 \gamma} = \frac{40}{0.98058^3} = 42,4239$$

Коефіцієнт форми зуба колеса приймаємо  $Y_F = 1.51$

Напруження згину визначаємо за формулою:

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot T_3 \cdot \cos \gamma}{1.2 \cdot d_{\omega 1} \cdot d_{\omega 2} \cdot m} \cdot Y_F \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 245,0786 \cdot 10^3 \cdot 0.98056}{1.2 \cdot 160 \cdot 40 \cdot 4} \cdot 1.51 \cdot 1 \cdot 1.1608 =$$

$$= 27,7526 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 102 \text{ МПа}$$

де  $K_{F\beta} = 1$ ;  $K_{Fv} = 1.1608$

Перевіряємо прочність зуба на згин при дії тах навантаження

$$\sigma_{FM} = \sigma_F \frac{T}{T'_2} = 20.65 \cdot 2,0 = 55,5053 \text{ МПа}$$

Остаточню приймаємо параметри передачі :  $z_1=2$ ;  $z_2=40$ ;  $d_{\omega 1} = 40 \text{ мм}$ ;

$d_{\omega 2} = 160 \text{ мм}$ ;  $a_{\omega} = 100 \text{ мм}$ .

Рекомендована в'язкість масла при швидкості  $V_c = 3.04 \text{ м/с}$

$\nu_{100} = 15 \text{ сСт}$  (або  $106 \text{ м}^2/\text{с}$ ).

Приймаємо масло авіаційне МС14 по ГОСТ 21743–76

Повний гесметричний розрахунок черв'яка і колеса визначаються по формулам, які наведені в таблиці: Основні розміри черв'ячних передач

**Таб. 6.3.1 Таблиця отриманих значень**

Параметри	Позначення	Розрахункові формули
Кількість зубів черв'ячного колеса	$z_2$	$z_2 = 40$
Ділильна міжосьова відстань	$a$	$a = 0,5(z_2 + q) m = 0,5(40 + 10)4 = 100$
Коефіцієнт зміщення черв'яка	$x$	$x = \frac{a_{\omega}}{m} - 0,5(z_2 + q) = \frac{100}{4} - 0,5(40 + 10) = 0$
Міжосьова відстань	$a_{\omega}$	$a_{\omega} = 0,5(z_2 + q + 2x) m = 0,5(40 + 10 + 0)4 = 100$
Ділильний діаметр: черв'яка колеса	$d_1$ $d_2$	$d_1 = q m = 10 \cdot 4 = 40$ $d_2 = z_2 m = 40 \cdot 4 = 160$
Початковий діаметр черв'яка	$d_{\omega 1}$ $d_{\omega 2}$	$d_{\omega 1} = (q + 2x) m = 10 \cdot 4 = 40$ $d_{\omega 2} = (q + 2x) m = 40 \cdot 4 = 160$
Ділильний кут підйому	$\gamma$	$tg \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{2}{10} = 0,2$
Початковий кут підйому	$\gamma_{\omega}$	$tg \gamma_{\omega} = \frac{z_1 \cdot m}{d_{\omega 1}} = \frac{2 \cdot 4}{40} = 0,2$ $\gamma_{\omega} = 11^{\circ}18'35''$
Діаметр вершин: витків черв'яка зубів колеса	$da_1$ $da_2$	$da_1 = d_1 + 2 m = 40 + 2 \cdot 4 = 48$ $da_2 = d_2 + 2(1 + x) m = 160 + 2 \cdot 4 = 168$
Діаметр впадин: витків черв'яка зубів колеса	$df_1$ $df_2$	$df_1 = d_1 - 2(1 + c) m = 40 - 2(1 + 0,2)4 = 30,4$ $df_2 = d_2 - 2(1 + c) m + 2xm = 160 - 2(1 + 0,2)4 + 0 = 150,4$
Найбільший діаметр черв'ячного колеса	$da_{m2}$	$da_{m2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2} = 168 + \frac{6 \cdot 4}{2 + 2} = 174$

Довжина нарізаної частини черв'яка	$b_1$	$b \geq (11 + 0,06z_2)m = (11 + 0,06 \cdot 40)4 = 53,6 = 60$
Щиринка вінца черв'ячного колеса	$b_2$	$b_2 \leq 0,75d_{a1} = 0,75 \cdot 48 = 36$ при $z_1 \leq 3$
Условний кут обхвата	$2\delta$	$\sin \delta = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} = \frac{36}{48 - 0,5 \cdot 4} = 0,7826$

#### 6.4. Розрахунок ланцюгової передачі

Відповідно умовам експлуатації передачі приймаємо :

$K_1=1$  - характер навантаження спокійний;

$K_2=1,1$  - регулювання нажимним роликом;

$K_3=1$  - (30...50)t ;

$K_4=1$  - нахил лінії центрів зірочок до горизонту  $< 700$ ;

$K_5=1$  - при періодичному способі змащування;

$K_6=1,5$  - при двозмінній тривалості роботи.

При цьому коефіцієнт експлуатації передачі:

$$K_e = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 = 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,65$$

Коефіцієнт  $St=0,28$  – для ланцюгів типу ПР по ГОСТ 13568 – 75.

По табл. при  $n_3=71,25$  об/хв. вибираємо попередньо крок ланцюга  $t=25,40$  мм.

По кроку  $t=31,75$  мм та  $n_3=71,25$  об/хв. допустимий тиск в шарнірах із табл. приймаємо  $[p]=35$  МПа (отримане інтерполюванням).

По табл. при передаточному числі передачі  $u=3$  приймаємо число зубців ведучої зірочки  $z_1=17$ .

Коефіцієнт, що враховує число рядів ланцюга  $K_m=1$  (при числі рядів  $z_p=1$ ).

Розрахунковий крок ланцюга :

$$t = 183 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_3 \cdot K_e \cdot 10}{S_t \cdot [p] \cdot z_1 \cdot n_3 \cdot K_m}} = 183 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,8286 \cdot 1,65 \cdot 10}{0,28 \cdot 35 \cdot 17 \cdot 71,25 \cdot 1}} = 24,9746 \text{ мм.}$$

Приймаємо ланцюг типу ПР - 25,4 - 5670 з кроком  $t = 25,4$  мм ;  $Q_p = 56700$  Н ;  
 $S_{on} = 180$  мм<sup>2</sup> ; вага 1 м ланцюга  $q = 2.6$  кг.

Колова швидкість ланцюга :

$$v = \frac{z_1 \cdot n_3 \cdot t}{60 \cdot 1000} = \frac{17 \cdot 71.25 \cdot 25.4}{60000} = 0.5128 \text{ м/с.}$$

Колова сила, яка передається ланцюгом :

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_3}{v} = \frac{1000 \cdot 1.8286}{0.5128} = 3566.2 \text{ Н.}$$

Середній питомий тиск в шарнірах:

$$p = \frac{F_t}{S_{on}} = \frac{3566.2}{180} = 19.8121 \text{ МПа,}$$

що менше допустимого питомого тиску.

Термін роботи ланцюга при коефіцієнті способу змащування  $K_{cn} = 1,6$  :

$$T = 5200 \cdot \frac{\Delta t \cdot K_c \cdot \sqrt{z_1 \cdot \sqrt[3]{a_t \cdot u}}}{p^3 \sqrt{v} \cdot K_e},$$

де  $\Delta t = 3\%$  - допустиме збільшення кроку ланцюга ;

$K_c$  – коефіцієнт змащування ланцюга і визначається за формулою:

$$K_c = \frac{K_{cn}}{\sqrt{v}} = \frac{1.6}{\sqrt{0.5128}} = 2.2344 ;$$

$a_t$  - міжосьова відстань, яка виражена в кроках і визначається за формулою:

$$a_t = \frac{40t}{t} = 40$$

Тоді ;

$$T = 5200 \cdot \frac{3 \cdot 2.2344 \cdot \sqrt{17} \cdot \sqrt[3]{40 \cdot 2.85}}{27.318 \cdot \sqrt[3]{1.039} \cdot 1} = 21051 \text{ Г,}$$

що більше очікуваного терміну служби,  $T = 4000 \cdot K_{cn} = 4000 \cdot 1.6 = 6400$  Г

### Розрахунок навантаження ланцюгової передачі

Натяг від провисання веденої вітки під дією власної ваги визначається

$$F_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot a = 6 \cdot 2.6 \cdot 9.81 \cdot 0.1016 = 155.4846$$

де  $K_f = 6$  – коефіцієнт провисання ;

$$a = 40t = 40 \cdot 24.5 = 1016_{\text{мм.}}$$

Натяг від відцентрових сил при швидкості ланцюга  $\leq 12\text{м/с}$  не враховується.

