

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу відновлення валу сошки 4310-3401082 рульового механізму автомобіля КамАЗ- 55102

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МА-41  
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Солтис Н.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Левкович М.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Солтису Назарію Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу відновлення валу сошки 4310-3401082 рульового механізму автомобіля КамАЗ- 55102

Керівник роботи Ляшук О.Л., д.т.н., проф.

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення валу сошки 4310-3401082 рульового механізму автомобіля КамАЗ- 55102

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Гідро підсилювач автомобіля КамАЗ- 55102 – А1;

Технологічний процес розбирання рульового механізму автомобіля

КамАЗ- 55102 – 4А1;

Знімач універсальний двох лаповий – А1;

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.02.2023	
2	Технологічний розділ	08.03.2023	
3	Конструкторський розділ	12.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	04.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	22.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	21.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Солтис Н.В.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ляшук О.Л.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу відновлення валу сошки 4310-3401082 рульового механізму автомобіля КамАЗ- 55102».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Ляшук О.Л.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 52 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 8 сторінок додатків.

Ключові слова: діагностика пошкоджень, інструменти, точність, технічні вимоги, вимірювання.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	6
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	8
1.1 Характеристика умов роботи і основних процесів зношування агрегату в цілому і окремих його спряжень і деталей.....	8
1.2 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновлюваної деталі.....	10
1.3 Аналіз причин зношування деталі.....	11
1.4 Вплив основних зносів відновлюваної деталі на технічний стан спряження, якість роботи агрегату в цілому.....	13
1.5 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	13
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	15
2.1 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі.....	15
2.2 Технічні вимоги на відновлення деталі.....	16
2.3 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення основної робочої поверхні.....	17
2.4 Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі.....	19
2.5 Вибір установочних баз при виконанні технологічних операцій.....	20
2.6 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій.....	21
2.7 Розрахунок вартості відновлення деталі.....	28
2.8 Розрахунок економічного ефекту від впровадження запропонованого ТП відновлення деталі.....	29
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....	33
3.1 Конструкція та принцип роботи пристосування.....	33
3.2 Проводимо розрахунок деталей пристосування на міцність.....	38
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> .....	42
4.1 Основи електробезпеки та захист працівників.....	42
4.2 Фактори, які впливають на характер та наслідки ураження ефект. струм..	45
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	49
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b> .....	50
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Рульовий механізм автомобіля відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та керованості транспортного засобу. Один з ключових компонентів рульового механізму - вал сошки, що з'єднує рульову колонку з рульовими тягами та кермом. Вал сошки переносить крутний момент, який забезпечує рух коліс автомобіля в потрібному напрямку, дозволяючи водію керувати транспортним засобом.

Однак, через інтенсивну експлуатацію, вал сошки рульового механізму піддається зношуванню та може виникати необхідність у його відновленні. Розроблення технологічного процесу відновлення валу сошки 4310-3401082 рульового механізму автомобіля КамАЗ-55102 є важливим завданням, що передбачає розробку ефективного та надійного методу відновлення деталі з метою відновлення її робочих характеристик та подовження терміну її служби.

Технологічний процес відновлення валу сошки має на меті усунення пошкоджень та відновлення його геометричних та функціональних властивостей. В процесі розроблення такого технологічного процесу необхідно враховувати ряд факторів, таких як стан пошкодженої деталі, особливості матеріалу, вимоги до точності та міцності відновленої деталі, а також наявність необхідного обладнання та інструментів.

Детальний аналіз пошкоджень та оцінка технічного стану валу сошки є першим кроком у розробленні технологічного процесу відновлення. Застосування вимірювальних інструментів та діагностичних методів дозволяє виявити наявні дефекти, такі як тріщини, знос, корозія, або деформації. Наступним етапом є вибір оптимального методу відновлення, який може включати шліфування, вальцювання, термічну обробку або поєднання різних технологій.

Крім того, під час розроблення технологічного процесу відновлення валу сошки, необхідно враховувати вимоги до матеріалу, з якого виготовлений вал. Це може бути сталевий сплав з певними фізичними та механічними властивостями. Важливо врахувати вимоги щодо твердості, міцності, зносостійкості та здатності до змащення відновленого валу.

Контроль якості є невід'ємною частиною процесу відновлення валу сошки. Це може включати вимірювання геометричних параметрів, здійснення неруйнівного контролю, збалансування та випробування на відповідність вимогам технічного завдання.

У цьому контексті, розроблення технологічного процесу відновлення валу сошки 4310-3401082 рульового механізму автомобіля КамАЗ-55102 є складним завданням, яке вимагає ретельного дослідження, вивчення технологічних методів та використання відповідних матеріалів та обладнання. Ефективне відновлення валу сошки дозволить підвищити надійність та тривалість роботи рульового механізму автомобіля, забезпечуючи безпеку та комфорт водія та пасажирів.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Характеристика умов роботи і основних процесів зношування агрегату в цілому і окремих його спряжень і деталей

Гідропідсилювач рульового керування автомобіля КамАЗ-55102 є складним агрегатом з великою кількістю спряжень деталей. При нормальних умовах роботи, складові частини рульового механізму піддаються значним навантаженням, що спричиняє їх зношування. Однак масляне середовище, в якому вони працюють, значно уповільнює процес зношування деталей. При належному стані насосу та рульового механізму, тиск всередині гідропідсилювача знаходиться в діапазоні від 0,25 до 8,5 МПа.

Зовнішнє середовище впливає на картер рульового механізму, який виготовлений зі сірого чавуну, і спричиняє його корозію. Внутрішня циліндрична поверхня картера виконує функцію силового гідроциліндра і піддається гідроабразивному зношуванню через тертя з поршнем-рейкою вздовж діаметру циліндра. Бронзова втулка запресована в бічний отвір картера і працює в парі з валом сошки. Внаслідок значних радіальних сил втулка піддається абразивному зношуванню. Бічна кришка картера також працює в парі з валом сошки, що призводить до незначного зносу внутрішньої циліндричної поверхні. Крім того, за певних обставин (наприклад, рух автомобіля з непрацюючим гідропідсилювачем), існує велика небезпека розриву посадочних місць під підшипники кутового редуктора.

У кутового редуктора основною робочою передачею є зубчаста конічна прямозуба пара, яка практично не зазнає зношування при нормальних умовах роботи, завдяки передачі невеликого крутного моменту.

В кутовому редукторі, ведуча вал-шестерня працює в парі з веденою конічною шестернею і голчастим підшипником. Голчастий підшипник не має внутрішнього кільця, тому роль внутрішнього кільця виконує сам вал, що призводить до його зношування.

Робоча пара гвинт-кулькова гайка працює з використанням непрямого контакту (через кульки). Завдяки переважаючому тертю кочення в цій парі,



вона майже не зношується. Однак, через те, що прецизійні деталі цього механізму виготовляються з вузькими допусками, навіть незначний знос цих деталей може призвести до поломки всього рульового механізму.

Поршень-рейка складається з двох основних робочих поверхонь: зовнішньої циліндричної і зубчастої рейки. Зовнішня циліндрична поверхня контактує з картером і зазнає незначного зносу під час експлуатації. Зубчаста поверхня взаємодіє з зубчатим сектором вала сошки і, через значні контактні напруження, піддається зношуванню. Однак зношування цього з'єднання може бути регульоване в широкому діапазоні.

Вал сошки піддається значним деформаціям кручення. Деякі зноси відбуваються на циліндричних поверхнях, які служать під підшипники ковзання. Зубчатий сектор і шліци також піддаються зношуванню. Знос шліців, зазвичай, відбувається по товщині, особливо коли болти кріплення сошки недостатньо затягнуті.

Гвинт має дві основні поверхні, які підлягають зношуванню - гвинтова канавка і шліцьова поверхня. Шліцьова поверхня використовується для з'єднання гвинта з веденою шестернею кутового редуктора. Однак, оскільки осьове переміщення цих деталей не перевищує 2,2 мм, шліцьове з'єднання не піддається інтенсивному зносу.

Клапан керування співпрацює з золотником. При правильному регулюванні та використанні чистого масла, ці прецизійні деталі практично не зношуються під час нормальної роботи. У циліндричних отворах клапана керування розміщені підпружинені плунжери, які також не піддаються зношуванню за нормальних умов.

Прокружні елементи запобіжних та перепускних клапанів та плунжерів використовуються для стиску та постійно піддаються пружним деформаціям, що зазвичай не впливає на їхню нормальну роботу протягом усього періоду експлуатації.

Отже, при вчасному та належному технічному обслуговуванні компоненти гідропідсилювача рульового керування працюють у стабільному режимі та мають достатньо тривалий ресурс. Але, якщо порушуються правила експлуатації (наприклад, рух автомобілем з вимкненим гідропідсилювачем,

використання непридатної або забрудненої мастила), процеси зношування компонентів значно прискорюються, що може призвести до виходу з ладу всього рульового механізму. Особливу увагу слід звертати на якість мастила: регулярно перевіряти його рівень у бачку насоса, під час кожного технічного обслуговування-2 перевіряти стан фільтру та ступінь забруднення самого мастила. Незалежно від ступеня забруднення, мастило потрібно замінювати кожні два роки. Навіть невелика кількість абразивних частинок у мастилі може спричинити різке зношування точних деталей механізму (шпилек, гвинтових канавок, кулькових гаек, клапанів та золотників).

## 1.2 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновлюваної деталі

Виготовлення вала сошки рульового механізму автомобіля КамАЗ-55102 (деталь №4310-3401082) включає в себе її інтеграцію з зубчастим сектором як однієї цілісної одиниці (див. рис. 1.1).

