

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

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу відновлення деталей  
передньої підвіски тролейбуса Skoda 14Tr

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

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Фатихов О. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Гупка А.Б.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) Тесля В.О.  
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) Цьонь О.П.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) Бабій А.В.  
(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Фатихову Олегу Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу відновлення деталей передньої підвіски тролейбуса Skoda 14Tr

Керівник роботи Гупка Андрій Богданович., к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 червня 2022

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту передньої підвіски тролейбуса Skoda 14Tr

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)

Передня підвіска тролейбуса Skoda 14Tr – 1 лист А1

Поворотний кулак (цапфа) тролейбуса Skoda 14Tr – 1 лист А1

Деталювання – 1 лист А1

Схема установки для напилення – 1 лист А1

Схема поточного ремонту передньої підвіски тролейбуса Skoda 14Tr – 1 лист А1

Пристрій для випресовування шворнів ПВШ-50М - лист 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	11.03.2023	
2	Технологічний розділ	25.03.2023	
3	Конструкторський розділ	14.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	15.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	23.05.2023	
6	Захист бакалаврської роботи	23.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Фатихов О.В.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гупка А.Б.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

В кваліфікаційній роботі розглянуто технологічний процес відновлення поворотних кулаків ходової частини тролейбуса, також розглянуто питання по відновленню методом напилення.

В загально-технічному розділі наведено характеристику та опис тролейбуса Skoda 14Tr та передньої підвіски, приведено режими експлуатації та основних видів виходу з ладу даного вузла, наведена характеристика умов роботи.

В технологічному розділі розроблено технологічний процес ремонту передньої підвіски тролейбуса, описано методи діагностування т відновлення зношених деталей, розглянуто методи діагностики цапф передньої підвіски.

В конструкторському розділі проведені дослідження із вдосконалення пристрою для випресовування шкворнів.

В розділі “ Безпека життєдіяльності, основи охорони праці ” розглянуто питання безпеки роботи при окремих видах спеціального лиття умов безпеки устаткування.

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b>	4
<b>ЗМІСТ</b>	5
<b>ВСТУП</b>	7
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	8
1.1 Характеристика передньої підвіски тролейбуса	8
1.2 Будова та призначення передньої підвіски, загальна характеристика	11
1.3 Основні режими та механізми зношування поверхонь деталей пар тертя передньої підвіски	13
1.3.1 Опис загальних причин виходу з ладу деталей передньої підвіски	13
1.3.2 Характеристика видів зношування деталей пари тертя внутрішнє кільце - цапфа	14
1.3.3 Фізико-механічні властивості та хімічний склад сталі ШХ15	15
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	21
2.1. Розрахунок питомих тисків в зоні контакту поверхонь тертя	21
2.2 Розробка основних етапів технологічного процесу для обслуговування основного механізму шкворневого вузла	24
2.3 Вибір устаткування та оснащення для технологічного процесу діагностування	25
2.4 Технологічний процес ремонту основних вузлів тролейбуса	27
2.5 Основні етапи процесів очищення та промивання деталей	28
2.6 Структура технологічної операції по дефектуванню деталей	31
2.7 Комплектація пар тертя новими деталями в заміні зношених. Основні етапи технологічного процесу збирання основних вузлів та агрегатів.	32
2.8 Технологічний процес відновлення зношених робочих поверхонь деталей.	33
2.9 Пристрій для плазмового наплавлення зношених поверхонь.	35
2.10 Пристосування для механічного оброблення зношених поверхонь	37

2.11 Структура технологічного процесу для відновлення зношених поверхонь	37
<b>3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	47
3.1. Призначення, будова та принцип роботи пристрою для випресування шворнів тролейбусів з ручним приводом	47
3.1.1. Конструкція пристрою для випресування шворнів марки ПВШ-50 та принцип його роботи.	48
3.1.2. Порядок виконання технологічних операцій по обслуговуванню пристрою ПВШ-50.	49
3.2. Основні етапи модернізації привідного механізму	51
3.2.1. Силовий розрахунок гідроциліндра одnobічної дії.	51
3.2.2. Порядок розрахунку основних силових параметрів робочої пружини	52
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	54
4.1 Безпека роботи при окремих видах спеціального лиття	54
4.2 Умови безпеки устаткування	58
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	62
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b>	63

## ВСТУП

У сучасному світі, де сталикісні зміни в кліматі і зростаюча обтяженість дорожньої інфраструктури, необхідно знайти сталі та екологічно чисті рішення для покращення громадського транспорту. В цьому контексті актуальним стає ремонт тролейбусів, які зберігають свою популярність та відіграють важливу роль у міському транспорті.

Тролейбуси відомі своєю екологічною чистотою та низьким рівнем викидів шкідливих речовин, що є особливо важливим у світлі загрози зміни клімату та забруднення повітря. В порівнянні з автомобілями, тролейбуси працюють на електриці, що дозволяє знизити рівень шкідливих викидів і залежність від видобутку нафти та газу. Підтримка та вдосконалення тролейбусної системи стає важливим кроком у забезпеченні сталої та екологічно чистої міської транспортної системи. Окрім екологічних переваг, ремонт тролейбусів сприяє поліпшенню якості та надійності громадського транспорту.

Тролейбуси, як будь-які інші транспортні засоби, вимагають регулярного обслуговування та ремонту для забезпечення безпеки та комфорту пасажирів. Активна та своєчасна підтримка тролейбусів дозволяє зберегти їх в робочому стані, забезпечуючи громадам надійний та зручний спосіб пересування. Крім того, ремонт тролейбусів може мати економічну вигоду для міста або регіону.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Характеристика передньої підвіски тролейбуса

Для ефективної експлуатації рухомого транспорту (автомобілів, тролейбусів та ін.) особливу увагу необхідно приділяти своєчасному технічному обслуговуванню та ремонту (поточному або капітальному). Важливим є збільшення міжремонтного циклу та зменшення загальної кількості капітальних ремонтів, які суттєво впливають на економічні показники роботи підприємства.

Для забезпечення даних вимог необхідна висока надійність та довговічність основних робочих вузлів та агрегатів автотранспорту. Вирішувати дану проблему необхідно комплексно на всіх етапах, починаючи від проектування, виготовлення, стендових та експлуатаційних досліджень, розробки плану поточкових та капітальних ремонтів. Підвищення надійності машин має велике економічне значення. Для цього автомобільні підприємства, на яких проводиться технічний сервіс та обслуговування транспорту та обладнання повинні підтримувати необхідну їх працездатність та відновлення ресурсу.

Для зниження собівартості поточних та капітального ремонтів необхідна розробка сучасних високоефективних технологічних процесів відновлення та зміцнення зношених робочих поверхонь деталей, використання засобів механізації та автоматизації. Однією з відповідальних деталей ходової частини тролейбусів є передня підвіска. Відновлення даної деталі є важливою складовою всього процесу поточних та капітальних ремонтів. Використання процесу відновлення деталей є економічно вигідним, так як характеризується меншою вартістю у порівнянні із новими деталями, при цьому ресурс експлуатації відновлених деталей, практично не відрізняється від ресурсу експлуатації нових деталей.

В процесі експлуатації тролейбусів, ходова частина та її деталі зазнають великого знакоперемінного та динамічного навантаження, які



суттєво впливають на їх технічний стан та термін нормальної експлуатації. Дані процеси призводять до передчасного виходу з ладу деталей ходової частини або агрегату в цілому. Для підтримання окремих деталей, вузлів та агрегатів в належному стані, на даних підприємствах, функціонують дільниці по ремонту та технічному обслуговуванню.

В дипломній роботі запропоновано вдосконалений технологічний процес відновлення зношених деталей передньої підвіски тролейбуса ЗіУ-б для зниження собівартості ремонту, підвищення зносостійкості робочих поверхонь пар тертя, даного механізму та забезпечення необхідної довговічності в процесі експлуатації.