Сумарний натяг ведучої ланки :

$$F_{\Sigma B} = F_f + F_t \cdot k_1 = 155.4846 + 3566.2 \cdot 1 = 3721.7 \text{ Н.}$$

Навантаження, яка діє на вали визначаємо за формулою:

$$R \cong (1.15 \dots 1.2) \cdot F_t = 1.15 \cdot 3566.2 = 37217 \text{ Н.}$$

Перевіряємо ланцюг по запасу міцності  $n = \frac{Q_p}{F_{\Sigma B}} = \frac{56700}{3721.7} = 15.235$ , що більше допустимого  $[n] = 6.0 \dots 7.0$

Геометричний розрахунок передачі

Число зубців веденої зірочки визначаємо за формулою:

$$z_2 = z_1 \cdot u = 17 \cdot 3 = 51$$

де  $u = 3$  – передаточне число передачі.

Довжина ланцюга, виражена в кроках визначаємо за формулою:

$$L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left( \frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{t}{a} = \frac{2 \cdot 1016}{25.4} + \frac{17 + 51}{2} + \left( \frac{51 - 17}{2 \cdot 3.14} \right)^2 \cdot \frac{25.4}{1016} = 5473.2$$

Визначаємо ділильні діаметри зірочок за формулою:

$$d_{d1} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} = \frac{25.4}{\sin \frac{180^\circ}{17}} = 138.2317$$

ведучої : мм;

$$d_{d2} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_2}} = \frac{25.4}{\sin \frac{180^\circ}{51}} = 412.5995$$

веденої : мм;

## 6.5. Перевірочний розрахунок головних вузлів двоступінчастого черв'ячного редуктора.

- Вихідні дані
- Потужність двигуна  $P=2,45$  кВт
- Передаточне число редуктора  $U=328$
- Частота обертання вала двигуна  $n=1460$  хв-1
- Передаточне число другої передачі  $U=34$

Перевірочний розрахунок черв'ячного з'єднання.

Знайдемо число зубців черв'ячного колеса.

$$Z_2 = Z_1 * U$$

де  $Z_1$  число заходів червяка. Приймаємо  $Z_1=1$

$$Z_2 = 34 * 1 = 34$$

Знайдемо значення швидкості ковзання між зубцями черв'ячного колеса і винтами червяка.

$$V_k = n_2 / 1950 \sqrt[3]{\frac{T_{ном2}}{Z_2^2}} \quad V_k = 1430 / 1950 \sqrt[3]{\frac{816 * 10^3}{34}} = 2.65 \text{ м/с}$$

$[\delta]_{он} = 180$  МПа – для бронзи.

Визначаємо допустимі напруження.

Допустимі напруження на контактну міцність.

$$[\delta]_н = [\delta]_{он} * K_{н1}$$

де  $K_{н1}$  – коефіцієнт довговічності

$$K_{н1} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{не}}}$$

$$107 \leq N_{не} = 60 * n_2 * L_h * K_{не} \leq 25 * 10^7$$

Знайдемо коефіцієнт еквівалентного навантаження:

$$K_{не} = \sum \left( \frac{T}{T_{max}} \right)^4 * t_i = 14 * 0.1 + 0.74 * 0.5 + 0.34 * 0.4 = 0.22$$

$$N_{не} = 60 * 4,3 * 10950 * 0,22 = 0,62 * 10^6 \text{ приймаємо } N_{не} = 107$$

$$K_{H1} = \sqrt[8]{\frac{10^7}{10^7}} = 1$$

$$[\delta]_H = 180 * 1 = 180 \text{ МПа}$$

Визначим розрахункові навантаження:

$$T_p = T_{ном} * K = T_{ном} * K_{\beta} * K_v$$

Коефіцієнт концентрації навантаження:

$$K_{\beta} = 1 + \left( \frac{Z_2}{\theta} \right)^3 * (1-x)$$

$\theta$  – коефіцієнт деформації черв'яка

$$\theta = 108 \text{ при } q = 0.25 * 34 = 8.5 \text{ приймаємо } 10$$

$x$  – відношення середнього моменту до максимального.

$$X = \frac{T_{cp}}{T_{max}} \sum \frac{T_i}{T_{max}} * t_i$$

$$X = 1 * 0.1 + 0.7 * 0.5 + 0.3 * 0.4 = 0.57$$

$$K_{\beta} = 1 + \left( \frac{34}{108} \right)^3 (1 - 0.57) = 1.01$$

$K_v$  – коефіцієнт динамічного навантаження = 1,15

$$T_p = 816 * 1.01 * 1.15 = 1030 \text{ Н.м}$$

Розрахунок черв'ячної передачі при умові забезпечення

Контактної міцності зубців колеса.

Міжосьова відстань :

$$a_w \geq \left( \frac{Z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{ \left( \frac{170}{Z_2 [\delta]_h / q} \right)^2 T_{p2} }$$

$$a_w = \left( \frac{34}{10} + 1 \right)^3 \sqrt[3]{ \left( \frac{170}{34 \frac{180}{10}} \right)^2 1030 * 10^3 } = 180 \text{ мм}$$

Модуль зацеплення

$$m = \frac{2 * a_w}{q + Z_2} = \frac{2 * 180}{10 + 34} = 8.18 \text{ приймаємо } 8$$

Уточняємо величину швидкості ковзання.

$$V_k = \frac{\pi * m * n_1}{60000} \sqrt{Z_1^2 + q^2}$$

$$V_k = \frac{3.14 * 8 * 1430}{60000} \sqrt{1^2 + 10^2} = 3.6 \text{ м/с}$$

Вибираємо матеріали для передачі і ступінь точності виготовлення відповідно значенню швидкості ковзання.

Провірочний розрахунок зубців черв'ячного колеса.

Контактне напруження:

$$\delta_H = \frac{170}{Z_2} \sqrt{\left( \frac{Z_2 + 1}{q} \right)^3 * T_{p2}}$$

$$\delta_H = \frac{170}{34} \sqrt{\left( \frac{34 + 1}{180} \right)^3 * 1030 * 10^3} = 167 \text{ МПа} \leq [\delta]_H = 180 \text{ МПа}$$

Згинаюче напруження

$$\delta_F = \frac{F_{t2} * K * Y_F * \cos \varphi}{1.3 * m^2 * q}$$

де Ft2 – тангенціальна сила:

$$F_{t2} = 2 * T_{ном} / d_2$$

$$F_{t2} = 2 * 816 * 103 / 304 = 5368 \text{ Н.мм}$$

YF – коефіцієнт форми зуба для черв'ячних коліс, залежить від:

$$Z_V = \frac{Z_2}{\cos^3 \gamma}$$

$$Z_V = \frac{34}{\cos^3 20} = 40.97$$

$$Y_F = 1.55 [1]$$

$$K = K_\beta * K_V = 1.16$$

$$\delta_F = \frac{5368 * 1.16 * 1.55 * \cos 20}{1.3 * 8^2 * 10} = 10.7 \text{ МПа} \leq [\delta]_F = 75 \text{ МПа}$$

Перевірка міцності зубців при короткочасних перенавантаженнях.

$$\delta_{F \max} = \delta_F \frac{T_{\max}}{T_{\text{ном}}} = 10.7 * 2 = 21.4 \text{ МПа} \leq [\delta]_{F \max}$$

$$[\delta]_{F \max} = 100 \text{ МПа}$$

Основні параметри черв'ячної передачі.

$$A_w = 180 \text{ мм}$$

$$d_1 = 104 \text{ мм}$$

$$d_2 = 304 \text{ мм}$$

Таб. 6.5.1. Таблиця вихідних значень

Назва	Позначення	Одиниці виміру	Числове значення
Передат. число ред.	U		328
Потужність дв.	P	кВт	2,45
Частота обертання	N		1460
Срок служби	L	Час	10950
Число заходів черв	Z1		1
Пер.число 2 пер.	U2		34
Границя міцності.	$[\delta]_{0F-1}$	МПа	75
Коеф. деф. черв.	$\theta$		108
Коеф. диам. чер.	Q		10
Коеф. дин.нав.	KV		1,15
Константа	$\pi$		3,14
Діаметр зубч венця	d2	мм	304
Коеф.форм.зуба.	YF		1,55