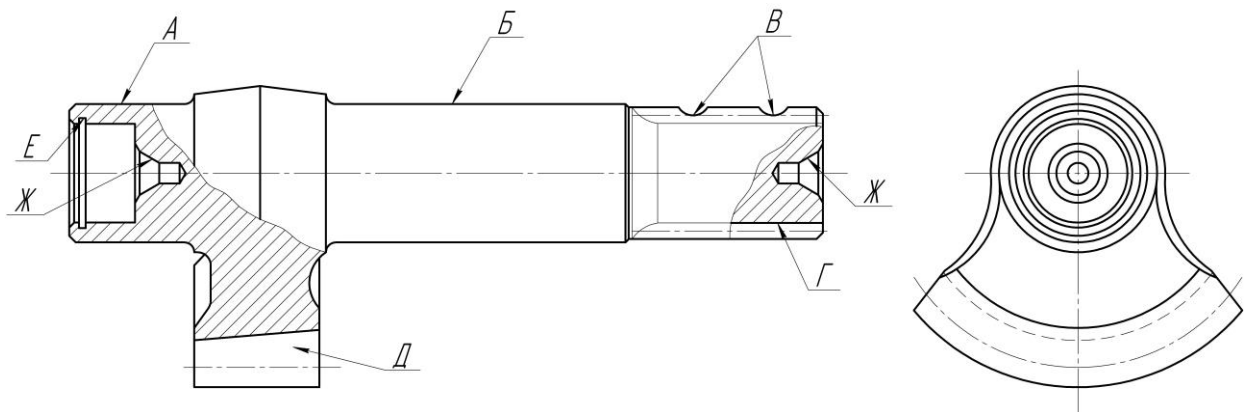


Рис. 1.1. Вал сошки рульового механізму автомобіля КамАЗ-55102

Ця деталь виготовляється зі сплаву Сталь 20ХГН4А, який піддається цементуванню на глибину від 1 до 1,4 мм, а потім має низький процес відпуску. Твердість рейкової поверхні повинна знаходитися в діапазоні HRC 25-35, тоді як твердість інших поверхонь деталі має бути в межах HRC 56-62.

Функція вала сошки полягає в перетворенні прямолінійного руху поршня-рейки на крутний рух і передачі крутного моменту до сошки рульового приводу.

Дана деталь має декілька робочих поверхонь. Циліндричні поверхні А і Б (див. рис. 1.1) є опорними поверхнями деталі і виконують роль ковзаючих підшипників разом з іншими деталями механізму. Шорсткість цих поверхонь не повинна перевищувати значення  $Ra\ 1,0$ , а некругість і взаємне радіальне биття повинні бути не більше  $0,035$  мм. Точність і шорсткість поверхні Б мають прямий вплив на інтенсивність зношування взаємозв'язаних деталей і герметичність рульового механізму.

Виточки В на шліцьовій поверхні вала мають за мету кріплення болтів сошки. Оскільки болти не контактують з валом сошки під час нормального затягування, то на поверхні В не встановлюються особливі вимоги до точності і шорсткості.

Центрові отвори Ж (В6,3 ГОСТ 14034-74) є основними поверхнями деталі і використовуються для її кріплення і базування під час виготовлення і ремонту. Відповідний стандарт містить вимоги щодо точності і шорсткості цих отворів.

Поверхню Г зі шліцем призначено для створення стійкого роз'ємного з'єднання між валом сошки та самою сошкою. Нерухомість цього шліцевого з'єднання забезпечується за допомогою затягування болтів, які фіксують верхню шліцеву головку сошки. Зубчастий сектор Д працює в контакт з поршнем-рейкою і виконує функцію передачі руху від рейки до шестерні.

Канавка Е має за мету утримання регулювального гвинта рульового механізму за допомогою стопорного кільця. Для даної поверхні не встановлюються особливі вимоги щодо точності і шорсткості.

### **1.3 Аналіз причин зношування деталі**

Опорні шийки є головними поверхнями вала сошки рульового керування, які піддаються процесу зношування. Одна з цих шийок взаємодіє з чавунною втулкою, а інша - з бронзовою.

Під час роботи механізму відбувається періодичне обертання вала сошки щодо втулок, що призводить до нормальних процесів тертя і зношування як на шийках вала, так і у втулках, в які вони встановлені.

Зношування обох шийок вала сошки відбувається через значні радіальні навантаження, які вони зазнають. Проте, шийка, що працює у контакті з бронзовою втулкою, також піддається змінному крутному моменту, що передається від зубчастого сектора до сошки. Це пояснює різницю у зносі між шийками вала сошки.

Шліци на валу сошки використовуються для фіксації сошки рульового керування і передачі крутного моменту. За умов нормальної експлуатації, коли сошка міцно прилягає до шліців, шліци не зношуються. Однак, якщо болти кріплення сошки не затягнуті достатньо сильно, може відбуватися зношування шліців по товщині. В такому випадку знос відбувається швидко через нестійку посадку сошки на шліци і змінний крутний момент, що передається через це з'єднання.

Зубчатий сектор вала сошки взаємодіє зі сталевим поршнем-рейкою і досить мало зношується його зубців. Ця зубчаста передача постійно працює в середовищі з маслом під високим тиском, що сприяє повільному зносу зубців і практично не призводить до вибракування вала сошки. Можливий невеликий знос зубців компенсується регулюванням під час технічного обслуговування, щоб забезпечити правильне зчеплення.

За нормальних умов експлуатації рульового механізму переважає рідинне тертя між його деталями, що уповільнює процес зношування. Проте, при порушенні правил експлуатації, таких як використання невідповідного мастила або перегрівання мастила під час тривалого утримання рульового колеса в крайньому положенні протягом тривалого часу (понад 15 секунд), існує висока ймовірність виникнення аномальних тертявих процесів, які призводять до значного зношування деталей. Особливу увагу слід звернути на якість і чистоту мастила, оскільки забруднення мастила продуктами зношування деталей рульового механізму або насоса може спричинити гідроабразивне зношування, особливо постраждають прецизійні пари, такі як керуючий клапан, золотник, гвинт, кульки і кулькова гайка.

#### **1.4 Вплив основних зносів відновлюваної деталі на технічний стан спряження, якість роботи агрегату в цілому**

Звичайно, зноси більшості деталей гідروпідсилювача рульового керування призводять до збільшення вільного ходу рульового колеса автомобіля. Наприклад, знос шийки вала сошки, яка взаємодіє з боковою кришкою, призводить до збільшення зазору у цьому з'єднанні, що в свою чергу призводить до збільшення вільного ходу рульового колеса.

Знос шийки вала сошки, яка працює в парі з бронзовою втулкою, також призводить до збільшення вільного ходу рульового колеса. Крім цього, він може спричинити витікання мастила з гідропідсилювача через збільшений зазор та випирання манжети вала сошки.

Знос шліців і зубів сектора також спричиняє збільшення вільного ходу рульового колеса і збільшення ударних навантажень на деталі рульового приводу.

Таким чином, знос робочих поверхонь вала сошки не спричинить повну відмову агрегата, а лише впливатиме на якість його роботи.

#### **1.5 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Після аналізу характеристик ремонтovanого агрегату, його конструктивно-технологічних особливостей, призначення і умов роботи відновлюваної деталі, було зроблено такі висновки:

При виборі методу відновлення необхідно надати пріоритет якості та фізичним властивостям відновленої поверхні, а потім звернути увагу на економічні показники. Це пояснюється тим, що відновлювана деталь є важливою складовою рульового керування та відповідає за безпеку руху автомобіля, тому будь-яке погіршення фізико-механічних властивостей деталі є неприпустимим.

Під час розбирання гідропідсилювача рульового керування виникає проблема демонтажу значної кількості підшипників. З цим у зв'язку були

поставлені такі завдання, які треба вирішити під час виконання дипломної роботи:

У технологічній частині необхідно вибрати метод відновлення, розробити технологічні процеси діагностики, розбирання, складання вузла; розробити технологічні процеси дефектування і відновлення вала сошки; створити технічну документацію для ремонту вузла; визначити норми часу для всіх операцій.

У конструкторській частині потрібно розробити конструкцію пристосування, яке спростить демонтаж підшипників під час розбирання рульового механізму.

У організаційно-економічній частині необхідно порівняти методи відновлення деталей за техніко-економічними показниками; розрахувати вартість відновлення деталі, економічний ефект від впровадження запропонованого технологічного процесу, загальну вартість ремонту вузла; описати заходи з економії матеріальних та енергетичних ресурсів.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі

Під час проведення діагностики вала сошки рульового керування автомобіля КамАЗ-55102 звертають увагу на такі характеристики деталі:

Діаметри і шорсткість опорних шийок.

Радіальне биття опорних шийок.

Товщину шліців.

Зуби сектора.

Наявність внутрішніх дефектів.

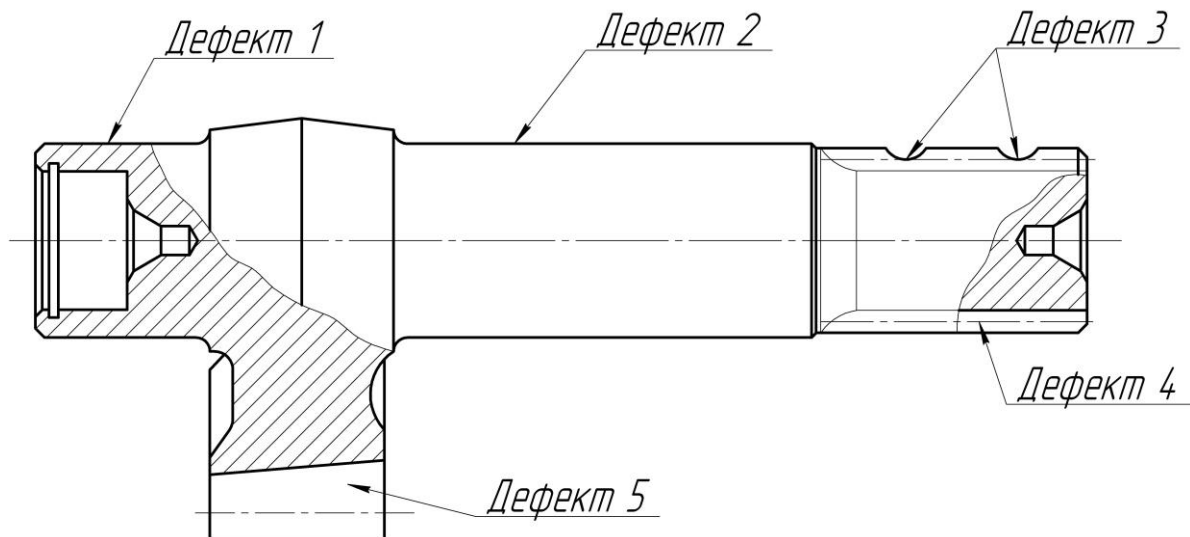


Рис. 2.1 Схема розміщення можливих дефектів на валі сошки.