#### Технічна характеристика тролейбуса Skoda 14Tr

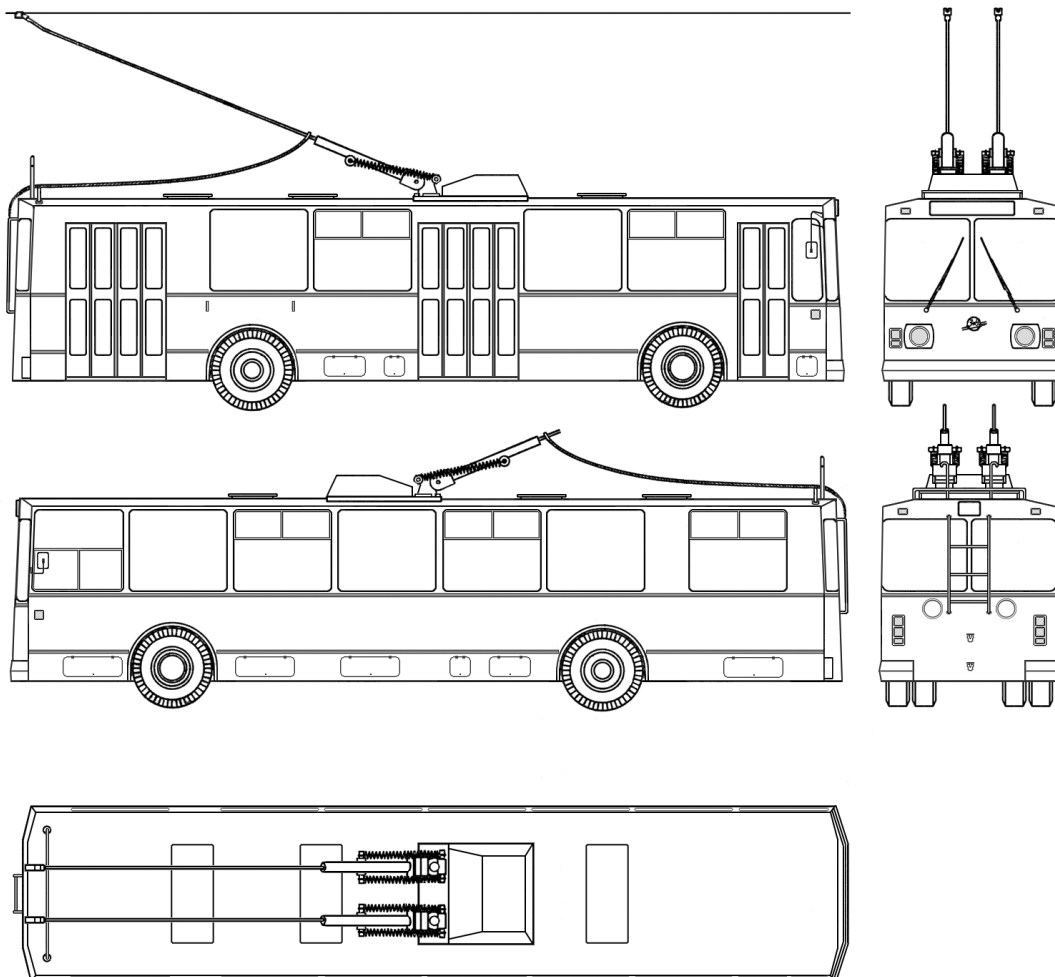


Рисунок.1.1. Загальний вигляд тролейбуса Skoda 14Tr

Тролейбус моделі Skoda 14Tr має три двері і великі площадки, що дозволяє здійснювати посадку і висадку пасажирів через одні і ті ж двері практично виключає необхідність проходу пасажирів від одних дверей до інших. В тролейбусі Skoda 14Tr більш рівномірно заповнюється площа, що надана для стоячих пасажирів.

На збільшення кількості перевезення пасажирів тролейбусами Skoda 14Tr вплинула також зміна характеристик двигуна в зоні його роботи при послабленому русі, що дало можливість збільшити швидкість руху на підйомах. Значне полегшення умов роботи водія принесли рульовий механізм і гідропідсилювач керма. Можливість мати треті двері дещо менших розмірів дозволило у тролейбусі Skoda 14Tr зменшити переднє навантаження.

Завдяки використанню пневморесорної підвіски на тролейбусі даної моделі вийшло можливим значно покращити характеристики плавності руху. Пневморесорна підвіска дозволила підтримувати на постійному рівні висоту підлоги кузова і підніжок від рівня дорожнього покриття, зробивши незалежну її від кількості пасажирів, що знаходяться у тролейбусі.

Плавний хід і легкість посадки і висадки пасажирів, раціональне планування салону, рівномірна освітленість і хороша внутрішня відділка забезпечує комфортабельну поїздку в тролейбусі Skoda 14Tr.

Технічна характеристика тролейбуса Skoda 14Tr :

Кількість пасажирських місць для сидіння	–30
Пасажиромісткість номінальна, включаючи стоячих пасажирів	– 91
Теж саме у час пік	– 126
Суха маса тролейбуса	– 10015 кг
Повна маса при номінальній пасажиромісткості	- 16490 кг
Передня осьова маса спорядженого тролейбуса	- 4563 кг
Теж саме при номінальній пасажиромісткості	- 6215 кг
Задня осьова маса спорядженого тролейбуса	- 5487 кг
Теж саме при номінальній пасажиромісткості	- 10275 кг

Площа пола розміщення стоячих пасажирів	- 11,78 кв.м
Встановлена швидкість тролейбуса при навантаженні	- 55 км/год
Найменший радіус повороту тролейбуса	- 9,4 м

## 1.2 Будова та призначення передньої підвіски, загальна характеристика

Функціональне призначення передньої підвіски тролейбуса: забезпечення пружного зв'язку між рамою, або кузовом тролейбуса з мостами та колесами; пом'якшення ударних навантажень на тролейбус в цілому під час його руху.

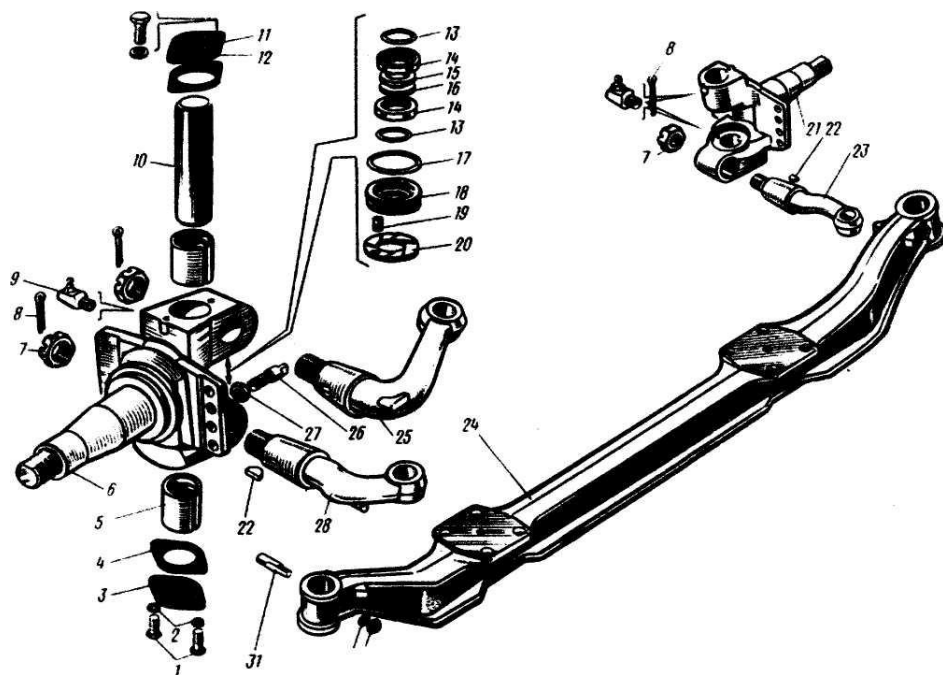


Рисунок. 1.2. Конструктивна схема передньої підвіски тролейбуса.

1 – болт для кріплення; 2,30 – пружинні шайби; 3 – кришка нижня поворотного кулака; 4 – захист кришки; 5 – шкворня; 6 – кулак лівий повертаючої передньої віссі; 7,27,29 – гайки для кріплення; 8 – шплінт; 9 – отвір для подачі мастила; 10 – шкворинь; 11 – запобіжний клапан; 12 – кришка вворотного кулака верхня; 13 – ущільнююче кільце; 14 – обійма сальника; 15 – шайба кулака; 16 – шайба для регулювання; 17 – півкільце

сальника; 18 – обойма опорного підшипника; 19 – шплінт; 20 – проставка підшипника опорного; 21 – кулак правий поворотний; 22 – шпонка сегментна; 23 – правий важіль поворотного кулака тяги рульової трапеції; 24 – балка осі передньої; 25 – важіль поворотного кулака тяги сошки рульового механізму; 26 – упор кулака поворотного; 28 – лівий важіль кулака поворотного тяги рульової трапеції .

Для забезпечення необхідних пружних властивостей підвіски, в процесі експлуатації тролейбуса, використовують спеціальні пружні елементи, які перетворюють енергію удару при наїзді коліс на нерівності дороги, а також для переміщення пружного елемента передньої підвіски, що дозволяє підвищити плавність ходу тролейбуса.

За конструктивними особливостями та характером взаємодії кузова тролейбуса та коліс, передні підвіски поділяються на незалежні та залежні. При використанні залежних підвісок забезпечується доволі жорсткий зв'язок між колесами тролейбуса, що призводить до появи нахилу кузова тролейбуса в результаті переміщення одного колеса у поперечній площині і передачі руху іншому колесу. На відміну від залежних підвісок, незалежні характеризуються повною відсутністю жорсткого зв'язку між колесами. Кожне із коліс приєднане до кузова не залежно одне від одного. Переваги незалежної підвіски: вібрації та коливання одного колеса не передається іншому; суттєво зменшується нахил кузова тролейбуса; підвищується стійкість тролейбуса в цілому під час його руху.

Складові елементи в конструкції передньої підвіски тролейбуса: пружні елементи; елементи напрямного пристрою; елементи для гасіння вібрації. В якості пружного елемента у передніх підвісках використовують, як правило листові ресори, пружини циліндричної форми, торсіони. Можуть використовуватись також і неметалеві елементи для забезпечення пружних властивостей підвіски – гума, стиснене повітря або стиснена робоча рідина.

Дані елементи менш поширені у порівнянні з металевими. Як виняток, можливе комбіноване використання перелічених пружних елементів.

Призначення напрямного пристрою передньої підвіски – передача штовхаючи, гальмівних та бокових зусиль на раму тролейбуса із сторони коліс. При використанні пружної підвіски, в якості напрямного пристрою, використовують важелі та штанги підвіски.

В якості гасильного елемента використовують амортизатори, як правило рідинного типу, які перетворюють енергію коливання (внутрішнє тертя) в теплову енергію.

### **1.3 Основні режими та механізми зношування поверхонь деталей пар тертя передньої підвіски**

#### **1.3.1 Опис загальних причин виходу з ладу деталей передньої підвіски**

При наїзді коліс тролейбуса на перешкоди, виникають відповідні деформації деталей передньої підвіски – кручення, прогин, зріз, зминання. Це призводить до деформації передньої вісі та порушення встановлення передніх коліс тролейбуса і як наслідок, інтенсивне зношення робочих поверхонь деталей пар тертя та ускладнюється керування тролейбусом. На появу підвищеного зношування протекторів шин впливає підвищений люфт у підшипникових вузлах передніх коліс та у шворнях поворотних цапф.

До основних несправностей деталей передньої підвіски відносяться: механічні поломки ресор, пружин; зменшення пружних характеристик листів ресор. Причиною інтенсивного зношування робочих поверхонь пальців та втулок ресорної підвіски є недостатнє мащення (режим граничного мащення). При витіканні гальмівної рідини, внаслідок зношених сальників, виникають несправності амортизаторів.