Таб. 6.5.2 Таблиця розрахункових значень

Розрахункова величина	Од. виміру	Позначення	Числове значення
Число зубців черв.к.	шт	Z2	34
Орент.зн.шв.ковзання	м/с	Vk	2,65
Частота оберт.	хв-1	n2	4,3
Коеф.екв.нав.		KHE	0,22
Коеф.екв.нагр.		NHE	0,62*106
Коеф.довговічності		KHL	1
Доп.напр.на міц.		[ $\delta$ ] <sub>H</sub>	180
Коеф.екв.нав. при згині		KFE	0,12
Коефіцієнт		NFE	0,34*106
Коеф довгов.		KFL	1
Віднош. сред мом. до макс.		X	0,57
Коеф конци нав.		KV	1,01
Розрах. нагр.	Н.м	Tr2	1030
Межосьова відстань	Мм	aw	180
Модуль		M	8
Шв.ковз.	м/с	Vk	3,6
Контюнапр.	МПа	$\delta_n$	167
Тангенційна сила	МПа	$\delta_F$	75
Згин.напр.	Н.мм	Ft2	5368

## 7. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту

Модернізація привода поворотного фіксатора установки ФУАМ шляхом впровадження двоступінчастого мотор-редуктора та системи частотного регулювання суттєво змінює регламент обслуговування, роблячи його більш технологічним та економічно вигідним.

### 7.1. Монтаж обладнання

Заміна громіздкої системи передач (пасова, черв'ячна, конічна) на єдиний блок мотор-редуктора спрощує монтаж:

Базування: Мотор-редуктор монтується безпосередньо на ведучий вал фіксатора за допомогою порожнистого вала. Це виключає трудомістку операцію вивіряння співвісності валів окремих вузлів, що була критичною для базової моделі.

Фіксація: Для поглинання реактивного моменту використовується моментний важіль (реактивна штанга) з поліуретановим демпфером. Це захищає металоконструкцію ферми від вібрацій та ударних навантажень.

Електричне підключення: Частотний перетворювач Danfoss 2,2 кВт встановлюється у герметичну шафу (клас захисту IP66), що забезпечує надійну роботу в умовах постійної вологості забійного цеху.

### 7.2. Експлуатація та налаштування

Завдяки впровадженню «електричного покращення», експлуатація установки ФУАМ переходить на новий рівень автоматизації:

Програмування режимів: Перед пуском проводиться програмування кривої розгону та гальмування в налаштуваннях ПЧ Danfoss. Це дозволяє здійснювати поворот важелів фіксатора плавно, без ривків, що критично для втомної міцності розрахованого вала.

Адаптація під сировину: Оператор може регулювати швидкість повороту залежно від категорії ВРХ (молодняк чи доросла худоба), що мінімізує ризик травмування тварин та пошкодження шкіри.

Санітарний контроль: Відсутність відкритих змащуваних передач (як стара конічна пара) значно полегшує миття установки гарячою водою під тиском згідно з нормами НАССР.

### **7.3. Технічне обслуговування та ремонт**

Модернізація дозволяє реалізувати стратегію обслуговування «за станом», а не за жорстким графіком:

Система змащування: У новому мотор-редукторі використовується синтетичне мастило, розраховане на весь термін служби або з інтервалом заміни раз на 2 роки. Це звільняє персонал від щозмінного змащування відкритих вузлів.

Контроль зносу: Завдяки відмові від пасової передачі повністю зникає проблема розтягування та заміни пасів. Основним об'єктом контролю залишається цілісність шпонкових з'єднань та відсутність перегріву корпусу (не більше +70°C).

Ресурс деталей: Застосування Сталі 40Х з покращенням для вала та плавного пуску двигуна збільшує міжремонтний інтервал вузла фіксації на 40%.

### **Види ППР**

Система ППР базується на проведенні планових заходів для підтримання працездатності обладнання.

Основні види робіт у системі ППР:

Міжремонтне обслуговування: повсякденний нагляд за експлуатацією, регулювання та усунення дрібних несправностей у перервах між змінами.

Профілактичний огляд: періодична перевірка зношуваних деталей за графіком без зупинки виробництва; заміна елементів, що не допрацюють до наступного ремонту.

Поточний ремонт (ПР): мінімальний за обсягом ремонт на місці встановлення; включає заміну деталей, що швидко зношуються, та регулювальні роботи.

Середній ремонт (СР): відновлення характеристик через заміну або ремонт пошкоджених вузлів без демонтажу всього агрегату; можливий капремонт окремих вузлів.

Капітальний ремонт (КР): повне розбирання, дефектація та відновлення всіх вузлів (включаючи базові) до заводських допусків і посадок.

Основні етапи КР:

- Повне по-детальне розбирання всіх вузлів.
- Реставрація або заміна деталей згідно з ТУ (технічними умовами).
- Ремонт захисних пристроїв, ізоляції та фарбування.
- Можлива модернізація для покращення експлуатаційних характеристик або вирішення нових тех.завдань.

Характеристики установки

Таблиця 7.1

Обладнання	Коротка технічна характеристика	Одиниця виміру	Розряд ремонтних циклів	Категорія складності ремонту
Установка ФУАМ з поворотним фіксатором для знімання шкур з ВРХ	Продуктивність до 100 туш/год	туш/год	IV	11

Структура ремонтного циклу

Таблиця 7.2

РРЦ	Тривалість ремонтного циклу			Структура ремонтного циклу	Кількість ремонтів та оглядів		
	В 1 зміну	В 2 зміни	В 3 зміни		С	Т	О

092802.КР.04.000

Інд. змін

Дата Видання

Мова  
UA

Аркуш  
51

IV	48	24	16	К-О-О-О-О-О-Т-О-О-О- О-О-С-О-О-О-О-О-Т-О- О-О-О-О-К	1	2	20
----	----	----	----	---	---	---	----

Тривалість в місяцях між-ремонтних періодів визначають за формулою:

$$P_{\text{мр}} = \frac{P_{\text{рц}}}{\sum C + \sum T + 1} = \frac{48}{1+2+1} = 12$$

$P_{\text{рц}}$  - ремонтний-цикл, місяці;

$\sum C$  - кількість середніх ремонтів в ремонтному--циклі;

$\sum T$  - кількість поточних ремонтів в ремонтному-циклі;

Тривалість (в місяцях) міжоглядових періодів:

$$P_{\text{мо}} = \frac{P_{\text{рц}}}{\sum c + \sum T + \sum O + 1} = \frac{48}{1 + 2 + 20 + 1} = 2$$

$\sum O$  - кількість оглядів в ремонтному циклі.

Норми трудомісткості. Таблиця 7.3

Роботи	Норми трудомісткості (люд. –год на 1 ум.од. )			
	Профілактичний огляд	Ремонт		
		Поточний	Середній	Капітальний
Слюсарні	0,6	3	12	23
Верстатні	-	0,9	1,8	8,5
Інші (зварні, та ін..)	-	0,5	1,8	3,5
Всього	0,6	4,4	17,4	35

Трудо-місткість ремонту  $t_p$  машини визначають за формулою:

$$t_p = T_p \cdot R = 11 \cdot 35 = 385$$

де  $T_p$  - норма трудомісткості ремонту, люд.-год на одну умовну одиницю;

$R$  - категорія ремонтної складності.

Трудо-місткість ремонтного циклу машини:

$$\begin{aligned} T_{p.c.} &= R \left( 35 + 17,4 \sum C + 4,4 \sum T + 0,6 \sum O \right) = \\ &= 11(35 + 17,4 \cdot 1 + 4,4 \cdot 2 + 0,6 \cdot 20) = 11(35 + 17 + 8,8 + 12) \\ &= 808,8 \end{aligned}$$

де  $\sum C, \sum T, \sum O$  - трудомісткість середнього, поточного ремонтів і профілактичного огляду, люд.-год

Потрібна кількість вахтових слюсарів для між-ремонтного обслуговування по цехам и видам обладнання:

$$r_{mo} = \frac{R}{D} = \frac{1}{300} = 0,003$$

де  $r_{mo}$  - числа явочних робітників необхідних для забезпечення МО (міжремонтного обслуговування) протягом однієї зміни.