Спочатку необхідно візуально оглянути деталь і перевірити наявність тріщин, сколів, задирів на робочих поверхнях та погнутості. Ці дефекти є неприпустимими, і їх виявлення призводить до відкидання деталі. Крім того, деталь може мати такі наступні дефекти (див. рис. 2.1):

Дефект 1 та 2 відносяться до зносу опорних шийок по діаметру. Контроль товщини опорних шийок здійснюється шляхом вимірювання їх діаметра в двох поясах на відстані 5-10 мм від країв робочих поверхонь вздовж двох взаємно перпендикулярних площин. Вимірювання проводиться за допомогою мікрометра МК-50 відповідно до ГОСТ 6507-78. Припустимі розміри без

потреби у ремонті такі: для шийки, яка працює в спряженні з боковою кришкою (дефект 1), - 41,880 мм; для шийки, що працює в спряженні з бронзовою втулкою (дефект 2), - 41,920 мм. Якщо знос шийок становить менше  $\varnothing 41,840$  мм, то деталь не підлягає відновленню і вибраковується.

Контроль радіального биття опорних шийок виконується за допомогою годинникового індикатора типу ИЧ-25 відповідно до ГОСТ 577-68. Індикатор встановлюється в штативі, а його ніжка послідовно впирається в контрольовані шийки. Деталь розташовується в центрах і обертається вручну. Значення радіального биття не повинно перевищувати 0,035 мм.

Дефект 3 включає знос лисок під болти кріплення сошки. Цей дефект можна виявити шляхом візуального огляду. Недопустимо будь-яке зминання лисок, оскільки це може спричинити деформацію шліців.

Дефект 4 включає знос шліців по товщині. Цей дефект можна виявити шляхом візуального огляду. Припустимий рівень зносу шліців по товщині, при якому ремонт не є необхідним, складає не більше 25%.

Дефект 5 включає знос зубів сектора. Контроль цього дефекту проводиться за допомогою штангензубоміра згідно з ГОСТ 163-41. Підлягає контролю товщина зубів. Вимірювання здійснюється в середньому перетині кожного зуба на висоті 6,45 мм. Припустимий знос зубів складає 12,400 мм. Якщо знос зубів перевищує зазначене припустиме значення, деталь вибраковується.

Для контролю наявності внутрішніх дефектів використовується ультразвуковий дефектоскоп імпульсної дії УЗД-7М.

Відсутність внутрішніх тріщин розмірами більше 0,8 мм є обов'язковою вимогою. Час, необхідний для проведення дефектування вала сошки, складає 14 хвилин, згідно з даними штучно-калькуляційного обліку.

## **2.2 Технічні вимоги на відновлення деталі**

Оскільки вал сошки відіграє важливу роль у рульовому керуванні та безпеці руху автомобіля, його якість підлягає суворим вимогам. Головним чином, необхідно уникати зміни внутрішньої структури металу та зберігати



зазначену на кресленні твердість робочих поверхонь під час відновлення даної деталі. Застосування методу нанесення розплавленого металу на зношені поверхні може задовольнити ці вимоги, якщо після відновлення буде проведено відпуск та повторне загартування.

Після виконання процедури відновлення, діаметри опорних шийок вала повинні відповідати вимогам робочого креслення і мати значення, що дорівнює  $\varnothing 42f7^{(-0,025)}_{(-0,050)}$ , шорсткість робочих поверхонь вала повинна бути не більше Ra 1.0, а наявність тріщин, сколів і задирів на шийках вала не припустима.

### **2.3 Обґрунтування вибору раціонального способу відновлення основної робочої поверхні**

Ми розробляємо технологічний процес відновлення опорної шийки вала, яка взаємодіє з бронзовою втулкою. Ця шийка представляє собою зовнішню циліндричну поверхню діаметром 42 мм і довжиною 88 мм. З одного боку вона має галтель радіусом 3 мм, а з іншого - фаску під кутом 45°. Ці робочі поверхні є основними компонентами вала сошки.

Основні можливі способи відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь включають:

**Шліфування:** Цей процес використовує абразивні інструменти, такі як шліфувальні круги, для видалення верхнього шару матеріалу і отримання потрібної гладкості та точності. Шліфування може бути виконане вручну або за допомогою спеціальних шліфувальних машин.

**Токарна обробка:** Цей метод використовує токарний верстат для відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь. В процесі токарної обробки виконується видалення матеріалу за допомогою ріжучого інструменту, що обертається, і надається необхідна форма та розмір.

**Нанесення покриття:** Цей метод використовується для відновлення зношених поверхонь шляхом нанесення покриття або покривального матеріалу на поверхню. Це може бути здійснено за допомогою різних технологій, таких

як наплавлення, напилення або нанесення покриття за допомогою хімічного осадження. Цей метод дозволяє відновити розміри та властивості поверхні.

Таблиця 2.1. Порівняння методів відновлювання деталей

Показники оцінки	Зварювання ручне			Наплавлення механізоване				Електролітичне покриття		Електромеханічне висаджування	Пластичне деформування	Обробка під ремонтний розмір	Встановлення додаткової деталі
	електродугове	газове	аргондугове	в середовищі CO <sub>2</sub>	під шаром флюсу	вібродугове	в середовищі водяної пари	хромування	залінення				
Відновлення розміру і посадки	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Ні	Обмежено
Відновлення властивостей: коефіцієнт зносостійкості коефіцієнт витривалості коефіцієнт зчеплення коефіцієнт довговічності	0,70	0,70	0,70	0,72	0,91	1,0	0,90	1,67	0,91	1,1	1,0	0,95	0,90
	0,60	0,70	0,70	0,90	0,87	0,62	0,75	0,97	0,82	1,0	0,90	0,90	0,90
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,82	0,65	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,42	0,49	0,49	0,63	0,79	0,62	0,69	1,72	0,58	0,8	0,9	0,86	0,81
Товщина покриття, мм	5	3	4	2-3	3-4	2-3	2-3	0,3	0,5	0,2	2	0,2	5
Розхід матеріалів, кг/м <sup>2</sup>	48,0	38,0	36,0	30,0	38,0	31,0	31,0	21,2	23,3	-	-	-	78
Трудомісткість відновлення, норм.-год/м <sup>2</sup>	60	72	56	28	30	32	28	34,6	18,6	9,0	36,2	16,7	148
Енергоємність відновлення, кВт·год/м <sup>2</sup>	580	280	520	256	286	234	234	124	121	188	126	97	129
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	0,016	0,014	0,018	0,036	0,033	0,031	0,036	0,038	0,054	0,072	0,028	0,06	0,007
Площа під обладнання, м <sup>2</sup>	1,7	1,8	3,0	13,6	13,6	11,2	13,6	15,2	15,2	13,0	11,7	11,0	4,0
Маса обладнання, т	0,7	0,6	0,8	7,5	7,5	6,4	7,5	4,4	4,4	2,5	7,5	6,0	2,8

Хонінгування: Цей процес використовує спеціальні абразивні інструменти, які рухаються вздовж циліндричної поверхні для полірування і поліпшення гладкості. Хонінгування дозволяє видалити нерівності та покращити паспортні характеристики поверхні.

Кожен з цих методів має свої переваги і застосовується в залежності від конкретних вимог до відновлюваної поверхні та матеріалу деталі. Вибір оптимального способу відновлення залежить від багатьох факторів, таких як стан поверхні, розміри, потреби в точності та інші технічні вимоги.

Після аналізу таблиці 2.1, розгляду конструктивно-технологічних особливостей деталі та її функцій, виявлено перевагу методу електролітичного хромування. При цьому враховувалися якісні характеристики відновленої поверхні, а не лише економічні показники. Це пояснюється тим, що вал сошки відповідає високим стандартам якості та безпеки у рульовому керуванні автомобіля.

Вал сошки є необхідною складовою частиною системи рульового керування автомобіля і відповідає безпеці руху. У зв'язку з цим, недопустимим є будь-яке зниження механічних властивостей внаслідок температурного впливу, викликаного різними методами наплавлення, а також неприпустима зміна розмірів деталі під ремонтні розміри під час її обробки.

#### **2.4 Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі**

Під час експлуатації рульового механізму виникає нерівномірне зношування опорної шийки вала сошки (кут повороту вала не перевищує  $90^\circ$ ). Крім того, відбувається переміщення металу з бронзової втулки на поверхню шийки і навпаки. Тому першочерговим завданням є відновлення правильної геометричної форми шийки вала сошки, яка має циліндричну форму. Це можна досягти за допомогою процесу шліфування.

При здійсненні електролітичного хромування використовується метод нарощування поверхні. Однак, оскільки гальванічне осадження металу не є абсолютно рівномірним процесом, необхідно передбачати додатковий матеріал для наступної механічної обробки.

Після процесу електролітичного нарощування необхідно піддати поверхню обробці для досягнення номінального діаметру  $\varnothing 42f7_{(-0,050)}^{(-0,025)}$ . Для досягнення встановленої точності можна використати чистове шліфування.

Структура технологічного процесу відновлення опорної шийки вала сошки рульового керування включатиме останню операцію - заключний контроль.

Отже, технологічний процес матиме наступну послідовність кроків:

Операція 005. Для досягнення відновленої циліндричної поверхні необхідно виконати шліфування до  $\varnothing 41,8 \pm 0,02$  мм.

Операція 010. Для досягнення розміру 42,2 мм відновленої поверхні застосовується гальванічне нарощування.

Операція 015. Для досягнення бажаного результату відновленої циліндричної поверхні застосовується шліфування.  $\varnothing 42f7_{(-0,050)}^{(-0,025)}$ .

Операція 020. Завершальна стадія контролю включає перевірку розмірів і якості відновленої поверхні.

## **2.5 Вибір установочних баз при виконанні технологічних операцій**

У конструкції вала сошки рульового керування передбачено два отвори для центрування, які використовуються для закріплення деталі під час її механічної обробки під час виготовлення. Під час шліфувальних операцій при відновленні деталі в якості опорних поверхонь також використовуються ці центрові отвори, що дозволяє досягти високої співвісності між валом і обробленою шийкою з необхідною точністю.

Під час гальванічної операції, не сама точність базування деталі є важливою, а забезпечення надійного контакту між деталлю і тримачем, який забезпечує протікання електричного струму. Найбільш підходящим для такого типу закріплення є використання шліцьового кінця вала.

## 2.6 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій

Операція 005 – Шліфувальна.

Для виконання даної операції планується використовувати круглошліфувальний верстат моделі 3М151. Для кріплення деталі використовуватимуться гладкі упорні центри з конусністю 1:10, кутом  $60^\circ$  та діаметром 80 мм згідно зі стандартом ГОСТ 18259-72. Для закріплення деталі на верстаті буде використовуватися повідковий патрон і привідний хомутик.