### **1.3.2 Характеристика видів зношування деталей пари тертя внутрішнє кільце – цапфа**

Аналіз умов експлуатації пари тертя цапфа-внутрішнє кільце підшипника підтвердив, що ведучим видом зношення являється фретинг-корозія в результаті взаємного проковзування поверхонь пар тертя при динамічному характері зміни силових параметрів навантаження.

Як результат прояву фретинг-корозії на поверхнях тертя, дисків, муфт, кілець підшипників, осяг цапф появляються виразки та продукти дії корозії. В результаті дії фретинг-корозії, в зоні фрикційного контакту, накопичуються продукти зношення у вигляді порошоків. При видаленні даних порошоків із зони тертя відбувається послаблення робочих посадок. Поява фретинг-корозії зумовлена мікропереміщеннями спряжених поверхонь деталей, внаслідок пружно-пластичної деформації деталей від дії силового навантаження, вібрації, коливань. Механічні пошкодження, які виникають на робочих поверхнях при фретинг-корозіях є концентраторами механічних напружень, які суттєво знижують границю втомливості.

Пошкоджуються робочі поверхні при фретинг-корозії внаслідок вібрації, яка виникає при роботі механізмів. Схема протікання процесу фретинг-корозії: мікропереміщення та деформація поверхневих шарів контактуючих деталей від дії дотичних напружень; корозійні процеси; інтенсивне руйнування захисних окисних плівок; поява зон чистого (вихідного) матеріалу деталей; поява містків схоплювання; руйнування містків схоплювання та адсорбція кисню на ювенільних поверхнях деталей.

Внаслідок рівноваги процесів активації та пасивації на поверхнях тертя деталей утворюються окисні плівки, в результаті їх зношування появляються окисли, які суттєво змінюють характер протікання процесів тертя та зношування. Поява продуктів зношення у вигляді окислів підвищує інтенсивність зношування внаслідок їх дії у вигляді абразиву. Процес зношування залежить від характеру зчеплення окисних плівок із вихідним

металом, параметром твердості, концентрації та дисперсності, співвідношення твердостей окислів та вихідного металу.

### 1.3.3 Фізико-механічні властивості та хімічний склад сталі ШХ15

Таблиця 1.1. Хімічний склад сталі ШХ 15

сталь	Вміст елементів в %					
	C	Cr	Mn	Si	S	P
ШХ 15	0.95-.05	1.3-1.65	0.2-0.4	0.17-0.35	0.02	0.027

Вміст нікелю не повинен перевищувати Ni-0.3% , а вміст міді Cu-0.25%

Так як підшипники кочення повинні витримувати велику кількість циклів високих контактних напружень то перед шарико-підшипниковими сталями стоять особливі вимоги по відношенню до металургійної якості: загальної і осьової пористості; газових пухирців; флокенів; ліквациї і неметалевих включень. Внаслідок чого суворо обмежуються так як виходячи на робочу поверхню , вони

служать концентраторами напружень і джерелом передчасного руйнування підшипників. Граничну кількість неметалевих включень і карбідної неоднорідності приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 1.2. – Гранична кількість неметалевих включень і карбідної неоднорідності

Сталь і діаметр перетину	Середнє арифметичне найбільше індексів по десятибальній шкалі ДСТУ1778-57.норма для 10 проб					
	оксиди	сульфіди	силікати	Глобулярні	точкові	сума

Калібрована і гарячо- катана відпалена	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	2.0
<u>D&lt;40</u>	4,0	4,0	4,0	4,0	2,5	14
<u>D&gt;40</u>						
Гарячекатана не відпалена						
<u>D&lt;120</u>	4.5	4.5	4.5	4.5	2.5	6.0
<u>D&gt;120</u>	5.0	5.0	5.0	5.0	2.5	19

Евтектоїдна точка сталі , що містить 16% нікелю зміщено в сторону меншого вмісту вуглецю до 0.7% C

Евтектоїдне перетворення протікає в температурному інтервалі , в якому має місце рівновага між феритом , карбідом і аустенітом , змінної концентрації по вуглецю , хрому. Критична точка Ac1 для сталі ШХ 15 лежить в інтервалі 735-765 градусів

Для отримання високої міцності підшипникову сталь при гартуванні нагрівають до температури вищої за температуру евтектоїдного перетворення , що забезпечує необхідну концентрацію вуглецю і хрому в твердому розчині і дуже дрібне зерно

В зв'язку з цим для підшипникових сталей набирає великого значення стан карбідної складової , яка визначає ступінь насичення твердого розчину і величину дійсного зерна при нагріві під гартування. В виробництві підшипників застосовують , як правило , сталі , що мають перед гартуванням вихідну структуру з глобулярними карбідами. Виведено умовний поділ вихідної структури по величині і характеру розподілу карбідів.

Оптимальною вихідною структурою , що забезпечує при гартуванні сукупність найбільшого насичення твердого розчину і найменшу величину зерна являється структура однорідного дрібно зернистого перліту твердістю



НБ=187-205. Загартована сталь в цьому випадку має високі пружні властивості в сукупності з відносно великою в'язкістю.

Вихідній структурі повинно відповідати визначена температура гартування. Для отримання однорідного зернистого перліту оптимальна температура нагріву під гартування сталі ШХ-15 становить 830-850 градусів

Мартенситне перетворення при початковому нагріві до температури 840 градусів протікає в інтервалі температур від +210 до -50 градусів. Це перетворення при гартуванні протікає неповністю. Кількість залишкового аустеніту що не розпався залежить від ступеня насичення твердого розчину вуглецем і хромом , що в свою чергу визначається дисперсністю вихідної структури і температури нагріву на гартування.

Критична швидкість охолодження підшипникової сталі ШХ-15 складає 35-40 градусів за секунду.

Найбільший переріз із сталі ШХ-15 . гартованої в маслі (твердість HRC>60) при вихідній структурі – зернистий перліт становить 23-25 мм. Загартована зона твердістю після гартування HRC>60 розповсюджується на глибину 10-12 мм. , що відповідає критичному діаметру при гартуванні з охолодженням в воді 45-55мм. , і при гартуванні з охолодженням в маслі 25-33мм.

Робочі поверхні деталей підшипників кочення сприймають високі знакозмінні контактні навантаження , що супроводжуються внаслідок проковзування тіл кочення із значним місцевим стиранням. В зв'язку з цим до сталі для підшипників кочення пред'являються вимоги максимального опору контактній втомі і стиранню. Ця вимога задовольняється в найбільшій степені , коли сталь володіє високою пружністю і твердістю разом з відносно високою в'язкістю.

Загартована підшипникова сталь ШХ 15 має наступні механічні властивості:

$E=21000-21500\text{кГ/мм}^2$ ;  $17\text{ П}=750-900$ ;  $\text{HRC}=60-65$   $\sigma_{0.001}=110-115\text{кГ/мм}^2$ ,  
 $\sigma_{\text{cp}}=230-260\text{кГ/мм}^2$ ,  $\sigma_{\text{вн}}=250350\text{кГ/мм}^2$  величина умовного відносного

зношення  $h = \frac{W}{FS}$  сталі ШХ 15 при твердості  $H_{RC}=58-59$  становить  $h=0.0267$

мг/мм<sup>2</sup> м

при твердості  $H_{RC}=61-62$  становить  $h=0.0240$  мг/мм<sup>2</sup> м

при навантаженні 100 кг ,площадка контакту 1,5 мм<sup>2</sup>

Шарикопідшипникова сталь в гарячому стані володіє доброю ковкістю, легко піддається деформації прокатом і висаджуванню. Допустимі ступені стиснення сталі ШХ 15 не відрізняються від таких для інших сталей.

Таблиця 1.3 - Режим гарячої деформації сталі ШХ 15

<i>Назва операції</i>	<i>Температура початку, °С</i>	<i>Температура кінця, °С</i>
Прокат	1150	880
Кування молотом		
Вільне	1100	800
В штампах	1100	850
Висаджування на кувальних машинах	1050	850
Гаряче катання		
Точне на пів гаряче штампування кілець і кульок	840	760

При кімнатній температурі реформованість сталі ШХ 15 обмежена внаслідок малої пластичності і різко зростаючих зусиль, необхідних для деформації.

Охолодження після гарячої деформації сталі повинно бути пришвидшеним (50-100<sup>0</sup>/хв). В залежності від маси виробу застосовують охолодження на повітрі в струмені стисненого повітря або розпиленої води.

Для отримання чистої поверхні при обточуванні розточуванні нарізання різьби найбільш сприятливою структурою є однорідний дрібнозернистий перліт. З твердістю  $H_B$  187-205 структура пластинчастого

перліту в відпаленій сталі погіршує якість поверхні, утруднює процес різання і як правило недопустимо.

Таблиця 1.4 - Режими термообробки сталі ШХ 15

Відпал			нормалізація	
Температура нагріву	Швидкість охолодження		Температура нагріву, °C	Швидкість охолодження <u>°C/хв</u>
	На НВ 179-189	На НВ 197-210		
790	10	25-50	900-920	50-100

Тривалість витримки складає 20-60 хв. В залежності від діаметру перерізу. Вантажопідйомність і довговічність підшипників в значній мірі визначається температурою відпуску і отриманою твердістю. Чим менша температура відпуску тим більш довговічніший підшипник.

Для виготовлення валу поворотної цапфи використовують сталь 40Х яка характеризується високою міцністю і в'язкістю ця сталь також використовується для виготовлення різноманітних навантажених деталей що піддаються гартуванню і відпуску,--валів, осей, колінчастих валів, важелів, пальців, зубчастих коліс, відповідальних болтів і шпильок.

Гаряча деформація проводиться в інтервалі температур 1200 - 800 градусів. Оброблюваність різанням добра після гартування при нормалізації з високим відпуском. Після відпалу оброблюваність різанням задовільна, зварюваність погана. Сталь володіє деякою здатністю до відпускнуї крихкості флокену чуттєвості.