R- Ремонтні одиниці обслуговуючого обладнання;

D- норма між-ремонтного обслуговування, умовні ремонтні одиниці на одного робітника на зміну.

Розрахунок чисельності ремонтних бригад виробляють по формулі:

$$\chi_{\text{рем.бриг.}} = \frac{t_p}{H_{вр}} = \frac{35}{253} = 0,138$$

де  $t_p$  - трудомісткість при капітальному, середньому, поточному ремонті, люд.-год;

$H_{вр}$  - норма часу на ремонт, люд.-год.

Тривалість ремонту устаткування при складанні місячних планів ремонту устаткування визначають по формулі:

$$A = \frac{T_p \cdot R \cdot K_n}{\chi_{\text{рем.бриг.}} \cdot T_c \cdot C} = \frac{35 \cdot 11 \cdot 0,5}{0,138 \cdot 8 \cdot 1} = 174,36$$

де  $T_p$  - норма трудомісткості на реомнт однієї умовної одиниці ремонтної складності, люд.-год;

R- категорія ремонтної складності даного агрегату;

B- кількість ремонтних робітників, працюючих в одну зміну;

$T_c$  - тривалість зміни, год;

$K_H$  - коефіцієнт виконання норм часу.

Норми простою устаткування

Таблиця 7.4

Ремонтні роботи	Норми простою устаткування в ремонті на одну ремонтну одиницю, добу		
	1 зміна	2 зміна	3 зміна
Огляд	0,05	0,025	-
Поточний ремонт	0,15	0,08	0,055
Середній ремонт	0,42	0,23	0,18
Капітальний ремонт	0,8	0,42	0,31

Тривалість простою устаткування в ремонті при складанні річного плану ремонту визначають по формулі:

$$A = \frac{24 \cdot P_p \cdot R}{T_c} = \frac{24 \cdot 0,8 \cdot 11}{8} = 26,4$$

де  $P_p$  - норма простою устаткування в ремонті на одну ремонтну одиницю.

## 8. Технологія виготовлення деталі

### 8.1 Розрахунок припусків

Розрахунок загального припуску кованої заготовки ведемо за найточнішим розміром  $\varnothing 35k6$ .

Припуск на чистове шліфування:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + D_3 + \sqrt{Tnp_3^2 + \varepsilon_{y4}})$$

де  $Rz_3, D_3, Tnp_3$  – відповідно висота мікро-нерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових похибок причорновому шліфуванні;  $\varepsilon_{y4}$  – похибка установлення деталі під час чистового шліфування.  $Rz_3 = 5$  мкм,  $D_3 = 15$  мкм.

Під час оброблення деталі в центрах  $Tnp_3 = 0$ ,  $\varepsilon_{y4} = 0$ .

Тоді  $2Z_{4\min} = 2(5 + 15) = 40$  мкм,  $2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_3 - T_4$ , де  $T_3$  – допуск при чорновому шліфуванні,  $T_3 = IT8 = 12 \cdot 8 = 96$  мкм;  $T_4$  – допуск при чистовому шліфуванні,  $T_4 = IT6 = 5 \cdot 6 = 30$  мкм.

$$2Z_{4\max} = 40 + 96 - 30 = 106 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4ном} = \frac{2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}}{2} = \frac{106 + 40}{2} = 73 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове шліфування:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + \varepsilon_{y3}})$$

де  $Rz_2, D_2, Tnp_2$  – відповідно висота мікро-нерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чистовому точінні;  $\varepsilon_{y3}$  – похибка установлення при чорновому шліфуванні.  $Rz_2 = 10$  мкм,  $D_2 = 20$  мкм.

При обробленні в центрах  $Tnp_2 = 0$ ,  $\varepsilon_{y3} = 0$ .

Тоді  $2Z_{3\min} = 2(10 + 20) = 60$  мкм,  $2Z_{3\max} = 2Z_{3\min} + T_2 - T_3$ , де  $T_2$  – допуск при чистовому точінні,  $T_2 = IT11 = 50 \cdot 11 = 550$  мкм.

$$2Z_{3\max} = 60 + 550 - 96 = 514 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3ном} = \frac{2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}}{2} = \frac{514 + 60}{2} = 287 \text{ мкм}$$

Припуск на напів чистове точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + \varepsilon_{y2}})$$

де  $Rz_1, D_1, Tnp_1$  – відповідно висота мікро-нерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні;  $\varepsilon_{y2}$  – похибка устанавлення при напів-чистому точінні.  $Rz_1 = 50$  мкм,  $D_2 = 50$  мкм. При устанавленні деталі в патрон з центром  $Tnp_2 = 100$  мкм.

При устанавленні деталі в центрах  $\varepsilon_{y3} = 0$ .

Тоді  $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 0}) = 200$  мкм,  $2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2$ , де  $T_1$  – допуск розміру при чорновому точінні,  $T_1 = IT13 = 120 \cdot 13 = 1560$  мкм.

$$2Z_{2\max} = 200 + 1560 - 550 = 1210 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\text{ном}} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{1210 + 200}{2} = 705 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + \varepsilon_{y1}^2})$$

де  $Rz_0, D_0, Tnp_0$  – відповідно висота мікро нерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка поковки;  $\varepsilon_{y1}$  – похибка устанавлення при напівчистому точінні.

Для заготовок масою від 4 до 25 кг (табл. 6)  $Rz_0 = 240$  мкм,  $D_0 = 250$  мкм,  $Tnp_0 = 1,7$  мкм.

Під час устанавлення деталі в патрон з центром  $\varepsilon_{y1} = 100$  мкм.

$$2Z_{1\min} = 2(240 + 250 + \sqrt{1700^2 + 100^2}) = 4380 \text{ мкм}$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Zi_{\text{ном}} = 73 + 287 + 705 + 4380 = 5475 \text{ мкм}$$

Приймаємо  $2Z_{\text{сум}} = 5,4$  мм.

## 8.2 Технологічний маршрут виготовлення валу.

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
10	Заготівельна Установити, закріпити і зняти заготовку	Верстат відрізний Лещата
10.1	Відрізати заготовку з прокату $\varnothing$ 53	
20	Фрезерно-центрувальна УЗЗ	Фрезерно-центрувальний Лещата
20.1	Торцювати в розмір 292	Торцеві фрези $\varnothing$ 60, T15K10
20.2	Центрувати	Центрові свердла $\varnothing$ 5, P6M5
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний 1A616 3-кулачковий патрон, центр
30.1	Точити поверхню $\varnothing$ 51 начорно	Різець прохідний упорний правий, $\phi = 90^\circ$ , $V_x H_x L = 16 \times 25 \times 140$ мм, $\alpha = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $r = 1$ мм, T15K6, ШЦ1
30.2	Точити поверхню $\varnothing$ 36k6 начорно Переустановити заготовку	
30.3	Точити поверхню $\varnothing$ 51 начорно	3-кулачковий патрон, центр
30.4	Точити поверхню $\varnothing$ 25f8 начорно	
40	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний 1A616 Центри, поводок
40.1	Точити поверхню $\varnothing$ 35k6	Різець прохідний упорний правий, $\phi = 90^\circ$ , $V_x H_x L =$
40.2	напівчисто	
40.3	Точити поверхню $\varnothing$ 34 начорно	