Проводимо вибір оптимальної глибини різання.  $t = 0,01_{\text{мм}}$ .

Розраховуємо поздовжню подачу за допомогою відповідної формули.

$$S_{\text{позд}} = \beta \cdot B, \quad (2.1)$$

$$\beta = 0,3;$$

$$B = 40 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{позд}} = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мм/об.}$$

Розраховуємо поздовжню подачу за допомогою відповідної формули.

$$L_p = l - B, \quad (2.2)$$

$$l = 88 \text{ мм.}$$

$$L_p = 88 - 40 = 48 \text{ мм.}$$

Розраховуємо потужність, що ефективно використовується під час процесу шліфування, за допомогою відповідної формули.

$$N = C_N \cdot V_o^r \cdot t^x \cdot S^y \cdot d^q, \quad (2.3)$$

$$C_N = 2,65;$$

$$r = 0,5;$$

$$x = 0,5;$$

$$y = 0,55;$$

$$q = 0,2;$$

$$V_{\delta} = 15 \text{ м/хв.};$$

$$d = 41,8 \text{ мм.}$$

$$N = 2,65 \cdot 15^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 12^{0,55} \cdot 41,8^{0,2} = 8,5 \text{ кВт.}$$

За отриманими даними, виявляється, що для виконання цієї операції підходить раніше обрана модель верстата 3М151, який має двигун з потужністю 10 кВт.

За допомогою формули ми встановлюємо необхідну частоту обертання деталі.

$$n_{\delta} = \frac{1000 \cdot V_{\delta}}{\pi \cdot d}, \quad (2.4)$$

$$n_{\delta} = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 41,8} = 115 \text{ об./хв.}$$

За допомогою формули ми встановлюємо діаметр шліфувального круга.

$$D = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_{кр}}{\pi \cdot n_{кр}}, \quad (2.5)$$

$$V_{кр} = 35 \text{ м/с};$$

$$n_{кр} = 1590 \text{ об./хв.}$$

$$D = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 1590} = 420,6 \text{ мм.}$$

Ми використовуємо круг з розмірами 420×40×220, виготовлений з матеріалу Є5 40 С1 5К відповідно до рекомендацій.

За допомогою формули ми встановлюємо основний час.

$$t_o = \frac{L_p \cdot h \cdot k}{n_{\delta} \cdot S_{нозд} \cdot S_t}, \quad (2.6)$$

$$h = 0,1 \text{ мм};$$

$$k = 1,6;$$

$$S_t = t = 0,01 \text{ мм}.$$

$$t_o = \frac{48 \cdot 0,1 \cdot 1,6}{114,3 \cdot 12 \cdot 0,01} = 0,6 \text{ хв.}$$

За допомогою формули ми визначаємо штучно-калькуляційний час.

$$t_{\text{шт.к.}} = t_o + t_{\text{дон}} + t_{\text{доод}} + \frac{T_{\text{н.з.}}}{n_n}, \quad (2.7)$$

$$t_{\text{дон}} = t_y + t_n + t_3, \quad (2.8)$$

$$t_y = 4 \text{ хв.}$$

$$t_n = 5 \text{ хв.}$$

$$t_3 = 5 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{дон}} = 4 + 5 + 5 = 14 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{доод}} = \frac{t_o \cdot k_1}{100}, \quad (2.9)$$

$$k_1 = 40;$$

$$t_{\text{доод}} = \frac{0,6 \cdot 40}{100} = 0,2 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{н.з.}} = 45 \text{ хв.}$$

$$n_n = 25 \text{ шт.}$$

$$t_{\text{шт.к.}} = 0,6 + 14 + 0,2 + \frac{45}{25} = 16,6 \text{ хв.}$$

### Операція 010. Гальванічна

Для виконання цієї операції ми обираємо автоматичну лінію АГ-24, яка включає в себе випрямляч струму ВСГ-3М-200/6 для гальванічного покриття.

Підготовка деталей до проведення операції включає механічну обробку, обезжирювання та декапірування покривальних ділянок деталей, а також ізоляцію непридатних для обробки ділянок.

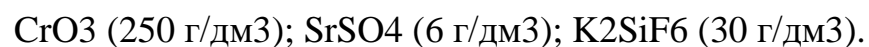
Оскільки деталі, які підлягають гальванічній операції, уже пройшли шліфування, немає потреби в додатковій механічній обробці під час підготовки їх до покриття.

Рекомендується виконувати ручне обезжирення деталей за допомогою щіток. Для цього використовують розчинник, такий як уайт-спірит. Також можна використовувати інші розчинники, такі як дихлоретан, нестильований бензин та інші.

Для ізоляції необроблюваних ділянок та кріплення струмопровідних тримачів застосовується метод, описаний на схемі у рисунку 2.2. Для цього використовують суміш цапон-лаку з нітроемаллю в співвідношенні 1:2, яка наноситься пензлем у декілька шарів та просихає на повітрі між шарами. Також використовують чохла з поліхлорвінілового пластику товщиною 0,3...0,5 мм.

Для декапірування в основному використовується електроліт. Деталі підвішуються у хромувальну ванну і прогріваються без струму протягом 1-2 хвилин, після чого вони піддаються обробці на аноді протягом 30-45 секунд при анодній щільності струму 25-35 А/дм<sup>2</sup>. Після цього, не виймаючи деталі з електроліту, змінюється полярність і наноситься покриття.

Для нанесення молочного хромового покриття використовується електроліт на водяній основі з саморегулюючими властивостями. Його склад також включає в себе:



Для забезпечення ефективного саморегулювання складу електроліту необхідно, щоб площа анодів була в 1,5-2 рази більша, ніж площа катодів.



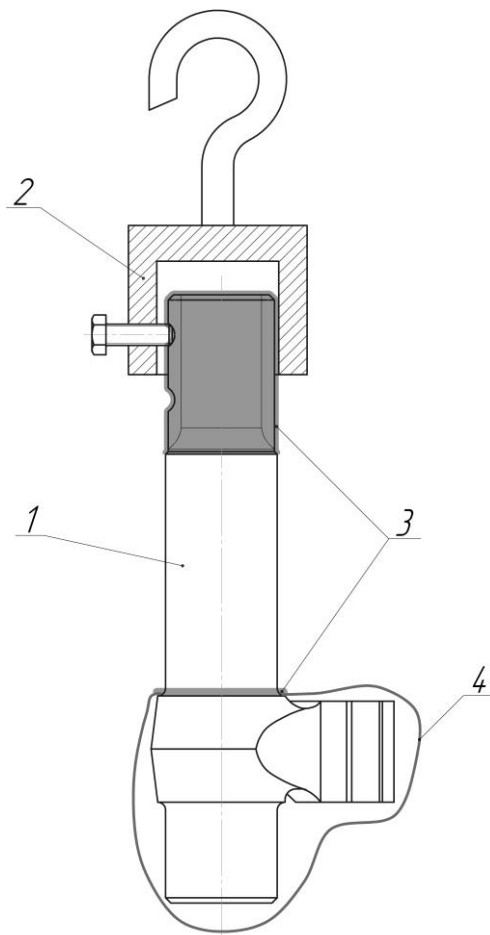


Рис. 2.2 Схема ізоляції вала сошки при хромуванні:

1 – деталь; 2 – підвісний струмопровідний гак; 3 – ізоляція з суміші цапон-лаку з нітроемаллю; 4 – ізоляційний поліхлорвініловий чохол.

Площу катодів можна визначити за допомогою наступної формули:

$$S_k = \pi \cdot d \cdot l \cdot n_n, \quad (2.10)$$

$$d = 41,8 \text{ мм};$$

$$l = 88 \text{ мм};$$

$$S_k = 3,14 \cdot 41,8 \cdot 88 \cdot 25 = 288754,4 \text{ мм}^2.$$

Таким чином, площа анодів має знаходитися в діапазоні від 433,131,6 до 577,508,8 мм<sup>2</sup>.

Для використання як аноди ми вибираємо 8 пластинок розмірами 150×200×4 мм, які виготовлені зі сплаву свинцю з додаванням сурми (6%).

Згідно рекомендацій для гальванічного покриття молочним хромом, ми обираємо наступні параметри, включаючи напругу  $U = 12\text{В}$ ; температура електроліту  $t = 60...70^\circ\text{C}$ ; щільність струму  $D_k = 50...60\text{ А/м}^2$ .

Після нанесення покриття, деталі піддаються наступній обробці: спочатку їх промивають в дистильованій воді, потім в проточній воді, а після цього занурюють на 0,5-1 хвилини в розчин кальцинованої соди з концентрацією 3-5%. Після цього виконується фінальне промивання у теплій воді. Далі, деталі знімаються з підвісних тримачів, видаляється ізоляція, і проводиться сушка в сушильній шафі при температурі 120-130 градусів Цельсія.

Основний час визначається за допомогою формули.

$$t_o = \frac{1000 \cdot 60 \cdot h \cdot \gamma}{D_k \cdot c \cdot \eta}, \quad (2.11)$$

$$h = 0,2\text{ мм};$$

$$\gamma = 7,1\text{ г/см}^3.$$

$$c = 0,324\text{ г/(А}\cdot\text{год)}.$$

$$\eta = 18\%.$$

$$t_o = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 0,2 \cdot 7,1}{55 \cdot 0,324 \cdot 18} = 265,6\text{ хв.}$$

Для визначення штучно-калькуляційного часу застосовується спеціальна формула.

$$t_{ум.к.} = \frac{1,2 \cdot t_o}{n_n \cdot k_g} k_1, \quad (2.12)$$

$$k_1 = 1,16.$$

$$k_g = 0,75.$$

$$t_{ум.к.} = \frac{1,2 \cdot 265,6}{25 \cdot 0,75} \cdot 1,16 = 19,7\text{ хв.}$$

Операція 015 – Шліфувальна.

Оскільки ця операція виконується на тій же поверхні, що й операція 005, то для її проведення використовується те саме обладнання і інструменти. Розрахунок режимів різання і норм часу проводиться відповідно.

оптимальної глибини різання.  $t = 0,01_{\text{мм}}$ .

$$S_{\text{позд}} = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мм/об.}$$

$$L_p = 88 - 40 = 48 \text{ мм.}$$

$$n_o = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 42} = 115 \text{ об./хв.}$$

$$t_o = \frac{48 \cdot 0,1 \cdot 1,6}{113,7 \cdot 12 \cdot 0,01} = 0,6 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{дон}} = 4 + 5 + 5 = 14 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{доо}} = \frac{0,6 \cdot 40}{100} = 0,2 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{ум.к.}} = 0,6 + 14 + 0,2 + \frac{45}{25} = 16,6 \text{ хв.}$$

Операція 020 – Заклучний контроль.