Критичні точки:

$$A_{c3}=782\text{ °C} \quad A_{c1}=743\text{ °C}$$

$$A_{r3}=743\text{ °C} \quad A_{r1}=693\text{ °C}$$

Таблиця 1.5 - Здатність до відпускнуї крихкості флокену чуттєвості

марка	термообробка	Температура нагріву, °С	Середовище охолодження	б <sub>вр</sub>	б <sub>т</sub>
40Х	гартування	850	Масло + вода масло	100	85
	відпуск	550			

Таблиця 1.6. - Ударна в'язкість сталі 40Х в залежності від виду і режиму термообробки

Термообробка			Ударна в'язкість кгс/см <sup>2</sup>	
операція	Температура, °С	середовище	При t=+20°С	При t=-25 <sup>0</sup> °С
гартування	850	вода		
відпуск	650	вода	15,3	14,5
гартування	850	масло		
відпуск	650	масло	16,3	15,1
гартування	850	масло		
відпуск	580	масло	9,3	8,4

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Розрахунок питомих тисків в зоні контакту поверхонь тертя

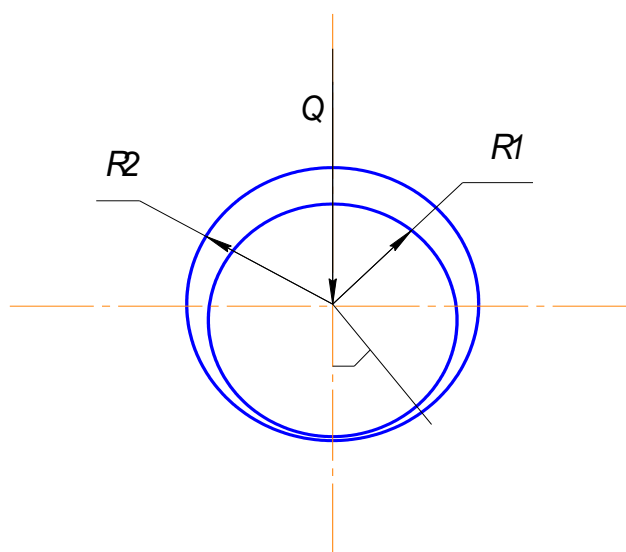


Рис. 2.1. - Схема навантаження на спрження деталей типу «Вал – Втулка»

Вихідні дані для розрахунку:

$$R_1=27.484\text{мм} , R_2=27.45\text{мм}, R_3=34\text{мм},$$

$$E_1=2.16 \cdot 10^5 , E_2=2.15 \cdot 10^5 \cdot Q=1760\text{кг}, R_1-R_2=0.016\text{мм}$$

Розрахункові залежності

1 Розподіл контактних тисків  $\sigma(\varphi)$  по куту контакту  $\pm \varphi_0$ :

$$\sigma(\varphi) = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left( \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_0} - 1 \right) \quad (2.1)$$

або

$$\bar{\sigma}(\varphi) = \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi_0} - 1, \quad (2.2)$$

Де:

$$\bar{\sigma}(\varphi) = \frac{(k_1 + k_2) \sigma(\varphi)}{\Delta}. \quad (2.3)$$

2. Максимальні контактні тиски при  $\varphi = 0$ :

$$\sigma_0 = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left( \frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right) \quad (2.4)$$

або

$$\bar{\sigma}_0 = \frac{1}{\cos \varphi_0} - 1, \quad (2.5)$$

Де:

$$\bar{\sigma}_0 = \frac{\sigma_0(k_1 + k_2)}{\Delta}. \quad (2.6)$$

3. Розподіл тисків по площадці який виражений через максимальні контактні тиски:

$$\sigma(\varphi) = \sigma_0 \frac{\cos \varphi - \cos \varphi_0}{1 - \cos \varphi_0}. \quad (2.7)$$

4. Кут контакту  $2\varphi_0$  визначається за формулою:

$$\frac{Q(k_1 + k_2)}{R_2 \Delta} = \frac{\varphi_0}{\cos \varphi_0} - \sin \varphi_0 \quad (2.8)$$

або

$$\bar{Q} = \frac{\varphi_0}{\cos \varphi_0} - \sin \varphi_0; \quad \bar{Q} \equiv \frac{Q(k_1 + k_2)}{R_2 \Delta}. \quad (2.9)$$

В залежності від необхідної точності рішення трансцендентного рівняння (1.8) щодо кута контакту  $\varphi_0$  виконуються такими способами:

1) з точністю до  $\pm 1\%$  у діапазоні кута контакту  $\varphi_0 = (10-70)^\circ$ :

$$\varphi_0 = 1,13(\bar{Q})^{1/3} - 0,13\bar{Q}; \quad (2.10)$$

2) чисельним методом рішення нелінійного рівняння на комп'ютері;

5. Усереднені коефіцієнти податливості кільцевого шару підшипника і

вала визначаються залежностями:

1) у випадку плоскої деформації (довга втулка  $L \geq (R_3 - R_2) \approx R$ ):

$$k_2 = \frac{(1 - 2\mu_2)(1 + \mu_2) \left[ \left( \frac{R_3}{R_2} \right)^2 - 1 \right] R_2}{E_2 \left[ 1 + (1 - 2\mu_2) \left( \frac{R_3}{R_2} \right)^2 \right]}; \quad (2.11)$$

2) у випадку плоского напруженого стану (коротка втулка  $L \approx R_3 - R_2$ ):

$$k_2 = \frac{(1 - \mu_2) \left[ \left( \frac{R_3}{R_2} \right) - 1 \right] R_2}{E_2 \left[ (1 + \mu_2) + (1 - \mu_2) \left( \frac{R_3}{R_2} \right)^2 \right]}. \quad (2.12)$$

Усереднений коефіцієнт податливості для вала:

- 1) при  $E_1 \gg E_2$ ,  $k_1 = 0$ ;
- 2) для плоскої деформації:

$$k_1 = \frac{(1 - 2\mu_1)(1 + \mu_1)R_1}{E_1}; \quad (2.13)$$

- 3) для плоского напруженого стану:

$$k_1 = \frac{(1 - \mu_1)R_1}{E_1}. \quad (2.14)$$

За наведеними розрахунковими залежностями знаходимо:

Коефіцієнти податливості

$$k_1 = \frac{1}{2.1 \cdot 10^5} (1 - 2 \cdot 0.3) \cdot (1 + 0.3) \cdot 27.484 = 6.6 \cdot 10^{-5}$$

$$k_2 = \frac{(1 - 2 \cdot 0.3) \cdot (1 + 0.3) \cdot \left[ \left( \frac{34}{27.45} \right)^2 \right]}{2.15 \cdot 10^5 \left[ 1 + (1 + 2 \cdot 0.3) \cdot \left( \frac{34}{27.45} \right)^2 \right]} = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ ù } ^3 / \hat{e}\tilde{a}$$

Кут контакту в спряженні за залежністю (1.10)

$$\varphi_0 = 1.13 \cdot \left( \frac{Q \cdot (k_1 + k_2)}{R_2 \cdot \Delta} \right)^{\frac{1}{3}} - 0.13 \cdot \left( \frac{Q \cdot (k_1 + k_2)}{R_2 \cdot \Delta} \right)$$

$$\varphi_0 = 1.13 \cdot \left( \frac{1760 \cdot (6.6 \cdot 10^{-5} + 1.8 \cdot 10^{-5})}{27.45 \cdot 0.016} \right)^{\frac{1}{3}} - 0.13 \cdot \left( \frac{1760(6.6 \cdot 10^{-5} + 1.8 \cdot 10^{-5})}{27.45 \cdot 0.016} \right) = 0.152$$

Контактний тиск який сприймається парю тертя:

$$\sigma_0 = \frac{0.016}{6.6 \cdot 10^{-5} + 1.8 \cdot 10^{-5}} \left( \frac{1}{\cos 0.152} - 1 \right) = 0.759 \text{ кг/мм}^2$$

## 2.2 Розробка основних етапів технологічного процесу для обслуговування основного механізму шкворневого вузла

Після проведення робіт із усунення люфтів і зеднання шворнів і підшипників маточини коліс встановлюють за допомогою діагностики та регулювання кути керованих коліс за допомогою спеціалізованих стендів і приладів. Стенди за своєю конструкцією поділяються на механічні, оптико-електричні, рідинні. Найбільш розповсюдженні прилади для визначення кутів розвалу керованих коліс мають оптичні прилади (рисунок 2.2).

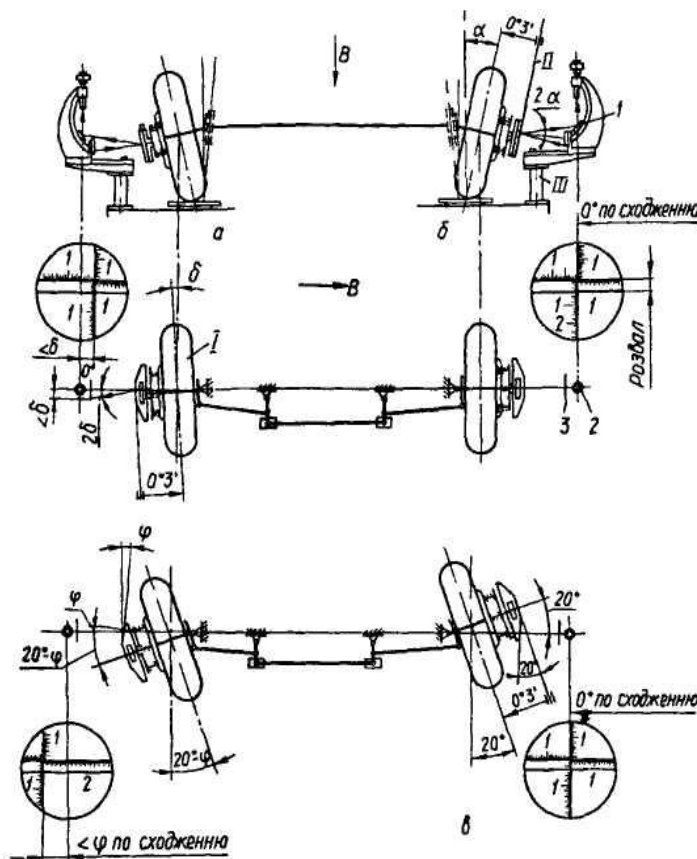


Рисунок. 2.2 Конструктивна схема перевірки встановлення кутів розвалу-сходження коліс тролейбуса

а – принцип визначення параметрів сходження коліс; б - принцип визначення параметрів розвалу коліс; в - принцип визначення параметрів і кутів повороту коліс; I - площина провертання колеса; II - площина огляду колеса; III – площина вимірювальної шкали; 1 – центральне дзеркало мікроскопа; 2 - лінза мікроскопа; 3 - вимірювальна шкала мікроскопа.