40.4	Точити поверхню $\varnothing 33$ начорно	16x25x140 мм, $\alpha = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $r = 1$ мм, T15K6
40.5	Точити поверхню $\varnothing 21$ начорно	
40.6	Точити канавку шириною 2 до $\varnothing$	
40.7	17	Різець канавочний, T15K6
40.8	Точити фаску 0,5x45°	Різець прохідний правий
40.9	Точити фаску 0,5x45°	відігнутий,
	Точити фаску 1,5x45°	$\varphi = 45^\circ$ , T15K6
40.10	Точити фаску 1,5x45°	Різець прохідний лівий
	Нарізати різьбу M20x1,5	відігнутий,
		$\varphi = 45^\circ$ , T15K6
40.11		Центри, поводок
40.12	Переустановити заготовку	Різець різбовий, T15K6,
	Точити поверхню $\varnothing 25f8$	$\beta=600, \alpha=30$ ,
40.13	напівчисто	VxHxL=16x25x140,
40.14	Точити поверхню $\varnothing 21$ начорно	різбовий калібр
40.15		Різець прохідний упорний
40.16	Точити канавку шириною 2 до $\varnothing$	правий, $\varphi = 90^\circ$ , VxHxL =
	17	16x25x140 мм, $\alpha = 8^\circ$ , $\gamma = 10^\circ$ , $r = 1$ мм, T15K6
	Точити фаску 1,5x45°	Різець канавочний, T15K6
	Точити фаску 1x45°	Різець прохідний лівий
	Нарізати різьбу M20x1,5	відігнутий,
		$\varphi = 45^\circ$ , T15K6
		Різець різбовий, T15K6,
		$\beta=600, \alpha=30$ ,
		VxHxL=16x25x140,
		різбовий калібр

50	Фрезерна УЗЗ	Горизонтально-фрезерний 6Н80Г
50.1	Фрезерувати шпонковий паз 8р9	Фреза шпонкова $\varnothing 10$ , Р6М5, пробка 8р9, ШЦ1
50.2	Фрезерувати шліци n=10	Дискова фреза
60	Свердлильна УЗЗ	Свердлильний 2А125
60.1	Свердлити отвір $\varnothing 5,5$	Кондуктор
60.2	Свердлити отвір $\varnothing 5,5$	Свердло $\varnothing 4,5$ , Р6М5
70	Шліфувальна УЗЗ	Кругло-шліфувальний верстат 3Е12 Центри
70.1	Шліфувати $\varnothing 35k6$ начорно	Круг Э825С2К5ППІ 350x16x32 Скоба 35k6
70.2	Шліфувати $\varnothing 35k6$ начисто	Шліфувальний Круг 1
70.3	Шліфувати шліци Переустановити заготовку	250×25×32 F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83
70.4	Шліфувати $\varnothing 25a8$	Центри Скоба 25f8

## 8.3 Токарна.

Перехід 30.1. Точити поверхню  $\varnothing 51$  начорно.

Мінімальний припуск на чорнове обточування  $2Z_{1min} = 2,134$  мм.

Режими оброблення визначаються з умови, що знімається максимальний припуск

$$2Z_{1max} = 2Z_{1min} + T$$

$T$  – допуск оброблення, для чорнового точіння  $T = IT12 = 210$  мкм

$$2Z_{1max} = 2,134 + 0,210 = 2,344 \text{ мм}$$

Глибина різання при цьому

$$t = 1 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. За таблицею для різців з твердосплавними пластинами перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки діаметром до 40 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,4-0,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 0,5$  мм/об.

З таблиці вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{327}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 180 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 51} = 1737 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_v = 1600$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_s}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 1600}{1000} = 165,8 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_s}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 150$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту, для упорного різця  $90^\circ$   $l_2 = 0$ ;

$l_3$  – величина перебігу різця, для упорного різця  $90^\circ$   $l_3 = 0$ .

$$L = 150 + 2 = 152_{\text{мм}}$$

$$t_{01} = \frac{152}{0,5 \cdot 1600} = 0,015_{\text{хв}}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця на розмір при автоматичній подачі, за таблицею 26  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як заміна не проводиться, то  $t_2 = 0$ ;

$t_3$  – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, оскільки потреби в заміні інструменту та інших діях немає, то  $t_3 = 0$ .

$$t_{Д1} = 0,065_{\text{хв}}$$

### Перехід 30.2. Точити поверхню $\varnothing 35k6$ начорно.

Мінімальний припуск на чорнове обточування  $2Z_{1\text{min}} = 2,134$  мм.

Режими оброблення визначаються з умови, що знімається максимальний припуск

$$2Z_{1\text{max}} = 2Z_{1\text{min}} + T$$

$T$  – допуск оброблення, для чорнового точіння  $T = IT12 = 210$  мкм

$$2Z_{1\text{max}} = 2,134 + 0,210 = 2,344_{\text{мм}}$$

Глибина різання при цьому

$$t = 3_{\text{мм}}$$

Вибираємо подачу. За таблицею для різців з твердосплавними пластинами перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки діаметром до 40 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,4-0,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 0,5$  мм/об.

З таблиці 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{327}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 180 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 35} = 1737 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_v = 1600$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_v}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 165,8 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_v}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 150$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту, для упорного різця  $90^\circ$   $l_2 = 0$ ;

$l_3$  – величина перебігу різця, для упорного різця  $90^\circ$   $l_3 = 0$ .

$$L = 150 + 2 = 152 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{152}{0,5 \cdot 1600} = 0,025 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця на розмір при автоматичній подачі, за таблицею 26  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як заміна не проводиться, то  $t_2 = 0$ ;

$t_3$  – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, оскільки потреби в заміні інструменту та інших діях немає, то  $t_3 = 0$ .

$$t_{д1} = 0,05 \text{ хв}$$

### Перехід 30.3. Точити поверхню $\varnothing 51$ начорно.

Мінімальний припуск на чорнове обточування  $2Z_{1min} = 2,134$  мм.

Режими оброблення визначаються з умови, що знімається максимальний припуск

$$2Z_{1max} = 2Z_{1min} + T$$

$T$  – допуск оброблення, для чорнового точіння  $T = IT12 = 210$  мкм

$$2Z_{1max} = 2,134 + 0,210 = 2,344 \text{ мм}$$

Глибина різання при цьому

$$t = 1 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. За таблицею для різців з твердосплавними пластинами перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки діаметром до 40 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,4-0,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 0,5$  мм/об.

З таблиці вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0.2} t^{0.15} S^{0.35}} = \frac{327}{T^{0.2} t^{0.15} S^{0.35}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{327}{60^{0.2} \cdot 1^{0.15} \cdot 0,5^{0.35}} = 180 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 35} = 1737 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 1600$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати:

$$V_d = \frac{\pi d_s n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 165,8 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 50$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту, для упорного різця  $90^\circ$   $l_2 = 0$ ;

$l_3$  – величина перебігу різця, для упорного різця  $90^\circ$   $l_3 = 0$ .

$$L = 50 + 2 = 52 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{52}{0,5 \cdot 1600} = 0,0625 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленим різцем на розмір при автоматичній подачі, за таблицею 26  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як заміна не проводиться, то  $t_2 = 0$ ;

$t_3$  – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, оскільки потреби в заміні інструменту та інших діях немає, то  $t_3 = 0$ .

$$t_{Д1} = 0,0675 \text{ хв}$$

### Перехід 30.4. Точити поверхню $\varnothing 25f8$ начорно.

Глибина різання

$$t = \frac{2Z_{1\max}}{2} = \frac{2,344}{2} = 1,172 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. За таблицею для різців з твердо-сплавними пластинами перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки діаметром до 40 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,4-0,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 0,5$  мм/об.

З таблиці 20 вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,35}} = \frac{327}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 1,172^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 180 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 25} = 1638 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_v = 1600$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_v}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 1600}{1000} = 175,8 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_v}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 51$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту,  $l_2 = 0$ ;

$l_3$  – величина перебігу різця,  $l_3 = 0$ .

$$L = 51 + 2 = 53 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{53}{0,5 \cdot 1600} = 0,066 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 125 мм при автоматичній подачі, за таблицею 26  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як заміна не проводиться, то  $t_2 = 0$ ;

$t_3$  – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, оскільки потреби в заміні інструменту та інших діях немає, то  $t_3 = 0$ .

$$t_{д2} = 0,05 \text{ хв}$$

## 8.4 Фрезерна.

### Перехід 60.1. Фрезерувати шпонковий паз 8р9.

Глибина фрезерування

$$t = 4 \text{ мм}$$

Рекомендовані подачі при фрезеруванні шпонкових пазів 0,03-0,05 мм/зуб.

Приймаємо  $sz = 0,05$  мм/зуб.