Проводиться перевірка розмірів та якості відновленої поверхні шляхом використання контрольного стола. Для вимірювання використовується мікрометр МК-50, що відповідає ГОСТ 6507-78. Необхідний час на виконання цієї операції  $T_{\text{ум.к.}} = 4,5 \text{ хв.}$

## 2.7 Розрахунок вартості відновлення деталі

Для визначення повної вартості відновлення деталі ми застосовуємо спеціальну формулу.

$$C_n = C_3 \cdot k_{н.в.}, \quad (5.4)$$

$$k_{н.в.} = 1,3.$$

Для розрахунку заводської вартості відновлення ми використовуємо певну формулу.

$$C_3 = \sum C_{m.c.}, \quad (5.5)$$

Для визначення технологічної собівартості кожної операції ми застосовуємо певну формулу.

$$C_{m.c.} = C_{з.п.} \cdot k_{м.в.} \cdot k_{ек.}, \quad (5.6)$$

Для визначення загальних витрат на заробітну плату виробничих працівників ми використовуємо певну формулу.

$$C_{з.п.} = \frac{l_k \cdot t_{шт.к.} \cdot \alpha \cdot k_{д.з.} \cdot k_{с.с.} \cdot \beta}{60}, \quad (5.7)$$

Розраховуємо вартість виконання шліфувальних операцій (005 і 015) в рамках технологічної собівартості.

$$C_{з.п.} = \frac{8,2 \cdot 16,6 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,02}{60} = 4,61 \text{ грн.};$$

$$C_{m.c.} = 4,61 \cdot 1,65 \cdot 1,25 = 9,51 \text{ грн.}$$

Здійснюємо розрахунок технологічної собівартості для гальванічної операції (010).

$$C_{з.п.} = \frac{9,8 \cdot 19,7 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,15}{60} = 7,37 \text{ грн.};$$

$$C_{m.c.} = 7,37 \cdot 1,8 \cdot 1,6 = 21,23 \text{ грн.}$$

Проходженням розрахунків встановлюємо технологічну собівартість для заключного контролю (020).

$$C_{з.п.} = \frac{8,2 \cdot 8,5 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,05}{60} = 2,43 \text{ грн.};$$

$$C_{m.c.} = 2,43 \cdot 1,1 \cdot 1,07 = 2,86 \text{ грн.}$$

Згідно розрахунків, сума, яку необхідно витратити на відновлення, складатиме заводську вартість.

$$C_3 = 9,51 + 21,23 + 9,51 + 2,86 = 43,11 \text{ грн.}$$

За підрахунками, сума, яка потрібна для повного відновлення деталі, буде еквівалентна повній вартості.

$$C_n = 43,11 \cdot 1,3 = 56,04 \text{ грн.}$$

## **2.8 Розрахунок економічного ефекту від впровадження запропонованого ТП відновлення деталі**

Для обчислення економічного ефекту, що виникає внаслідок впровадження запропонованого технологічного процесу відновлення, ми використовуємо наступну формулу.

$$E = C_n - C_n, \quad (5.8)$$

$$C_n = 320 \text{ грн.}$$

$$E = 320 - 56,04 = 263,96 \text{ грн.}$$

Для визначення повної вартості ремонту гідропідсилювача рульового керування автомобіля КамАЗ-55102 ми використовуємо формули. Під час проведення ремонту даного вузла потрібно виконати такі роботи:

Діагностика.

Розбірка.

Дефектування.

Відновлення.

Збірка.

Повторна діагностика.

Визначаємо вартість проведення діагностики.

$$C_{з.п.} = \frac{9,8 \cdot 75 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,4}{60} = 34,15 \text{ грн.};$$

$$C_{м.с.} = 34,15 \cdot 1,02 \cdot 1,1 = 38,32 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість процесу розбирання.

$$C_{з.п.} = \frac{8,2 \cdot 55 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,08}{60} = 16,16 \text{ грн.};$$

$$C_{м.с.} = 16,16 \cdot 1,01 \cdot 1,1 = 17,95 \text{ грн.}$$

Розраховуємо вартість проведення процедури дефектування.

$$C_{з.п.} = \frac{8,2 \cdot 14 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,02}{60} = 3,89 \text{ грн.};$$

$$C_{m.c.} = 3,89 \cdot 1,02 \cdot 1,08 = 4,29 \text{ грн.}$$

Розраховуємо вартість збирання компонентів у вузол.

$$C_{з.п.} = \frac{9,8 \cdot 80 \cdot 1,25 \cdot 1,18 \cdot 1,35 \cdot 1,1}{60} = 28,62 \text{ грн.};$$

$$C_{m.c.} = 28,62 \cdot 1,15 \cdot 1,08 = 35,55 \text{ грн.}$$

Повна вартість ремонту, яка відображає вартість виконаних робіт та використаних ресурсів, складатиме

$$C_3 = 38,32 + 17,95 + 3,89 + 43,11 + 35,55 + 38,32 = 177,14 \text{ грн.}$$

Загальна вартість відновлення даного вузла буде складати

$$C_n = 177,14 \cdot 1,3 = 230,28 \text{ грн.}$$

При відновленні деталі ти вал-сошка можуть бути застосовані різні заходи для економії матеріальних та енергетичних ресурсів. Ось деякі деталізовані заходи, які можуть бути вжиті:

**Оптимізація матеріалів:** Вибір ефективних матеріалів, які забезпечують необхідну міцність та довговічність деталі, при цьому мінімізуючи використання сировинних матеріалів.

**Використання рецикльованих матеріалів:** Використання відновлених або перероблених матеріалів замість нових може значно знизити витрати на матеріали та сприяти екологічності.

**Оптимізація процесу відновлення:** Застосування оптимальних технологічних процесів та методів для досягнення високої якості відновлення деталі, при цьому зменшуючи витрати матеріалів та енергії.

Енергоефективність: Впровадження енергоефективних технологій та обладнання, які дозволяють знизити споживання енергії під час процесу відновлення.

Використання утилізованих ресурсів: Можливе використання вторинних або утилізованих ресурсів, таких як охолоджуючі рідини або мастила, що дозволяє економити на закупівлі нових матеріалів.

Вдосконалення процесів: Визначення ефективних методів та процедур роботи, які забезпечують оптимальне використання ресурсів та мінімізацію втрат.

Ці заходи спрямовані на досягнення ефективності та економії ресурсів під час процесу відновлення деталі ти вал-сошка.



## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Конструкція та принцип роботи пристосування

Лаповий знімач (рис.3.1.) є спеціальним інструментом, який використовується для вилучення валів, роликів або інших втулок зі своїх посадкових отворів. Він має конструкцію з декількома лапками, які забезпечують рівномірний тиск на деталь під час її вилучення. До основних призначень та застосувань двох лапового знімача відносяться:

Видалення валів: Дволаповий знімач дозволяє безпечно видаляти вали з втулок або підшипникових гнізд. Він забезпечує рівномірний тиск на вал під час вилучення, що дозволяє уникнути його пошкодження.

Зняття роликів із шпильок: Лапки знімача можуть бути підібрані таким чином, щоб вони підходили до роликів на шпильках різних розмірів. Це дозволяє легко знімати ролики з їх місця без пошкодження або деформації.

Вилучення втулок: Лапки знімача також можуть бути використані для вилучення втулок з отворів, де вони тісно сидять. Вони надійно фіксують втулку і дозволяють витягнути її без надмірних зусиль.

Монтаж деталей: Помимо вилучення, дволаповий знімач також може використовуватися для монтажу деталей. Він забезпечує точне і рівномірне навантаження на деталь під час її встановлення в посадковий отвір.

Використання в ремонтних роботах: Дволаповий знімач є незамінним інструментом в автомобільному ремонті, машинобудуванні, металообробці та багатьох інших галузях, де потрібно виконувати монтажні або демонтажні роботи.

Застосування дволапового знімача дозволяє зручно та безпечно виконувати операції з видалення та монтажу деталей у різних галузях промисловості та ремонту.

Дволаповий знімач складається з наступних основних елементів:

Ручки: Це довгі вирізані металеві або пластикові рукоятки, які з'єднуються з лапками знімача. Ручки призначені для комфортного тримання та керування знімачем.

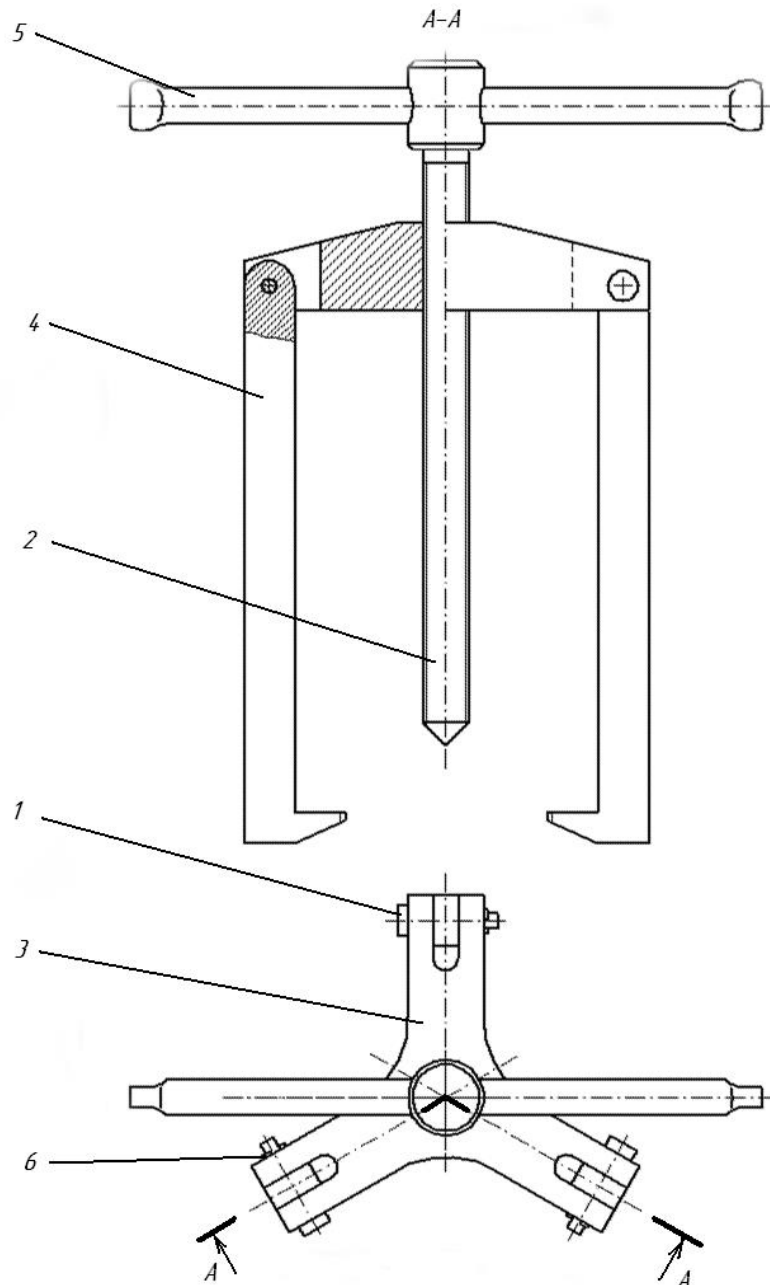


Рис. 3.1. Знімач:

1 – ввісь; 2 – гвинт силовий; 3 – основа; 4 – лапи; 5 – перекладина; 6 – штифт.