Для визначення кутів нахилу даним стендом, дзеркальні відбивачі встановлюють паралельно до площини колеса. При відсутності правильного розвалу-сходження, зображення яке знаходиться на приладі накладають на стаціонарне перехрестя окуляра. Для виставлення розвалу коліс, шкала пересувається вертикально, а при сходженні – горизонтально. Показники фіксуються відповідно розвалу та сходженні коліс.

### 2.3 Вибір устаткування та оснащення для технологічного процесу діагностування

Основними несправностями передніх мостів є: деформація балки, вихід з ладу шворневих з'єднань, посадкових місць кулаків балки, підшипників. Всі вище сказані пошкодження впливають на експлуатаційні показники тролебува, і тягнуть за собою додаткові пошкодження.

При проходженні ТО та діагностуванні даних пошкоджень необхідно провести відповідні операції для їх усунення. Для цього потрібно дізнатись радіальні та осьові люфти з'єднань, кути керованих коліс, зміну зазорів у підшипникових вузлах.

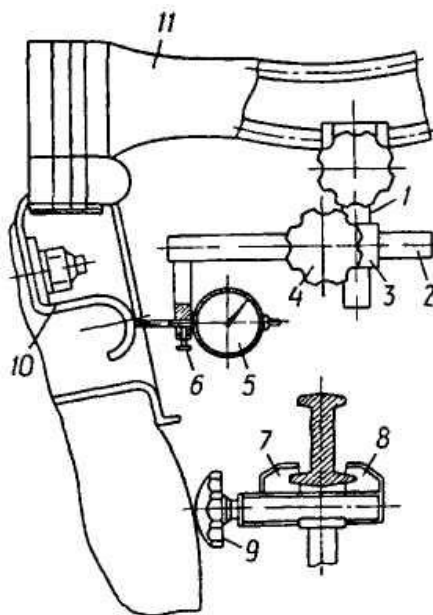


Рисунок. 2.3 Схема контрольного пристрою для визначення величини зазорів у шворневих з'єднаннях:

1 - стійка; 2 - штанга; 3 – вимірювальний пристрій; 4 - механізм затиску шарніра; 5 – контрольний пристрій; 6 – робочий гвинт; 7, 8 - губки прижиму для фіксації контрольного пристрою на балці передньої підвски; 9 – механізм затиску; 10 - гальмівний диск; 11 - балка передньої підвски

Для діагностування сходження коліс при його відсутності проводиться за допомогою спеціальних лінійок. Лінійка встановлюється попереду моста. Стояки 1 та 5 встановлюють на потрібній відстані один відносно іншого, при відпущеному затискачі 3, при умові, що полоска на внутрішній трубці 4 (колія) накладається і краєм іншої труби 2. При збіганні дану позицію віксують затискачем 3. Стрілку 6 встановлюють на початкову поділку шкали та на бокові шини міліметричним гвинтом 8, за допомогою ручки 7. Після перекочення тролейбуса дану лінійку переміщують в місце заді передньої осі. За допомогою міліметричного гвинта 8. При допомозі стрілки 6, проводять вимірювання сходження коліс.

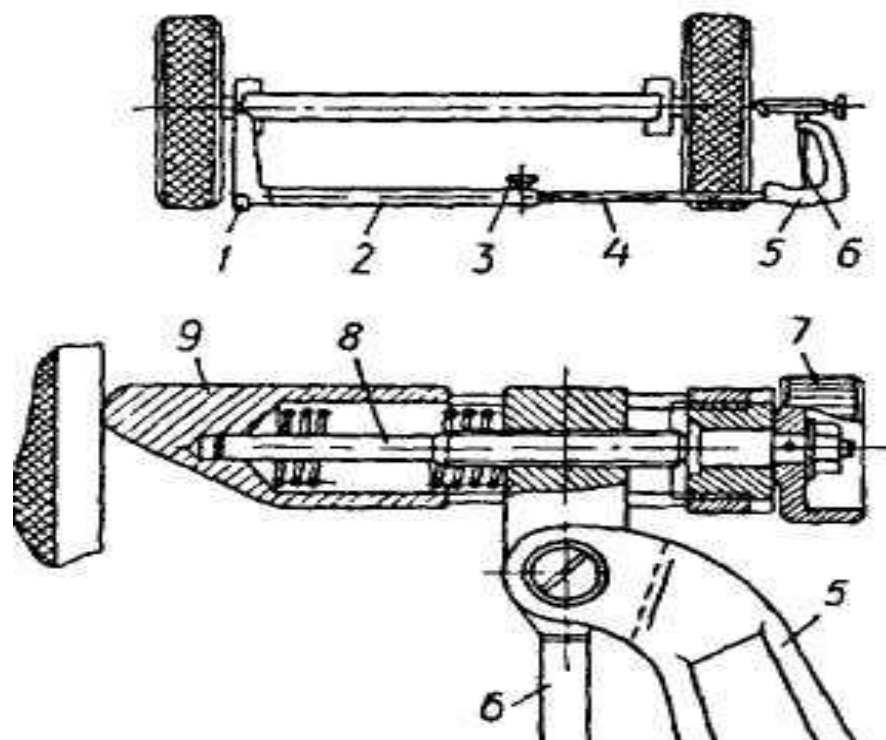


Рисунок. 2.4 Індикатори вимірювальні 401,І-402 для визначення параметрів сходження коліс передніх

## **2.4 Технологічний процес основних вузлів тролейбуса**

Процес розбирання – це сукупність операцій, призначених для роз'єднання об'єктів ремонту (на розбірні одиниці деталі, у визначеній технологічній послідовності. Трудомісткість розбірних робіт в процесі ремонту займає 10...15% від загальної трудомісткості ремонту. Кінцевим продуктом цього процесу є деталь, в даному випадку шворінь. Основним завданням під час розбирання є максимальне збереження деталей. Розбирання призначене для відділення деталей одна від одної, що дає потім можливість доступу до самої деталі, можливість її мити, дефектувати, проводити різні операції та відновлювати.

Під організацією робочого місця розуміється правильна розстановка обладнання, найвигідніше розташування інструменту на робочому місці. Основним елементом організації робочого місця являється його планування, розташування його відносно других робочих місць, відносно обладнання, пристроїв, інструментів, місцерозташування робітника.

Укомплектування обладнання, пристрої та інструменти повинні бути розташовані на відстані витягнутої руки, їх слідує розташовувати в суворій послідовності їх застосування, а не розкидати і не накладати один на одного. Ріжучі інструменти слідує складати на дерев'яних підставках. Знімачі повинні лежати на своїх місцях. Молотки, плоскогубці, пробої, кийки, різні ключі та інший розбиральний інструмент має своє місце і призначення. Є також і різні установки, пристрої, підставки для розбирання, що полегшують роботу робітника.

## **2.5 Основні етапи процесів очищення та промивання деталей**

Миття і очищення забезпечує якість дефектації деталей і правильне визначення дефектів. При митті і очищенні ми можемо бачити деталь без забруднення, що дає велику можливість оцінити її. Миття і очищення

призначене: як вже було сказано для якісної дефектації деталей, правильне їх визначення, дає можливість роботи з деталями по їх відновленню і підвищенню зносостійкості. Найбільше поширені по всіх процесах миття і очищення отримали синтетичні миючі засоби (СМЗ).

Аерол – кремнієподібна маса від білого до світло-жовтого кольору (рН=7,0...8,5). Склад по масі: 12...13% карбоната натрію, 25...30% пасти ДМС, 18...20% синтетичних жирних кислот і вода. Застосовується для миття і очищення деталі. Очистка деталі проводиться в ваннах і миючих машинах. Концентрація розчину становить 80 г/л. Після очищення поверхні деталей промиваємо водою.

Анкрас – порошок від білого до світло-жовтого кольору. Складається з органічного розчинника і наповнювача. Використовується для тих же цілей, що і аерол.

МС-6 – зернистий порошок від білого до світлого-жовтого кольору (рН=11,5...12,2). Склад розчину (% по масі): синтанол ДС-10 – 6, триполіфосфат натрію – 25, метасилікат натрію – 6,5, карбоси.

МС-8 – зернистий порошок світло-жовтого кольору (рН=11,5...12,2). Склад розчину (% по масі): синтамід – 5...8, триполіфосфат натрію – 25, метасилікат натрію – 6,5, карбонат натрію – 32...36, вода – до 100. Використовується у вигляді підігрітих до 75...80<sup>0</sup>С водяних розчинів в концентраціях: 25...30 г/л.

Темп-100 – сипучий порошок від білого до світлого-жовтого кольору. Склад розчину (% по масі): синтанол ДС-10 – чи ДТ-7 – 1,5, оксифос чи естефат – 0,5, тринатрійфосфат – 20 (чи динатрій фосфат – 25), триполіфосфат натрію – 15, метасилікат натрію – 100. Робоча концентрація розчину – 5...20 г/л, очистка проводиться при температурі 70...85<sup>0</sup>С. В розчин вводиться інгібітор корозії. Цей препарат порівняно з СМС Лобомід-101 забезпечує більш високу якість очистки при скороченні часу очистки на 20...30%, що знижує затрати енергії на виконання технологічного процесу.