Для визначення швидкості різання з таблиці 28 для кінцевих фрез при фрезеруванні шпонкових пазів вибираємо залежність

$$V = \frac{53 D_{\phi}^{0,45}}{T^{0,33} t^{0,5} S_z^{0,5} B^{0,1} Z^{0,1}}$$

За таблицею 35 період стійкості фрези  $T = 60$  хв.

Тоді

$$V = \frac{53 \cdot 8^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 4^{0,5} \cdot 0,05^{0,5} \cdot 10^{0,1} \cdot 5^{0,1}} = 49 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi D_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 49}{3,14 \cdot 8} = 1560 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_v = 1000$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi D_\phi n_\pm}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 1000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{об}} \cdot n_\pm = S_z \cdot z \cdot n_\pm = 0,05 \cdot 5 \cdot 1000 = 250 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо хвилинну подачу  $S_{\text{хв}} = 250 \text{ мм/хв.}$

Основний час на виконання операції

$$t_{01} = \frac{L}{S_{\text{хв}}}$$

$$L = l + l_1 + l_2$$

$l$  – довжина оброблюваної поверхні,  $l = 20 \text{ мм}$ ;

$l_1$  – добавка на перехід інструменту з робочою подачею до моменту різання,  
 $l_1 = 0 \text{ мм}$ ;

$l_2$  – додаток на врізання і перебіг фрези  $l_2 = 0 \text{ мм}$ .

$$L = 20 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{20}{250} = 0,12 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, при автоматичному переміщенні, з автоматичним переміщенням стола довжиною до 750 мм, при фрезеруванні пазів фрезою, установленою на розмір, за таблицею 38  $t_{d1} = 0,06 \text{ хв.}$

Основний час на виконання операції

$$T_0 = t_{01} = 0,12 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + t_d$$

Допоміжний час на установлення і зняття деталі

$$t_y = t_{y1} + t_{y2}$$

$t_{y1}$  – допоміжний час безпосередньо на установлення і зняття деталі, за таблицею 37  $t_{y1} = 0,41 \text{ хв.}$

$t_{y2}$  – допоміжний час на очищення місця установлення від стружки, за таблицею 37  $t_{y2} = 0,1 \text{ хв.}$

$$t_y = 0,41 + 0,1 = 0,51 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + t_d = 0,51 + 0,06 = 0,57 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_о + T_d = 0,15 + 0,57 = 0,72 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

За таблицею 36 час на обслуговування робочого місця  $T_{об} = 4\% T_{оп}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{пп} = 6\% T_{оп}$ .

$$T_{шт} = 0,72 + (0,04 + 0,07) \cdot 0,72 = 0,8 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3}$$

За таблицею 36 час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{пз1} = 7$  хв, час на налагодження установки деталі у спец пристрої вручну  $T_{пз2} = 14$  хв, час на установлення фрез  $T_{пз3} = 2$  хв.

$$T_{пз} = 7 + 14 + 2 = 23 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,8 + \frac{23}{200} = 0,915 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{0,915} = 65 \text{ деталей/год}$$

## 8.5 Свердлильна.

### Перехід 60.1. Свердлити отвір $\varnothing 5,5$

Припуск на оброблення під час свердління становить половину діаметра свердла  $d_{св}$ , тобто

$$t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{5,5}{2} = 2,25 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. За таблицею для сталей з  $\sigma_b \leq 800 \text{ МПа}$  при свердленні отворів  $\varnothing 5,5$  рекомендуються подачі 0,05-0,08 мм/об.

Приймаємо згідно паспортних даних  $s = 0,1$  мм/об.

Для визначення швидкості різання з таблиці вибираємо залежність

$$V = \frac{8d_{св}^{0,4}}{T^{0,2} S^{0,7}}$$

За таблицею беремо стійкість свердла  $T = 8$  хв.

Тоді

$$V = \frac{8 \cdot 5,5^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} = 45,8 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{св}} = \frac{1000 \cdot 45,8}{3,14 \cdot 5,5} = 3646 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 2000$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_{св} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,5 \cdot 2000}{1000} = 25,2 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – глибина свердлення,  $l = 20$  мм;

$l_1$  – величина на підведення свердла,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 + l_3$  – додаток на врізання і перебіг свердла, за таблицею 48  $l_2 + l_3 = 2$  мм.

$$L = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{24}{0,1 \cdot 2000} = 0,06 \text{ хв}$$

Допоміжний час на перехід за таблицею  $t_{\Delta} = 0,06 \text{ хв}$ .

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = t_0 = 0,06 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_{\Delta} = t_y + t_{\Delta}$$

$t_y$  – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, за таблицею  $t_y = 0,28 \text{ хв}$ .

Тоді

$$T_{\Delta} = 0,28 + 0,06 = 0,34 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\Delta} = 0,06 + 0,34 = 0,4 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пп}}$$

За таблицею час на обслуговування робочого місця  $T_{\text{об}} = 1,5\% T_{\text{оп}}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{\text{пп}} = 6\% T_{\text{оп}}$ .

$$T_{\text{шт}} = 0,4 + (0,015 + 0,06) \cdot 0,4 = 0,43 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}$$

За таблицею час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{\text{пз1}} = 10 \text{ хв}$ , час на налагодження установки деталі у пристрої вручну  $T_{\text{пз2}} = 5 \text{ хв}$ .

$$T_{\text{пз}} = 10 + 5 = 15 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_{\text{к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 0,43 + \frac{15}{200} = 0,505 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{0,505} = 118 \text{ деталей/год}$$

## Перехід 60.2. Свердлити отвір $\varnothing 5,5$

Припуск на оброблення під час свердління становить половину діаметра свердла  $d_{св}$ , тобто

$$t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{5,5}{2} = 2,25 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. За таблицею для сталей з  $\sigma_b \leq 800 \text{ МПа}$  при свердленні отворів  $\varnothing 5,5$  рекомендуються подачі 0,05-0,08 мм/об.

Приймаємо згідно паспортних даних  $s = 0,1$  мм/об.

Для визначення швидкості різання з таблиці вибираємо залежність

$$V = \frac{8d_{св}^{0,4}}{T^{0,2} S^{0,7}}$$

За таблицею беремо стійкість свердла  $T = 8$  хв.

Тоді

$$V = \frac{8 \cdot 5,5^{0,4}}{8^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} = 45,8 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{св}} = \frac{1000 \cdot 45,8}{3,14 \cdot 5,5} = 3646 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_b = 2000$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_{св} n_b}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5,5 \cdot 2000}{1000} = 25,2 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_b}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – глибина свердлення,  $l = 20$  мм;

$l_1$  – величина на підведення свердла,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 + l_3$  – додаток на врізання і перебіг свердла, за таблицею 48  $l_2 + l_3 = 2$  мм.

$$L = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{24}{0,1 \cdot 2000} = 0,06 \text{ хв}$$

Допоміжний час на перехід за таблицею  $t_{\Delta} = 0,06 \text{ хв}$ .

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = t_0 = 0,06 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_{\Delta} = t_y + t_{\Delta}$$

$t_y$  – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, за таблицею  $t_y = 0,28 \text{ хв}$ .

Тоді

$$T_{\Delta} = 0,28 + 0,06 = 0,34 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\Delta} = 0,06 + 0,34 = 0,4 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пп}}$$

За таблицею час на обслуговування робочого місця  $T_{\text{об}} = 1,5\% T_{\text{оп}}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{\text{пп}} = 6\% T_{\text{оп}}$ .

$$T_{\text{шт}} = 0,4 + (0,015 + 0,06) \cdot 0,4 = 0,43 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}$$

За таблицею час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{\text{пз1}} = 10 \text{ хв}$ , час на налагодження установки деталі у пристрої вручну  $T_{\text{пз2}} = 5 \text{ хв}$ .

$$T_{\text{пз}} = 10 + 5 = 15 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_{\text{к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 0,43 + \frac{15}{200} = 0,505 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_{\text{к}}} = \frac{60}{0,505} = 118 \text{ деталей/год}$$

## 9. Система управління

Проектуючи блок управління електродвигуном необхідно прийняти до уваги, що структурна схема повинна відображати весь цикл роботи електромеханічного приводу



мал. 9.2.1 Схема структурна блоку управління

Приймач команд – являє собою пульт керування. Призначення комплексу передача електричних імпульсів на блок формування сигналів керування.

Блок формування сигналів керування – завданням блоку формування сигналів керування є створення управляючих імпульсів відносно вхідних сигналів з приймача команд.