**Лапки:** Лапки є основними робочими елементами знімача. Вони можуть бути виготовлені з металу або спеціального сталевого сплаву. Лапки мають форму, яка дозволяє їм підібратися до деталей, що потребують вилучення або монтажу. Вони забезпечують рівномірний тиск на деталь під час роботи з знімачем.

**Гвинти або болти:** Ці елементи використовуються для з'єднання лапок знімача з ручками. Вони забезпечують стабільну фіксацію лапок та дозволяють регулювати відстань між ними.

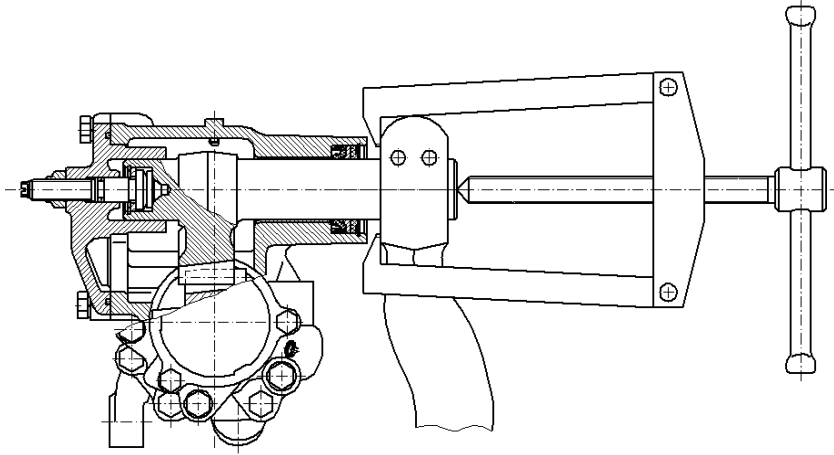


Рис. 3.2. Демонтаж сошки.

Механізм фіксації: Деякі дволапові знімачі можуть мати механізм фіксації, який дозволяє закріпити лапки в потрібному положенні. Це забезпечує стабільність та точність роботи знімача.

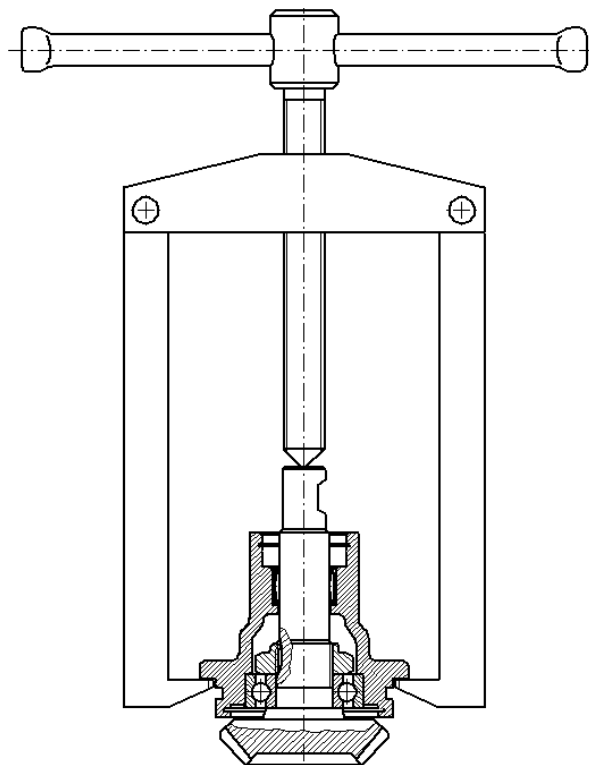


Рис. 3.3. Здійснюється видалення ведучої шестерні та підшипника із корпусу шляхом випресовування.

Додаткові елементи: Деякі моделі дволапових знімачів можуть мати додаткові функціональні елементи, такі як регульовальні механізми, захисні ковпачки або додаткові змінні лапки різних розмірів.

Важливо зазначити, що будова дволапового знімача може варіюватися залежно від його типу, розміру та виробника. Однак, загальна конструкція заснована на використанні ручок, лапок та засобів їх з'єднання.

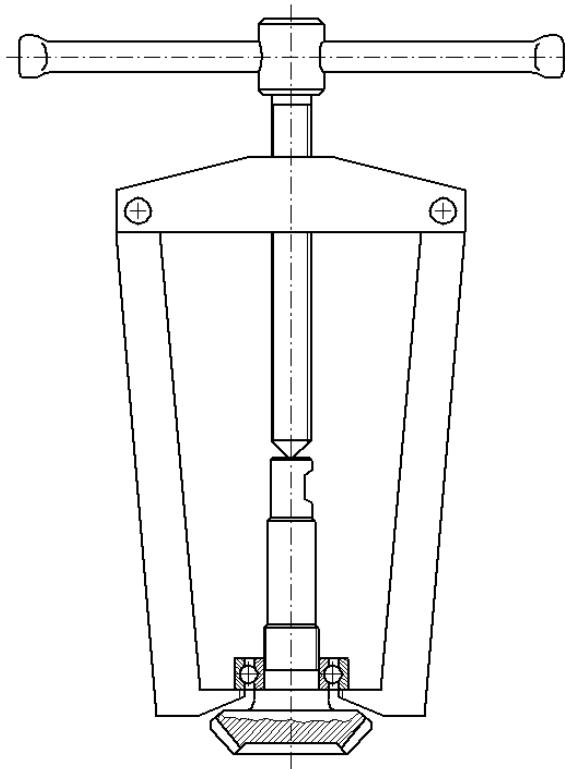


Рис. 3.4. Проводиться вилучення підшипника із шестерні ведучої редуктора кутового.

Принцип роботи дволапового знімача полягає в використанні ручок та лапок для знімання або монтажу деталей. Основний принцип полягає у захопленні деталі між лапками та використанні механічного зусилля для вилучення або установки.

Нижче наведено детальний опис принципу роботи дволапового знімача:

**Підготовка:** Спочатку розташовують ручки знімача у зручному положенні для роботи. Лапки знімача повинні бути відкриті, щоб дозволити встановлення деталі між ними.

**Захоплення деталі:** Ручки знімача стискаються разом, що призводить до замикання лапок. Лапки захоплюють деталь між собою, створюючи надійне зчеплення.

**Застосування зусилля:** За допомогою ручок знімача застосовується необхідне зусилля для знімання або установки деталі. Це може включати ручну

силу або використання додаткових інструментів, таких як пневматичні або гідравлічні системи.

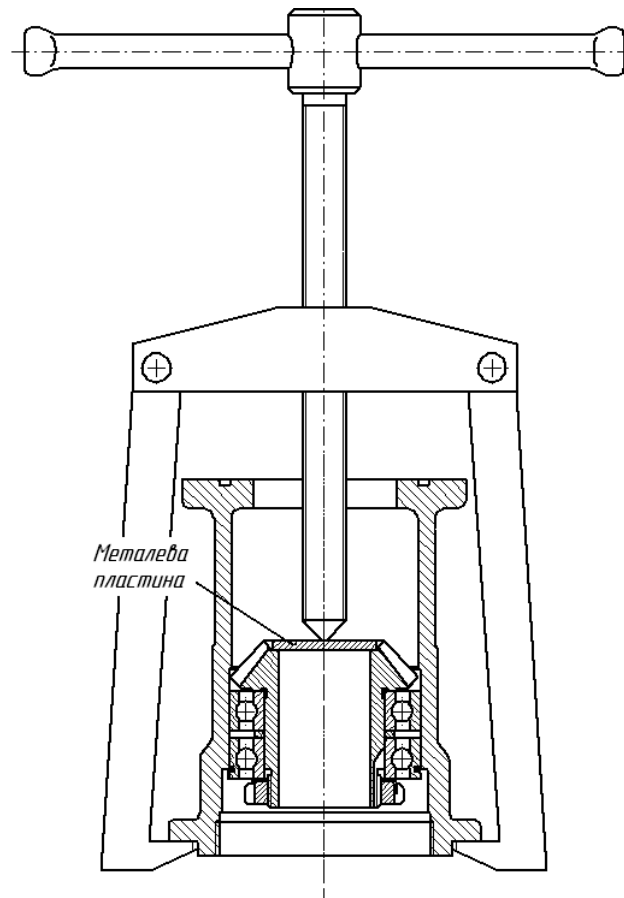


Рис. 3.5. Проводиться видалення шестерні веденої та підшипників із корпуса редуктора кутового шляхом випресування.

Вилучення або монтаж деталі: Під дією зусилля лапки знімача вилучають або устанавлюють деталь у потрібне місце. Знімач може бути використаний для зняття деталей, які сидять туго або потребують особливої точності під час монтажу.

Відпускання деталі: Після виконання необхідних дій знімач розкривається, відпускаючи деталь. Лапки розсікаються і віддаляються одна від одної, звільняючи простір для деталі.

Цей принцип роботи дволапового знімача забезпечує зручну та ефективну можливість знімання або монтажу різноманітних деталей. Застосування правильних зусиль та правильне розташування ручок забезпечує безпечну та точну роботу знімача.