Термос-1 – розчин, яку отримуємо змішуванням компонентів (% по масі): уайт-спирт – 40, ОП-4 – 10, ОП-7 – 1, сульфонат – 0,2, вода – до 100. Робочим розчином являється розчин вказаних сполук (10...12 г/л) в дизельному паливі. Деталь витримують в проміжку 20...40 хв при 40...60°С, далі наш шворінь полощемо водним розчином триполіфосфат натрію ( 1...5 г/л ) при 40...50°С.

Емульсин – речовина, яку отримують змішуванням компонентів (% по масі): ПАВ ОС-20 – 7...10 і ОП-4 – 10...12, вода – 5...7, керосин – до 100.

Таблиця 2.2 Технічні характеристики струйних камерних машин

Показник	ОМ-4610	ОМ-22611	ОМ-366Г	ОМ-5342
Продуктивність, т/год.	0,6	1,0	2,4	2,0
Встановлена потужність, кВт.	7	33	30	46,7
Робоча температура миючого розчину, м <sup>3</sup> .	75...85	75...85	75...85	75...85
Об'єм ванни для миючого розчину, м <sup>3</sup> .	0,6	3,0	1,2	40
Габаритні розміри в плані, мм.	2300x1800	2510x4765	4200x3000	5300x2850
маса, кг.	1100	2720	2000	8700

Таблиця 2.3 Технічні характеристики струйних конвеєрних миючих машин

Показник	ОМ-11501	ОМ-4267М	ОМ-9313
Продуктивність, т/год.	2...2,5	4...16	4,5...18
Швидкість конвеєра, м/хв.	0,34	0,21...0,85	0,3...1,4
Встановлена потужність, кВт.	49	62,3	45
Габаритні розміри в плані, мм.	6500x3300	9600x3000	10000x1750

По енергозатратах струйні машини значно уступають осадженим. Осаджені ділять на ванні і роторні.

Таблиця 2.4 Технічні характеристики роторних миючих машин

Показник	ОМ-12376	ОМ-15429	ОМ-15433
Продуктивність, т/год.	9,6	5,0	3,2
Встановлена потужність, кВт.	31	21	7
Затрати пару, кг/год.	400	300	130
Розмір деталей що очищуються, мм.	2200x1100x1200	1200x1000x1000	600x600x600
Габаритні розміри в плані, мм.	7200x5900	7220x4700	5970x2950
Маса, кг.	15600	12000	5000

Є також ще циркуляційні, в розплаві солей, для гідрообразної очистки, для очистки деталі кістковою крошкою, ультразвукові машини. Миють також і в ваннах.

Таблиця 2.5. Технічні характеристики комбінованих миючих машин

Показник	ОМ-9318	ОМ-7421	ОМ-333М	ОМ-5671
Продуктивність, т/год.	2	4	12	2,5
Задана потужність, кВт.	53,6	70	200	5
Витрати пари, кг/год.	0,35	0,4	0,55	0,25
Об'єм в баку для розчину, м <sup>3</sup> .	6,9	20	23	5,8
Розміри деталей, які миються, мм.	840x750x x550	1500x800 x700	1700x700 x1000	850x50 X950
Основні розміри н плані, мм.	6100x3000	10200x3800	13070x3600	12000x2100
Маса, кг.	8300	17200	47500	6000

## 2.6 Структура технологічної операції по дефектуванню деталей

Дефект – це кожна окрема невідповідність деталі, яка встановлена в нормальній документації. Дефекти діляться: по можливості виправлення: які можна виправити і які неможна виправити; по місці розміщення: локальні (тріщини, риски), дефекти по всьому об'ємі чи по всій поверхні (невідповідність хімічного складу, якості механічної обробки). Є внутрішні і зовнішні; по відображенню в нормативній документації: скриті і не скриті; по причинах виникнення: конструктивні, виробничі, експлуатаційні.

Призначення дефектації в тому, що після її проведення ми можемо судити про несправність деталі, виникнення цієї несправності і можливість її виправлення, також яка ця несправність, як вона виникла та про стан цієї деталі, в нашому випадку шворня.

Електромагнітний метод застосовується для дефектації деталей виготовлених з електропровідних деталей. Він дозволяє виявити поверхневі і під поверхневі дефекти глибиною 0,1...0,2 мм на різній глибині. Електромагнітну дефектацію виконують за допомогою електромагнітного перетворювача, який представляє собою масивний олівець.

## **2.7 Комплектація пар тертя новими деталями в заміні зношених. Основні етапи технологічного процесу збирання основних вузлів та агрегатів**

Заміна деталей проходить тих, які вже не підлягають ремонту і відновленню. Комплектування – частина виробничого процесу, яка виконується перед збиранням і призначена для забезпечення непереривності і підвищення прогресу процесу зборки, для ритмічного випуску виробу, який потребує стабільного рівня якості і зниження трудоемності і зменшення вартості збиральних робіт.

Збирання з'єднань з підшипником ковзання проходить при запресовці підшипника ковзання зовнішні і внутрішні розміри змінюються: внутрішній збільшується, а зовнішній зменшується. Ці зміни викликають зменшення діаметрального зазору між робочими поверхнями. Внутрішнє кільце підшипника, спряжене шворнем, повинно мати посадку з натягом, а зовнішнє – з великим зазором так, що кільце мало можливість при роботі повертатися.

Види збирання: по об'єкту збирання - вузлова і загальна; по послідовності збирання - послідовна (операції проходять одна за другою), паралельна (операції проходять одночасно), послідовно-паралельна; по рівню механізації і автоматизації - ручна, механізована, автоматизована, автоматична; по стану об'єкта збирання - стаціонарна (нерухома) і рухома; по організації виробництва - типова поточна, групову (поточну і не поточну), одинична.



Після збирання проводиться контроль: комплектності деталей і збиральних одиниць; точності посадок і взаємного розташування спряжень деталей і збиральних одиниць; використання однойменних розмірних груп спряжень деталей при зборці методом групової взаємозаміни; виконання технологічних вимог по збиранню, регулюванню, припрацюванню і дослідженню виробу.

## **2.8 Технологічний процес відновлення зношених робочих поверхонь деталей**

При існуючому методі відновлення посадочних місць під підшипники ведучого цапфи витрачається значна кількість дорогого матеріалу та електроліту, що в умовах серійного ремонту ведучих валів робить таке відновлення цапфи економічно не вигідним, і в решті решт збитковим. Цю проблему можна вирішити при відновленні валів одним з прогресивних методів відновлення деталей машин. Цими методами є газополуменеве та плазмове напилення.

Розглянемо переваги і недоліки кожного з цих методів і виберемо найбільш техніко-економічно вигідний.

Сутність процесу напилення полягає в нанесенні на зношену поверхню деталі розплавленого металу. При даному процесі краплі розплавленого металу контактують із поверхнею в пластичному стані при великій швидкості нанесення, проникаючи в пори та нерівності поверхні, утворюючи захисне покриття. Реалізується даний спосіб з використанням спеціальних установок, в яких розплавляється метал від дії плазмової дуги, а процес розпилення відбувається при дії струменя стиснутого повітря. До переваг даного способу відноситься: висока продуктивність процесу; висока температура плазмової дуги; використання тугоплавких сплавів; простота конструкції обладнання для напилення поверхонь; значний діапазон режимів

напилення; можливість відновлення поверхонь різних розмірів, форм та структури матеріалу.

До недоліків даного процесу можна віднести можливе окислення металу; деяке вигорання легуючих елементів; невисока продуктивність процесу. Для напилення, як правило використовують порошки металів. Після нанесення покриття на поверхню деталі проводять її механічну обробку під заданий розмір.

Із двох найбільш поширених методів відновлення зношеної поверхні деталі – плазмового напилення та газополуменевого вибрано метод плазмового напилення. Критеріями вибору даного методу послужили також інші його переваги: незначні експлуатаційні витрати; незначний нагрів відновлюваної робочої поверхні деталі.

Одним із критеріїв вибору матеріалу для покриття є твердість покриття, яка впливає на зносостійкість поверхні деталі. Крім цього необхідна спеціальна підготовка поверхні деталі під наплавлення. Для забезпечення міцного зщеплення нанесеного покриття з поверхнею деталі, необхідна доволі висока шорсткість поверхні. Впливають на даний процес також температура нагріву та швидкість руху металічних частинок до поверхні деталі.

Напилення поверхонь деталей проходить з використанням проволоч із сталей марок 10, 15, 45, 50, У7, У8, У10, 12Х18Н10Т, а для забезпечення більш зносостійких покриттів використовують марки проволоч Нп-40, Нп-30ХГСА, Нп-30Х13. При використанні плазмового методу наплавлення використовують наступні порошкові проволоки ПП-АН122, ПП-АН133-П, ПП-АН125, ПП-АН170.

При плазмено-дуговому методі, для нанесення покриттів, використовують спеціальну проволоку із вмістом вуглецю 0,3...0,8%. Для відновлення зношеної поверхні цапфи використовують сталеву проволоку марки Нп-30ХГСА, яка забезпечує твердість наплавленої поверхні HRC40. При використанні проволоч марки ПП-АН170 забезпечуються підвищені

механічні властивості наплавленої поверхні. Для даного випадку приймаємо в якості наплавочного матеріалу порошкову проволочку марки ПП-АН170 та установку УД 417.УХ14, а для наплавки поверхні отвору під роликовий підшипник – проволочку марки Нп-30ХГСА та установку УН-126М.

## **2.9 Пристрій для плазмового наплавлення зношених поверхонь.**

Автомат призначений для плазмового наплавлення порошковими матеріалами зовнішніх поверхонь циліндричних виробів, *Короткий опис.* Автомат складається з наплавочної головки, пульта керування і джерела живлення. Наплавочна головка містить механізм підйому, на Г-подібній штанзі якого встановлено пульт керування і двохкоординатний супутник з закріпленням на його каретці коливальним пристроєм. На важелі коливального пристрою встановлено плазмотрон. Всередині пульта керування знаходиться система газорозподілення і живильник-дозатор барабанного типу для подачі порошкового матеріалу.