Блок керування електродвигуном – являє собою силову частину приводу, функціональне призначення якої – подача напруги живлення на електродвигуни в залежності від сигналів управління, прийнятих від блоку формування сигналів керування.

Електродвигун – рушій електромеханічного приводу.

Давач положення виконавчого механізму – застосовується для фіксації положення поворотного фіксатора. Вихідним сигналом давача є зміна рівня сигналу, що подається на блок формування сигналів керування і служить сигналом “Стоп” виконавчих механізмів приводу.

## 10. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 10.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Проаналізувавши роботу лінії обладнання в забійному цеху, зокрема установки ФУАМ, виявлено ряд шкідливих і небезпечних факторів впливу на робітника: шум, електробезпека, механічні травми, вібрація.

**Техніко-фізичні:** наявність рухомих вузлів та відкритих передач механізмів, ризик руйнування конструкцій під навантаженням, а також критичні рівні шуму й вібрації у цеху. Сюди ж відносять небезпеку ураження струмом при підвищеній напрузі мережі, накопичення статичного заряду, недостатню освітленість або надмірну яскравість у зоні контролю. Травмонебезпечність підвищується через наявність гострих крайок, шорсткості поверхонь інструменту, ризик падіння з висоти або ковзання на вологій підлозі.

**Психофізіологічні:** поєднання статико-динамічних фізичних зусиль із нервовою напругою (в тому зорових та слухових аналізаторів, монотонність операцій, емоційний тиск).

**Соціально-організаційні:** порушення режимів праці та відпочинку (понаднормові години), несприятливий психологічний клімат у групі, стреси через ризик травматизму чи конфліктні ситуації.

### 10.2 Параметри виробничого середовища

Обслуговування агрегату здійснює оператор, чия діяльність пов'язана з постійним психоемоційним навантаженням. На робочих місцях та пультах керування необхідно підтримувати параметри мікроклімату, що відповідають категорії робіт II-б (середньої важкості). Згідно з нормами, для забійного цеху встановлюються наступні показники:

- температура повітря 15 – 20 °С ;
- відносна вологість 40 – 60 %;
- швидкість руху повітря 0.2 м/с;

Нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату для робочої зони виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88.

Заходи нормалізації параметрів мікроклімату

- удосконалення технологічних процесів та устаткування. Впровадження нових технологій та обладнання, які не пов'язані з необхідністю проведення робіт в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення;

- автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами.

Цей захід дозволяє в багатьох випадках вивести людину із виробничих зон, де діють несприятливі фактори;

- раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найбільш розповсюдженими способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях. Так зване повітряне та водоповітряне душення широко використовується у боротьбі з перегріванням робітників в гарячих цехах.

Регулювання метеорологічних умов у робочій зоні здійснюється відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТ 12.1.005-88.

Методи оптимізації виробничого мікроклімату

Для підтримання нормативних параметрів середовища застосовуються такі інженерно-технічні рішення:

Модернізація техпроцесів: впровадження енергоефективного обладнання та герметизація тепловидільних вузлів для зниження теплового навантаження на приміщення.

Автоматизація та дистанційне керування: використання систем віддаленого моніторингу дозволяє мінімізувати час перебування оператора в зонах із потенційно шкідливими чинниками.

Інженерні мережі (ОВіК): стабілізація повітряного обміну за допомогою припливно-витяжної вентиляції, систем опалення та кондиціонування.

Локальне душування: застосування повітряного або водоповітряного душування для запобігання термічному перевантаженню персоналу в зонах із підвищеною температурою.

### **10.3 Шум та вібрації**

#### **Боротьба з шумом та вібрацією:**

Функціонування підвісної транспортної системи та агрегату ФУАМ супроводжується генеруванням механічних коливань і акустичного забруднення робочої зони. При розробці заходів віброзахисту враховується не лише інтенсивність впливу, а й психофізіологічний стан персоналу (втома, емоційна напруженість).

#### **Вібраційна безпека:**

Основним методом зниження вібронавантаження є віброізоляція безпосередньо у джерелі виникнення коливань.

Згідно з діючими санітарними нормами, передбачено лімітування тривалості контакту оператора з вібронезабезпечним обладнанням та впровадження лікувально-профілактичних заходів.

**Акустичний контроль:** Нормування параметрів шуму здійснюється відповідно до ГОСТ 12.1.003-83. Оцінка проводиться за граничним спектром частот або загальним рівнем звукового тиску в дБА.

Фактичний рівень шуму в зоні роботи установки становить 76 дБ, що відповідає нормативним вимогам (гранична норма — 85 дБ).

Класифікація засобів захисту від акустичного впливу:

Засоби колективного захисту (ЗКЗ):

нейтралізація шуму безпосередньо у вузлах тертя та передачах;

використання малошумних приводних механізмів;

акустичне екранування та зміцнення корпусних деталей конструкції.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

застосування антифонів (навушників) та протишумових вкладишів («беруш»);

використання спеціальних шоломів, касок або костюмів за умови екстремальних рівнів звукового тиску.

#### **10.4 Світлотехнічне забезпечення робочої зони**

Приміщення з установкою ФУАМ розташоване на першому поверсі та оснащено двосторонньою системою бічного природного освітлення загальною площею світло-прорізів 20 м<sup>2</sup>. Для компенсації дефіциту ультрафіолетового випромінювання та підтримання високої працездатності персоналу в цеху впроваджено сполучене освітлення (комбінація природного та штучного світла).

Класифікація систем: природне світло надходить через віконні прорізи, а штучне забезпечується газорозрядними лампами або лампами розжарювання.

Спеціальне освітлення: передбачено аварійне освітлення для продовження робіт при відключенні основної мережі, а також евакуаційне — для підсвічування маршів сходів та основних шляхів виходу.

Нормативні показники: згідно з ДБН В.2.5-28:2018 (актуалізація ДБН-В.2.5-10-2006), технологічний процес належить до VI розряду зорової роботи.

Коефіцієнт природної освітленості (КПО) встановлено на рівні 1,4%.

Норма штучної освітленості для робіт малої точності становить 150 лк.

#### **10.5 Вимоги технологічної безпеки та охорони праці**

Експлуатація та обслуговування агрегату регламентується чіткими інструкціями з ОП (охорони праці) на всіх етапах виробничого циклу.

Підготовчі заходи (перед початком зміни):

Застосування відповідного ЗІЗ (спецодяг, головний убір) та звільнення робочої зони від сторонніх предметів.

Контроль рівня освітленості та візуальна дефектація електрообладнання.

Перевірка цілісності контуру заземлення та відсутності оголених струмоведучих частин.

Обов'язкове знеструмлення агрегату перед початком будь-яких регламентних робіт.

Безпека в процесі експлуатації:

092802.КР.04.000

Інд. змін

Дата Видання

Мова  
UA

Аркуш  
77

Дотримання культури виробництва: підтримання чистоти проходів та робочих майданчиків.

Запобігання професійним захворюванням: контроль за відсутністю протягів та дотримання режиму праці (перерви по 5–10 хв кожні 2–3 години для розвантаження опорно-рухового апарату).

Заборона проведення ремонту або налагодження вузлів під час їх руху (на ходу).

Використання виключно сертифікованого інструменту з діелектричним руків'ям.

Проведення контрольного пуску на холостому ходу після завершення робіт для перевірки гальмівних систем та захисних огорожень.

Завершальні операції:

Повне вимкнення обладнання та встановлення попереджувальних знаків/огорожень у місцях проведення втручань.

Здача зміни із внесенням записів про технічний стан та виявлені несправності до змінного журналу.

## **Висновок**

На основі аналізу умов експлуатації установки ФУАМ у забійному цеху було систематизовано ключові аспекти безпеки:

Ідентифікація ризиків: визначено основні шкідливі чинники — виробничий шум, вібрацію, ризик електроураження та механічного травматизму.

Мікроклімат: встановлено оптимальні параметри повітряного середовища відповідно до категорії енерговитрат II-б.

Захист персоналу: підбрано комплексні засоби ЗКЗ та ЗІЗ для нівелювання віброакустичного впливу.

Світлотехніка: розраховано нормативи штучної освітленості (150 лк) для забезпечення VI розряду зорової роботи.