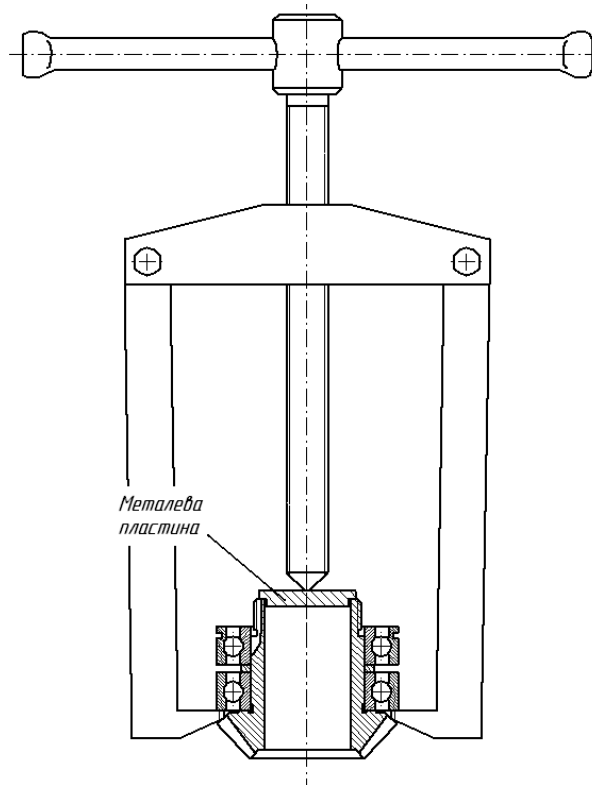


Рис. 3.6. Проводиться видалення підшипників із шестерні веденої.

### 3.2 Проводимо розрахунок деталей пристосування на міцність

Ми вважаємо, що пристрій застосовується з максимальним зусиллям, необхідним для зняття сошки, та відповідно з розрахунками, це зусилля становитиме  $F_0 = 850$  Н.

Проводимо розрахунок міцності силового гвинта із різьбою М18.

Встановлюємо діаметр розрахунковий різьби шляхом застосування формули.

$$d_p = d - 0,94 \cdot p, \quad (3.1)$$

$$d = 18 \text{ мм};$$

$$p = 1,25 \text{ мм};$$

$$d_p = 18 - 0,94 \cdot 1,25 = 16,825 \text{ мм}.$$

Визначаємо напругу стиску, використовуючи формулу, яка залежить від прикладеної сили  $F_0$ .

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{4 \cdot F_o}{\pi \cdot d_p^2}, \quad (3.2)$$

$$\sigma_{\epsilon} = \frac{4 \cdot 850}{3,14 \cdot 16,825^2} = 3,83 \text{ МПа.}$$

Визначаємо напругу кручення, використовуючи формулу, яка залежить від моменту в різьбі.

$$\tau_{\kappa} = \frac{T}{W_k} = \frac{\left(\frac{F_o \cdot d_2}{2}\right) \cdot \text{tg}(\varphi + \varphi')}{\frac{\pi \cdot d_p^3}{16}}, \quad (3.3)$$

$$\tau_{\kappa} = \frac{T}{W_k} = \frac{\left(\frac{850 \cdot 16,75}{2}\right) \cdot \text{tg}(20^{\circ}29' + 9^{\circ}50')}{\frac{3,14 \cdot 16,825^3}{16}} = 4,40 \text{ МПа.}$$

За допомогою формули ми визначаємо допустиму напругу.

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_m}{[S_m]}, \quad (3.4)$$

$$\sigma_m = 300 \text{ Н/мм}^2;$$

$$[S_m] = 3;$$

$$[\sigma_p] = \frac{300}{3} = 100 \text{ МПа.}$$

Ми визначаємо навантаження розрахункове шляхом застосування формули.

$$F_{\text{розр.}} = 1,3 \cdot F_o, \quad (3.5)$$

$$F_{розр.} = 1,3 \cdot 850 = 1105 \text{ Н.}$$

Ми визначаємо діаметр мінімальний різьби гвинту для навантаження що задається  $F_{розр.}$  за допомогою формули.

$$d_{м.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{розр.} \cdot 10}{\pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (3.6)$$

$$d_{м.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1105 \cdot 10}{3,14 \cdot 100}} = 11,86 \text{ мм.}$$

Тому що розрахований діаметр різьби  $d_p = 16,825$  мм стає більшим від мінімального  $d_{м.} = 11,86$  мм, то гвинт  $\varnothing 18$  мм може бути використаний.

Ми визначаємо мінімально допустимий діаметр осі з різьбою діаметром  $\varnothing 6$  мм за допомогою формули.

$$d_{м.} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_o \cdot k_1}{\pi \cdot [\tau_{зр.}] \cdot n}}, \quad (3.7)$$

$$F_o = 850 \text{ Н;}$$

$$k_1 = 3;$$

$$[\tau_{зр.}] = 160 \text{ МПа;}$$

$$n = 3.$$

$$d_{м.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 850 \cdot 3}{3,14 \cdot 160 \cdot 3}} = 2,6 \text{ мм.}$$

Тому що діаметр допустимий мінімального осей, розрахований із урахуванням зрізу, менший за прийнятий діаметр, то осі діаметром  $\varnothing 6$  мм можуть бути використані.



Проведемо розрахунок мінімально допустимого діаметра осі діаметром  $\varnothing 6$  мм з урахуванням змінання за формулою.

$$d_{.m} = \frac{F_o \cdot k_1}{[\sigma_{.zm}] \cdot h \cdot n}, \quad (3.8)$$

$$F_o = 850 \text{ Н};$$

$$k_1 = 3;$$

$$[\sigma_{.zm}] = 70 \text{ МПа};$$

$$h = 10 \text{ мм};$$

$$n = 3.$$

$$d_{.m} = \frac{850 \cdot 3}{70 \cdot 10 \cdot 3} = 1,21 \text{ мм}.$$

Тому що діаметр мінімально допустимих осей із розрахунку на змінання менший від прийнятого значення, можна стверджувати, що осі діаметром  $\varnothing 6$  мм підходять для використання. Тепер перейдемо до розрахунку стержнів лап на розтяг. Для цього визначимо максимальне напруження, що виникає в матеріалі лап, за допомогою відповідної формули.

$$\sigma_p = \frac{F_o}{a \cdot b \cdot n}, \quad (3.9)$$

$$F_o = 850 \text{ Н};$$

$$\sigma_p = \frac{850}{10 \cdot 20 \cdot 3} = 1,42 \text{ МПа}.$$

Тому що напруження максимальне, яке виникає у матеріалі лапи, не повинно перевищувати граничне значення, яке для Ст.5 ГОСТ 380-71 становить 520 МПа для розтягу-стиску, можна стверджувати, що розміри поперечного перетину лап відповідають вимогам міцності.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Основи електробезпеки та захист працівників

Порівняно з іншими небезпеками, електричний струм відрізняється тим, що людина не може його виявити заздалегідь за допомогою органів чуття (аналізаторів).

Початок практичного використання електричного струму пов'язаний з відкриттям у 1802 році російським фізиком В. Петровим (1761–1834) електричної дуги.

Вже у 1862 році з'явилися перші повідомлення про враження людини електричним струмом. В даний час електрострум не тільки добрий помічник людині, а й причина пожеж, вибухів та інших надзвичайних ситуацій. Щорічно в світі від електроструму гине приблизно до 25 тисяч і більше осіб.

Кількість електротравм на виробництві порівняно невелика (2-3 %) від загальної кількості виробничих травм. Однак з детальним результатом вони становлять 12–15 % від загальної кількості смертельних травм.

Статистика показує, що електротравматизм знаходиться в безпосередній залежності від рівня організації експлуатації електрогосподарства підприємства.

Електротравми відбуваються з таких причин:

- організаційні (порушення вимог правил та інструкцій, недоліки в навчанні персоналу);
- технічні (погіршення електричної ізоляції, відсутність огорожень, сигналізації та блокування, дефекти монтажу та ін);
- психофізіологічні (перевтома, невідповідність психофізіологічних показань даної професії та ін.)

Види травм, пов'язаних з дією електричної енергії на людину, можуть бути різні за тяжкістю і залежать від ряду факторів, у тому числі від: фізичного стану живого організму; емоційного та фізичного напруження; роду і частоти електроструму; шляху протікання електроструму; схеми включення тіла людини в електромережу.

Проходячи через організм людини, електричний струм чинить термічну, електролітичну і біологічну дію в організмі. Біологічна дія струму на тіло людини проявляється подразненням і порушенням живих тканин, що супроводжується мимовільним судомним скороченням м'язів легенів і серця. Це відповідні реакції організму, які обумовлені порушенням біоелектричних процесів, що протікають в організмі людини. Подразнюючу дію струму на тканини організму може бути прямим або непрямим.

Пряма дія обумовлена проходженням струму безпосередньо через тканини, які відчують подразнення. Непряма або рефлекторна дія проявляється в порушенні тканин, по яких струм не протікає.

Загроза враження електричним струмом зростає із збільшенням тривалості його впливу на людину. Опір тіла людини протіканню електроструму вже через 30 секунд зменшується приблизно на 25 %, а через 90 секунд – на 70 %.

Ураження людини електричним струмом буває двох видів:

- електротравми, які можуть бути у вигляді місцевого пошкодження тканин людини, опіків шкіри, механічних пошкоджень, засліпленні електродуги (електроофтальмія), опіку електродуги (температура більш 3500 °С). Можливі переломи кісток через сильне скорочення м'язів під дією електроструму. У місцях впливу електричного струму залишаються характерні плями на шкірі жовтого або сірого кольору;

- електроудари, які виникають при проходженні електроструму через тіло людини. При цьому змінюється склад крові, можливі розриви м'язів і нервів, що призводять до паралічів.

За тяжкістю електроудари поділяються на чотири ступені:

1-й ступінь – спазматичне скорочення м'язів без утрати свідомості;

2-й ступінь – спазматичне скорочення м'язів зі втратою свідомості;

3-й ступінь – втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності;

4-й ступінь – клінічна смерть (відсутнє дихання і серцева діяльність).

Приблизний розподіл нещасних випадків від електричного струму в промисловості за зазначеними видами травм такий: 20 % – місцеві електротравми; 25 % – електричні удари; 55 % – змішані травми, тобто

одночасно місцеві електротравми й удари. Травми обох видів часто супроводжують одна одну. Але вони різні і мають розглядатися окремо.