При наплавлюванні в плазмотроні збуджується непряма дуга між електродом і внутрішнім соплом, основна дуга - між електродом і виробом. Плазмостворюючий газ, який надходить у внутрішнє сопло, стискує і стабілізує основну дугу, в результаті чого різко підвищується тепловміст дугової плазми. Присадочний порошок вдувається транспортуючим газом в дугу по зазору між внутрішнім і проміжним соплами. Плазмовий струмінь плавить порошок і переносить його на оплавлену поверхню виробу.

Автомат може працювати зі зварювальним випрямлячем ВДУ-504 або з іншими джерелами, які мають аналогічні технічні характеристики.

Для переобладнання наплавлювання з використанням наплавлювальної проволочки застосуємо автомат А1756, який за своїми характеристиками дещо кращий за автомат А1670. Останній має нижчу потужність електродвигунів, гіршу продуктивність наплавки, обмежений в інтервал діаметрів виробів для наплавки (50...85 мм), до того ж він занадто автоматизований, що

обмежує його використання у широкономенклатурному (дрібносерійному та середньосерійному) виробництві при відновленні деталей в рік до N=2000 шт.

Оскільки наплавочний автомат А1756 працює лише з використанням наплавочних порошків, робимо переобладнання даного автомата, так як за сучасних умов порошками користуються рідко внаслідок їх дороговизни. Автомат А1756 потребує лише переобладнання наплавочної головки. Для цього потрібно замість бункера для присадочного порошка монтуємо механізм подачі присадочної проволочки, що робить дане устаткування економічно і технологічно вигідним.

Даний автомат можна застосовувати як для наплавлення та і для напилення. Для цього потрібно змінити схему підключення і плазмотрон.

Для наплавлення внутрішнього отвору цапфи застосовуємо автомат А1756, як кращий в порівнянні з атоматом А1670, з малогабаритним плазмотроном (див. рис. 2.4) з прийнятною технічною характеристикою.

Таблиця 2.7 Технічні дані автомата А1696 для плазмової наплавки

Параметр	Значення
Параметри коливань плазмотрона:	
- амплітуда, мм	2,5...25
- частота, хв <sup>-1</sup>	8...80
Продуктивність наплавлення, кг/год	0,35...15
Витрати аргони, л/хв	25...40
Ємкість бункера для присадочного порошку, дм <sup>3</sup>	4,5
Номінальна напруга живлючої трифазної мережі частотою 50 Гц, В	380
Номінальний струм наплавлення при ПВ=100 %, А	300
Сумарна потужність всіх електродвигунів автомата, кВт*А	0,59

## **2.10 Пристосування для механічного оброблення зношених поверхонь**

Для механічної обробки зовнішніх циліндричних поверхонь вала використовуємо круглошліфувальний верстат моделі 3A151 із вибором відповідної марки шліфувального круга. Для зовнішнього шліфування при повздовжній подачі, вала виготовленого із цементованої сталі ( $HRC > 50$ ) для забезпечення шорсткості поверхні  $Ra = 1,6 \dots 6,3$  мкм, використовуємо шліфувальний круг марки ЕБ40СМ2К.

Для обробки внутрішніх поверхонь вала використовуємо круглошліфувальний верстат моделі 3A228 при повздовжній подачі шліфувального круга марки ПВД 24A40НСМ25К8 35 м/с.

## **2.11 Структура технологічного процесу для відновлення зношених поверхонь**

Послідовність виконання операцій технологічного процесу наплавлення поверхонь деталей: миття та очищення поверхонь деталей; підготовка робочої поверхні до наплавлення; процес наплавлення та напилення; механічна обробка поверхонь деталей; хіміко-термічна обробка деталей; операції технічного контролю.

005. Операції миття та очищення поверхонь деталей.

Призначення даних операцій – видалення вологи, мастила та оксидних плівок з поверхонь деталі. Як правило, дані операції виконуються з використанням розчинників та лужних розчинів. Після очищення поверхні їх промивають водою із певним вмістом солей. В подальшому деталі просушують у спеціальних сушильних шафах.

010. Підготовка поверхонь деталі під процес напилення.

Для усунення дефектів на поверхні деталі, які зносилися в процесі експлуатації, для одержання заданих геометричних параметрів зношеної поверхні, параметрів точності та якості, проводиться механічна обробка

поверхонь для їх підготовки до наплавлення. Обробка проводиться на шліфувальних верстатах.

Порядок призначення та розрахунку режимів різання та складових норм часу: призначення припуск на чорнове шліфування -  $h=0,3\dots 1,0$  мм; шорсткість поверхні -  $Ra = 6,3\dots 12$  мкм.

Розрахунок основного часу за формулою

$$T_{o1} = \frac{Li}{nS_{пр}} \cdot K_3,$$

Де:  $L$  – довжина оброблюючої поверхні

$$L = l + y$$

Де:  $l$  – довжина шліфувальної поверхні, мм

$y$  – значення величин врізання та перебігу ріжучого інструменту  $y = 0,3$  мм

$$L_1 = 80 + 0,3 = 80,3 \text{ мм};$$

$$L_2 = 40 + 0,3 = 40,3 \text{ мм};$$

$i$  – кількість проходів,  $i = 8$ ;

$K_3$  – значення коефіцієнта зачисних ходів,  $K_3 = 1,2 \quad 1,7$ , приймаємо  $K_3 = 1,5$ ;

$n$  – кількість обертів деталі,  $n = 1080$  об/хв

$S_{пр}$  – величина повздовжньої подачі,  $S_{пр} = 2$  мм/об;

$$T_{o1} = \frac{80,3 \cdot 8}{1080 \cdot 2} \cdot 1,5 = 0,446 \text{ хв.}$$

$$T_{o2} = \frac{40,3 \cdot 8}{1080 \cdot 2} \cdot 1,5 = 0,224 \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2},$$

Де:  $T_{d1}$  – допоміжний час на операції встановлення та зняття деталі,  $T_{d1} = 0,2$  хв;

$T_{d2}$  – допоміжний час, який пов'язаний з проходом,

$$T_{d2} = 1 + 0,446 = 1,446 \text{ хв.}$$

$$T_d = 0,2 + 1,446 = 1,646 \text{ хв.}$$

$$T_{d2} = 1 + 0,224 = 1,224 \text{ хв.}$$

$$T_d = 0,2 + 1,424 = 1,424 \text{ хв}$$

Визначення оперативного часу:

$$T_{оп} = T_{o1} + T_{в1} + T_{o2} + T_{d2} = 0,446 + 1,646 + 0,224 + 1,424 = 3,74 \text{ хв.}$$

Розрахунок додаткового часу:

$$T_{дод} = (T_{оп} \cdot K) / 100 = (3,74 \cdot 9) / 100 = 0,337 \text{ хв,}$$

Де: K – співвідношення додаткового та оперативного часу, K = 9%

Прийняте значення підготовчо-заключного часу

$$T_{пз} = 5 \text{ хв.}$$

Розрахунок норм часу:

$$T_H = T_o + T_{в} + T_{дод} + T_{пз}/n,$$

Де: n – величина партії

Визначення величини партії деталей:

$$n = \frac{N}{A},$$

Де: N – прийнята величина програми випуску деталей;

A – значення періодичності запуску деталей A = 52.

Визначення кількості деталей:

$$N = 1800 \cdot 2 = 3600 \text{ шт,}$$

Де: 1800 – партія випуску передніх мостів;

2 – кількість поворотних кулаків на 1 передній міст.

$$n = \frac{3600}{52} = 70 \text{ шт.}$$

$$T_H = 0,446 + 0,224 + 1,646 + 1,424 + 0,337 + 5/412 = 4,089 \text{ хв}$$

#### 015. Операція наплавлення.

При наплавленні поверхонь деталей з використанням сталюї проволочи дотримуються стандартних параметрів технологічного процесу по основних режимах обробки для забезпечення необхідної якості покриття.

Порядок розрахунку основних складових норм часу на операцію наплавленн.

Розрахунок основного часу:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

Де: L – довжина поверхні, для наплавлення. Товщина шару – 0,53 мм;

i – кількість проходів – 1;

n – кількість обертів деталі – 3 об/хв;

S – середній крок наплавлення – 1.

$$T_o = \frac{0,53 \cdot 1}{3} = 0,18 \text{ хв.}$$

Розрахунок допоміжного часу:

$$T_{Д1} = 1,0 \text{ хв.}$$

$$T_{Д2} = 0,9 \text{ хв.}$$

$$T_{Д} = T_{Д1} + T_{Д2} = 1,0 + 0,9 = 1,9 \text{ хв}$$

Розрахунок оперативного часу:

$$T_{оп} = T_o + T_{Д} = 0,18 + 1,9 = 2,08 \text{ хв.}$$

Значення додаткового часу:

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot K/100 = 2,08 \cdot 15/100 = 0,31 \text{ хв.}$$

Значення підготовчо-заключного часу:

$$T_{пз} = 15 \text{ хв.}$$

Розрахунок норм часу:

$$T_{н} = T_o + T_{в} + T_{дод} + T_{пз}/n = 0,18 + 1,9 + 2,08 + 15/70 = 4,37 \text{ хв}$$

## 020 Операція шліфування

Порядок розрахунку режимів обробки для чорнового шліфування.