Експлуатаційна безпека: сформульовано регламент дій оператора на доремонтному, робочому та завершальному етапах.

Рекомендації щодо покращення умов праці:

Для підвищення рівня БЖД та продуктивності на дільниці забою ВРХ пропонується:

Оптимізація режиму: збільшення тривалості регламентованих перерв між циклами для відновлення психофізіологічного стану операторів.

Ергономіка: впровадження систем сервісного обслуговування безпосередньо на робочих місцях.

Мотивація: впровадження диференційованої системи преміювання за дотримання норм техніки безпеки та високі показники виробітку.

## **11. Заходи з цивільної оборони.**

В технологічному процесі на м'ясопереробних заводах використовують таку хімічно-небезпечну речовину, як аміак. Тому підприємство є хімічно-небезпечним об'єктом і на ньому існує небезпека аварії з викидом СДОР.

Для своєчасного оповіщення персоналу використовують інструкцію. В даному розділі роботи розроблено і запропоновано інструкцію по діям чергового диспетчера при аварії з викидом СДОР на підприємстві.

### **11.1 Дії чергового диспетчера по прогнозуванню хімічного зараження**

Алгоритм дій чергового диспетчера при загрозі викиду НХР

#### **1. Метеорологічний моніторинг**

Після заступу на чергування диспетчер проводить збір актуальних метеоданих:

Зняття показників: фіксація температури повітря (0°C) та швидкості вітру в приземному шарі (м/с) за даними дистанційної метеостанції.

Аналіз стійкості: візуальна оцінка хмарності та визначення ступеня вертикальної стійкості повітря (інверсія, ізотермія, конвекція) за допомогою розрахункових графіків.

## **2. Збір даних при аварії з викидом НХР**

У разі отримання сигналу про витік НХР (небезпечних хімічних речовин / СДОР), диспетчер оперативно уточнює:

Тип та об'єм: маркування речовини та її фактичну кількість, що потрапила у довкілля.

Тип розливу: характер поширення рідини на поверхні — «вільно», у спеціальний «піддон» або в межах «обвалування».

## **3. Прогнозування масштабів зараження**

Розрахунок проводиться згідно з чинною «Методикою прогнозування масштабів зараження...»:

Глибина зони: визначення дистанції поширення зараженої хмари за таблицями, враховуючи метеоумови та об'єм викиду.

Оцінка за найгіршим сценарієм: якщо точний об'єм витоку невідомий, розрахунок ведеться за об'ємом найбільшої одиничної ємності на об'єкті; для сейсмічно активних зон — за сумарним запасом НХР.

## **4. Оперативні заходи та оповіщення**

Картографічне нанесення: межі розрахункової зони зараження наносяться на план (схему) об'єкта.

Аналіз ураження: ідентифікація цехів, житлових масивів та сторонніх установ, що потрапляють у межі СЗЗ (санітарно-захисної зони).

Сигнал тривоги: негайне здійснення оповіщення персоналу та населення за затвердженою схемою зв'язку.

## **12. Охорона навколишнього середовища та заходи ЦЗ**

М'ясопереробна галузь є потужним джерелом техногенного впливу на біосферу. Основне забруднення зосереджене в цехах техфабрикатів, жирових дільницях та зонах передзабійного утримання. Викиди містять складні органічні сполуки (альдегіди, кетони, феноли) та неорганічні гази  $NH_3$ ,  $H_2S$

## 12.1. Еко-ефективність модернізації

Впровадження частотного перетворювача Danfoss VLT FC 302 та оновленого привода дозволяє:

Енергозбереження: Зниження споживання електроенергії на 15-22% за рахунок ліквідації пускових перевантажень та адаптивного регулювання швидкості.

Зниження децибельного навантаження: Зменшення рівня шуму на 5-8 дБ завдяки плавній роботі механізмів.

Герметичність: Використання мотор-редукторів із синтетичним мастилом (ресурс 20 000 год) запобігає потраплянню нафтопродуктів у стоки.

Рециклінг: Демонтоване чавунне та сталеве обладнання підлягає передачі на вторинну переробку (металобрухт).

## 12.2. Дії при виникненні хімічної небезпеки

При аваріях із викидом НХР (небезпечних хімічних речовин), диспетчер об'єкта діє згідно з протоколами цивільного захисту (ЦЗ).

Алгоритм оповіщення:

Локальна аварія (в межах СЗЗ):

Активація сирен та гучномовців об'єкта.

Виклик газорятівальної, медичної та протипожежної служб.

Інформування штабу ЦО та керівництва підприємств у зоні впливу.

Доповідь оперативному черговому по місцю знаходження.

Масштабна аварія (вихід за межі СЗЗ):

Першочергове повідомлення аварійним службам та адміністрації міста.

Передача даних до управління питань НС та цивільного захисту м. Києва.

Правила індивідуального захисту:

Важливо: За відсутності засобів захисту органів дихання (протигазів) під час наближення хімічної хмари, необхідно терміново зайти до будівлі, максимально

щільно зачинивши всі вікна, двері та вентиляційні отвори. Подальші дії — виключно за вказівками штабу ЦЗ.

### **12.3. Прогнозування та розвідка**

Результати первинної оцінки хімічної обстановки диспетчер передає керівному складу. В подальшому межі зони зараження корегуються за даними хімічної розвідки, що дозволяє приймати оперативні рішення щодо евакуації або локалізації витоку.

### **Висновок:**

На основі виконаної кваліфікаційної роботи з модернізації установки ФУАМ можна зробити наступні підсумки:

Обґрунтування модернізації: Заміна застарілого привода на сучасний мотор-редуктор дозволила вийти на вищий рівень оснащення обладнання в м'ясопереробній галузі.

Технічні рішення: Розроблено структурну схему автоматизації, що включає блок формування сигналів керування та давач положення виконавчого механізму.

Монтажна точність: Встановлено жорсткі вимоги до монтажу, зокрема допуск відхилення ферми по вертикалі (не більше 0,1 мм на 1 м довжини) та перевірка паралельності осей валів.

Економічний та соціальний ефект: Модернізація забезпечує збільшення міжремонтного періоду та суттєве покращення умов праці працівника за рахунок зниження вібрації.

Впроваджені рішення відповідають концепції Industry 4.0, оскільки дозволяють у майбутньому інтегрувати установку ФУАМ у загальнозаводську мережу моніторингу через інтерфейс RS-485/Modbus, який є стандартним для обраного ПЧ Danfoss

Комплектність: Проект представлений пояснювальною запискою та графічною частиною на 5 листах формату А1.

## Література:

1. Інноваційне обладнання м'ясопереробних виробництв: Підручник/о.м.Чепелюк, О.М.Гавва, І.Г.Бабанов та ін. – К.: Видавництво «Сталь», 2021. - 805 с.
2. Палаш А.А., Єременко С.Г. Каталог обладнання для м'ясної і птахопереробної галузі - Полтава, ПП Михайлик, 2004
3. Коваль О.А., технологія забою та первинної переробки тварин – Київ «Основа» 2002
4. Коваль О.А., технологія обробки субпродуктів – Київ «Основа» 2002
5. Теличкун В.І., Теличкун Ю.С., Губеня О.О., Стефанов С., Дамянова С. Технологічне обладнання харчових виробництв Київ: Видавництво «Сталь», 2023. –634 с.
6. Інноваційне обладнання харчових виробництв: навч. посіб. [Електронний ресурс] / Чепелюк О.М., Гавва О.М., Мирончук В.Г., Теличкун В.І., Удодов С.О., Бабанова О.І. За ред. проф. О.М. Гавви. — К.: НУХТ, 2024. — 584 с.
7. Технологічні комплекси харчових виробництв [Текст] : навч. посіб. / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : Сталь, 2017. — 456 с.
8. Технологічне обладнання м'ясопереробних підприємств / Ю.Г. Сухенко, В.В. Сарана, В.Ю. Сухенко, В.П. Василів. Навчальний посібник / За ред. проф. Ю.Г. Сухенка. – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016 – 516 с.
9. Охорона праці: Метод. Вказівки до викон. розділу «Охорона праці» дипломних проектів/Уклад.: В.С. Гуць, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець, О.І.Сидорченко, Є.С. Богданов. - К.: НУХТ, 2003.-21 с.