Характерні місцеві електротравми – це електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні пошкодження та електроофтальмія.

Електричний опік – найбільш поширена електротравма. Залежно від умов виникнення розрізняють два основних види опіків:

- струмовий (або контактний), який виникає в електроустановках з відносно невеликою напругою – не вище 2 кВ, при проходженні струму безпосередньо крізь тіло людини внаслідок контакту зі струмопровідною частиною;
- дуговий – при більш високій напрузі, як правило, утворюється електрична дуга або іскра, яка й спричиняє виникнення опіку.

Розрізняють чотири ступені опіків:

I – почервоніння шкіри; II – утворення пухирів; III – відмирання усієї товщі шкіри; IV – обвуглювання тканини.

Зазвичай тяжкість пошкодження організму при опіках визначається не ступенем опіку, а площею поверхні тіла, ураженою опіками.

Електричні знаки, які називаються ще позначками струму, це плями сірого або блідо-жовтого кольору у вигляді подряпин, невеликих ран, бородавок, мозолей на поверхні шкіри в місцях контакту зі струмопровідними частинами. Найчастіше знаки мають круглу або овальну форму і діаметр 1–5 мм із заглибленням у центрі.

Електричні знаки, як правило, є безболісними і з часом зникають.

Електрометалізація шкіри – проникнення у верхні шари шкіри дрібних частинок металу, що розплавилася під дією електричної дуги. Уражена частина шкіри має жорстку поверхню, колір якої визначається кольором сполуки металу, який потрапив у шкіру. Електрометалізація шкіри не становить небезпеки і з часом зникає, як і електричні знаки.

Електроофтальмія – запалення зовнішньої оболонки ока, роговиці та кон'юнктиви (слизової оболонки, яка покриває очне яблуко), що виникає у разі дії потужного потоку ультрафіолетових променів, які енергійно поглинаються клітинами організму і викликають у них фізичні зміни. Таке можливе при появі

електричної дуги – джерела інтенсивного випромінювання не тільки видимого світла, а й ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Зазвичай хвороба триває кілька днів. У разі ураження рогової оболонки лікування є складнішим і довготривалішим.

Клінічна смерть – короткочасний перехідний стан від життя до смерті, який настає з моменту припинення діяльності серця та легенів.

У людини, яка перебуває у стадії клінічної смерті, відсутні усі ознаки життя: вона не дихає, серце не працює, больові подразнення не викликають ніякої реакції, зіниці ока дуже розширені й не реагують на світло. Тривалість клінічної смерті визначається з моменту припинення серцевої діяльності та дихання до початку загибелі клітин кори головного мозку, у більшості випадків вона триває 4–6 хвилин.

При загибелі здорової людини від випадкової причини, наприклад, від електричного струму, тривалість клінічної смерті може становити 7–8 хвилин, а в разі смерті людини через тяжку хворобу серця, легень тощо лише кілька секунд. Проте якщо в цей період надати постраждалому допомогу, тобто штучним диханням забезпечити збагачення його крові киснем, а непрямим масажем серця налагодити в організмі штучний кровообіг і тим самим забезпечити клітини організму киснем, то розвиток смерті можна буде припинити, а життя повернути.

Біологічна, або істинна, смерть – необоротне явище, яке характеризується зупинкою біологічних процесів у клітинах та тканинах і розпадом білкових структур. Вона починається після закінчення періоду клінічної смерті.

## **4.2 Фактори, які впливають на характер та наслідки ураження електричним струмом**

Фактори, які впливають на характер та наслідки ураження електричним струмом, надзвичайно різноманітні. Їх можна поділити на три групи:

- фактори електричного характеру (напруга і струм, який проходить крізь людину, вид і частота струму, опір тіла людини електричному струму);

- фактори неелектричного характеру (особливі властивості людини, фактор уваги, тривалість дії струму, шлях струму крізь людину);
- фактори навколишнього середовища.

Фактори електричного характеру. Струм, який проходить крізь людину, є головним ушкоджуючим фактором при електротравмі. Різний за рівнем струм впливає по-різному на людину.

Людина починає відчувати дію малого струму, який проходить крізь неї: 0,6–1,5 мА при змінному струмі, частота якого 50 Гц;

5–7 мА при постійному струмі.

При збільшенні струму понад відчутний, у людини з'являються спазматичні скорочення м'язів та сильний біль у пальцях та кистях рук. Руки важко, але ще можна відірвати від електродів (в експерименті).

Цей струм – до 6–10 мА частотою 50 Гц – отримав назву відпускаючого (для постійного струму 30–40 мА).

Значення порогового невідпускаючого струму, що викликає при проходженні крізь людину незупинне спазматичне скорочення м'язів руки, яка стискає провідник, становить 11–15 мА при частоті 50 Гц та 50–80 мА при постійному струмі.

Струм понад 50 мА частотою 50 Гц при тривалій дії викликає зупинку дихання та фібриляцію серця. Ці струми отримали назву фібриляційних.

Фібриляція серця – це хаотичне різночасове скорочення волокон серцевого м'язу (фібри), коли серце не може переміщувати кров по судинах.

Струм 100 мА частотою 50 Гц вже протягом 2-3 секунд викликає фібриляцію серця та параліч дихання, тобто клінічну смерть.

Верхньою межею фібриляційного струму промислової частоти є струм 5 А. При постійному струмі пороговим (найменшим) фібриляційним буде струм 300 мА.

Струм понад 5 А як при постійній напрузі, так і при частоті 50 Гц фібриляцію серця не викликає. Внаслідок його дії виникає зупинка серця, минаючи стан фібриляції.

Сила струму  $I$ , що проходить крізь будь-яку ділянку тіла людини, залежить від прикладеної напруги  $U$  та електричного опору  $R$ , який чинить

струмові ця ділянка тіла. При цьому зі збільшенням прикладеної напруги струм зростає швидше. Це пояснюється, головним чином, нелінійністю людини чинити електричний опір.

Провідність живої тканини, на відміну від звичайних провідників, зумовлена не тільки її фізичними властивостями, а й складними біохімічними та біофізичними процесами, притаманними тільки живій матерії.

Отже, опір шкіри людини є змінною величиною, яка нелінійно залежить від багатьох факторів: її складу, щільності та площі контактів, значення прикладеної напруги, сили протікаючого струму і часу його дії. Найбільший опір чинить чиста суха непошкоджена шкіра. Збільшення площі і частоти контактів зі струмопровідними частинами знижує опір шкіри. З підвищенням прикладеної напруги опір шкіри також зменшується внаслідок пробою її верхнього шару. Зростання сили струму або часу його протікання викликає ільше нагрівання верхнього шару шкіри та інтенсивніше потовиділення у місцях контакту, що теж зменшує електричний опір шкіри.

Найбільший електричний опір має верхній роговий шар шкіри, який не містить кровоносних судин.

Опір внутрішніх органів залежить, у цілому, від прикладеної напруги.

Оскільки опір тіла людини електричному струму є нелінійним та нестабільним і вести розрахунки з такими опорами складно, дійшли висновку, що опір тіла людини становить 1000 Ом.

Найбільш небезпечним для людини є струм із частотою 20–200 Гц. Зі зниженням і підвищенням частоти небезпека ураження зменшується та цілком зникає при частоті 450–500 кГц, хоча ці високочастотні струми зберігають небезпеку опіків.

Постійний струм, який проходить крізь тіло людини, порівняно зі змінним струмом з такими ж параметрами, викликає менш неприємні відчуття. Однак це справедливо лише для напруг до 300 В.

З подальшим підвищенням напруги небезпека постійного струму зростає і в інтервалі напруг 400–600 В практично дорівнює небезпеці змінного струму з частотою 50 Гц, а при напрузі понад 600 В постійний струм є значно небезпечнішим, ніж змінний. Різкі больові відчуття при підключенні під

постійну напругу виникають у момент вмикання і розмикання кола. Вони зумовлюються струмами перехідного процесу, які викликають судомне скорочення м'язів.

Фактори неелектричного характеру. Зростання тривалості протікання струму крізь людину збільшує тяжкість ураження за таких обставин: із зростанням часу протікання струму опір тіла зменшується (за рахунок зволоження шкіри від поту), струм підвищується, з часом вичерпуються захисні сили організму, які протистоять дії електричного струму. Встановлено залежність між допустимими для людини значеннями синусоїдального струму частотою 50 Гц і тривалістю дії цього струму (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Допустимі для людини значення струму при різному часі його дії

Час протікання струму через людину, с	Допустима сила струму, мА	Опір тіла людини, Ом	Напруга на людину, В
0,2	250	700	175
0,5	100	1000	100
0,7	75	1065	80
1	65	1150	75
30	6	3000	18
понад 30	1	6000	6



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті проведених розрахунків і досліджень виявлено, що відновлення валу сошки є технічно можливим і доцільним кроком для відновлення робочих характеристик деталі. Застосування відповідних технологій та методів дозволяє забезпечити відновлення необхідних геометричних параметрів та функціональних властивостей вала.

В процесі відновлення валу сошки використовуються спеціальні технологічні операції, такі як діагностування, розбирання, дефектування, відновлення, складання та повторне діагностування. Кожна з цих операцій має свою роль у відновленні валу та забезпеченні його якісної роботи.

Важливим аспектом відновлення валу сошки є розрахунок його міцності. Застосування відповідних формул та методів дозволяє визначити необхідні параметри, такі як напруги, діаметри різьб та інші, які гарантують міцність відновленого вала та його стійкість до навантажень.

Після проведення розрахунків та аналізу, було встановлено, що відновлений вал сошки відповідає вимогам міцності та здатний забезпечити надійну роботу системи. Враховуючи гранично допустимі значення напруг та інших параметрів, можна зробити висновок про придатність відновленого вала для подальшого використання.

Отже, відновлення валу сошки є ефективним та раціональним способом відновлення його функціональних характеристик. Застосування відповідних технологій та розрахунків гарантує якісне відновлення та стабільну роботу системи сошки.

В результаті виконання досліджень та проведення робіт були отримані наступні результати:

собівартість відновлення однієї деталі – 54,04 грн.;

повна вартість ремонту вузла – 230,28 грн.;

Впровадження технологічного процесу відновлення призводить до економічного ефекту – 263,96 грн. на одну деталь або 6599,00 грн. на партію деталей з 25 шт.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

18. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.

19. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с

20. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с

21. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

22. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.