Приймаємо величину припуску  $h=0,3 \dots 1,0$  мм,

Розрахунок основного часу за формулою:

$$T_{o1} = \frac{Li}{nS_{пр}} \cdot K_3,$$



Де:  $L$  – довжина оброблюючої поверхні мм:

$$L = l + y$$

Де:  $l$  – довжина шліфувальної поверхні, мм:

$y$  – значення параметрів врізання і перебігу ріжучого інструменту

$$y = 0,45 \text{ мм}$$

$$L_1 = 80 + 0,45 = 80,45 \text{ мм};$$

$$L_2 = 40 + 0,45 = 40,45 \text{ мм};$$

$i$  – кількість проходів,  $i = 8$ ;

$k_3$  – величина коефіцієнта зачисних ходів,  $k_3 = 1,2 \quad 1,7$ , приймаємо  $k_3 = 1,5$ ;

$n$  – кількість обертів деталі,  $n = 1080$  об/хв

$S_{\text{пр}}$  – значення повздовжньої подачі,  $S_{\text{пр}} = 2$  мм/об;

$$T_{o1} = \frac{80,45 \cdot 8}{1080 \cdot 2} \cdot 1,5 = 0,3 \text{ хв.}$$

$$T_{o2} = \frac{40,45 \cdot 8}{1080 \cdot 2} \cdot 1,5 = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу:

$$T_{\text{д}} = T_{\text{д}1} + T_{\text{д}2},$$

Де:  $T_{\text{д}1}$  – значення допоміжного часу на встановлення і зняття деталі,

$$T_{\text{д}1} = 0,2 \text{ хв};$$

$T_{\text{д}2}$  – значення допоміжного часу, який пов'язаний з проходом:

$$T_{\text{д}2} = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{д}} = 0,2 + 1,3 = 1,5 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{д}2} = 1 + 0,15 = 1,15 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{д}} = 0,2 + 1,15 = 1,35 \text{ хв}$$

Оперативний час на виконання операції:

$$T_{\text{оп}} = T_{o1} + T_{\text{д}1} + T_{o2} + T_{\text{д}2} = 0,3 + 1,3 + 0,15 + 1,35 = 3,1 \text{ хв.}$$

Додатковий час на виконання операції:

$$T_{\text{дод}} = (T_{\text{оп}} \cdot K) / 100 = (3,1 \cdot 9) / 100 = 0,28 \text{ хв,}$$

Де: К – співвідношення додаткового та оперативного часу, К = 9%

Підготовчо-заклучний час на виконання операції:

$$T_{пз} = 5 \text{ хв.}$$

Норма часу на виконання операції:

$$T_H = T_0 + T_D + T_{дод} + T_{пз}/n,$$

Де: n – величина партії деталей

Визначення величини партії деталей:

$$n = \frac{N}{A},$$

Де: N – програма випуску деталей;

A - періодичність запуску деталей, дорівнює кількості робочих тижнів –

52.

Визначення кількості деталей:

$$N = 1800 \cdot 2 = 3600 \text{ шт.},$$

Де: 1800 – випуск паливних насосів;

2 – кількість поворотних кулаків на 1 передній міст.

$$n = \frac{3600}{52} = 70 \text{ шт.}$$

$$T_H = 0,3 + 0,15 + 1,5 + 1,35 + 0,28 + 5/412 = 3,59 \text{ хв}$$

025. Операція напилення.

Для реалізації технологічного процесу напилення поверхонь деталей з використанням сталюї проволочи підібрано найбільш оптимальні режими обробки. Дані по режимах обробки приведені в таблиці 2.8

Основний час на виконання операцій:  $T_1=5 \times 0,4=2$  хв;  $T_2=5 \times 0,8=4$  хв

Таблиця 2.8. Основні елементи режимів процесу плазменно-дугового напилення поверхонь деталей

Вихідний матеріал деталі	Сталь
Матеріал для наплавлення	Сталь
Швидкість обертання деталі, м/хв	до 8
Величина повздовжньої подачі плазмотрона, мм/об	20...50
Проміжок між соплом плазмотрона та деталі, мм	250...350
Величина струму в ланцюгу електрод-сопло, А	200...220
Величина напруги, В	270...380
Розмір шару покриття, мм	0,1...4

### 030. Операція механічної обробки.

Після нанесення на робочу поверхню відповідного шару наплавленого покриття, проводиться операція точіння або шліфування для одержання заданих розмірів та параметрів якості поверхні. Для забезпечення надійного зчеплення поверхні деталі із наплавленим шаром необхідно одержати розмір даного шару не менше 1мм для реалізації режиму максимальної зносостійкості пари тертя.

В залежності від виду наплавлення приймається різне значення величини припуску на механічну обробку: плазмово-дугове наплавлення, величина припуску складає 0,03 – 0,06мм; плазмова наплавка, величина припуску складає 0,4 – 0,9мм.

### 035. Операція хіміко-термічної обробки.

Для підвищення твердості матеріалу поверхневих шарів металу, за рахунок зміни його хімічного складу з метою забезпечення високих зносостійких та антикорозійних властивостей проводиться операція хіміко-

термічної обробки. Серед основних способів хіміко-термічної обробки є: цементация, азотування, ціанування, хромування.

Найбільш поширеним способом хіміко-термічної обробки є цементация. Суть методу полягає в насиченні поверхневого шару сталі вуглецем. Процес цементации відбувається при температурі вище 910°C. Джерелом вуглецю являються карбюратори, які бувають тверді, рідинні та газоподібні. Відбувається процес цементации у спеціальних печах при насиченні поверхневих шарів сталі вуглецем. В якості робочого використовують природні гази або гази одержані шляхом піролізу гасу, які виділяють в процесі розкладу вуглеводні. Прогресивним методом газової цементации є використання струмів високої частоти, при яких цементований шар формується на глибину до 1мм протягом 30хв.

Пройшовши цементацию деталь підлягає процесу гартування при температурі 760°C. Використовують також подвійну термічну обробку при наступних режимах: гартування при температурі 920 °C та вторинне нагрівання до 760 °C.

#### 040. Операція технічного контролю якості покриття на поверхнях деталі.

Операції технічного контролю здійснюються на всьому етапі від підготовки робочих поверхонь деталі до наплавлення, в процесі самого наплавлення та в подальшій операції механічної обробки наплавленої поверхні. До основних контролюючих показників якості процесу напилення поверхонь деталей є наявність дрібнозернистої структури металу, який наплавляється та міцність зчеплення наплавленого шару з вихідним матеріалом.

До основних контролюючих параметрів відносяться: вимірювання товщини наплавленого шару, перевірка параметрів якості одержаної поверхні, перевірка характеристик міцності зчеплення нанесених покриттів із вихідним матеріалом.

Таблиця 2.10.Складові норм часу на виконання технологічних операцій згідно запропонованого технологічного процесу відновлення поверхонь поворотного кулака (цапфи) передньої балки тролейбуса Skoda 14Tr

Розроблений технологічний процес наплавлення	
Послідовність виконання операцій	норма часу, хв
005. Операції миття та очищення	16
010. Підготовча операція під напилення	4,09
015. Операція наплавлення	4,37
020 Операція шліфування	3,59
025. Операція напилення.	6
030.Операція механічної обробки.	16
035. Хіміко-термічна обробка.	30
040.Операція технічного контролю покриття.	5

Значення загального часу на технологічний процес відновлення робочих поверхонь однієї плунжерної пари, згідно запропонованого способу складає – 85,05 хв., - 1,42 люд-год

Серед основних технологічних факторів, які суттєво впливають на показники якості одержуваного покриття є: фізико-механічні властивості та геометричні параметри напавленої поверхні; спосіб підготовки (обробки) поверхні деталі до наплавлення; характеристики напавляючого металу; характеристики стисненого повітря, газу, струму, напруги; технологічні параметри процесу наплавлення – швидкість подачі робочої проволочки, відстань між зонами плавлення та поверхні деталі, час наплавлення, температура в зоні наплавлення.Перелічені параметри суттєво впливають на пористість напавленого шару, його механічні властивості, зносостійкість, корозійну стійкість.

Величина пористості напавлених шарів, як правило незначна і досягає 0,8...1,4 %. За своєю формою пори бувають закритими та наскрізними. При

цьому вони впливають на параметри пружності, міцності, твердості наплавлених покриттів. При термічній обробці наплавленого шару відбуваються зміни в його будові, які підвищують густину вихідного матеріалу внаслідок зменшення частини пор та відповідного відновлення однорідності шару.

У порівнянні із характеристиками вихідних матеріалів дані параметри наплавлених металів суттєво змінюються, а саме підвищується твердість, границя міцності. Ці зміни пов'язані із трансформацією складу та будови матеріалу, внаслідок інтенсивного окислення, створення нових фаз, параметри неоднорідності та пористості наплавленого шару. Технологічний процес обробки поверхонь впливає на механічні властивості матеріалу. Для забезпечення надміцних та твердих поверхневих шарів необхідно забезпечити тиск газу 0,6...0,7 МПа та незначних відстаней між зоною наплавлення та наплавленою поверхнею (8...10мм) та величиною струму 70А.

Структурні зміни, які відбулись в поверхневих шарах наплавленої поверхні забезпечують його високі фрикційні властивості. До таких змін відносяться: неоднорідність будови матеріалу поверхневих шарів; розвинута шорсткість на поверхні шару; наявність заглиблень та пор. Впливають також на зносостійкість наплавлених шарів технологічні методи обробки та наплавлення: відстань між зоною наплавлення та поверхнею наплавлення (75...100мм); збільшення робочого тиску в зоні наплавлення до 5...6атм; збільшення вмісту вуглицю в наплавленому шарі.

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Призначення, будова та принцип роботи пристрою для випресування шворнів тролейбусів з ручним приводом

При технічному обслуговуванні та потоковому ремонті тролейбуса для випресування шворнів поворотних цапф передньої осі без зняття осі з тролейбуса, використовують спеціальний пристрій з ручним приводом.

Технічна характеристика пристрою для ви пресування шворнів приведена в таблиці 3.1..

Таблиця 3.1. - Характеристика пристрою

Дані	Параметри
1	2
Тип	Рухомий
Тип головного руху	Гідравлічний, трьохступінчастий, з ручним приводом
Максимальне значення зусилля випресування, Н (кгс),	560000, (60000)
1	2
Робочий тиск, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), «верхньої ступені» «меншої ступені»	30 (229) 5,8 (70)
Максимальне значення зусилля насоса при робочому тиску, Н (кгс ),	250(65)
Довжина ходу , мм ,	150
Параметри зусилля для пересування пристрою Н (кгс ),	300 (30)

Рекомендована робоча рідина	Масило І 20А
Об'єм бака, л,	8
Основні розміри, мм, Довжина	180
Глибина	610
Висота	670
Вага пристрою, кг,	130

### 3.1.1. Конструкція пристрою для випресовування шворнів марки ПВШ-50 та принцип його роботи

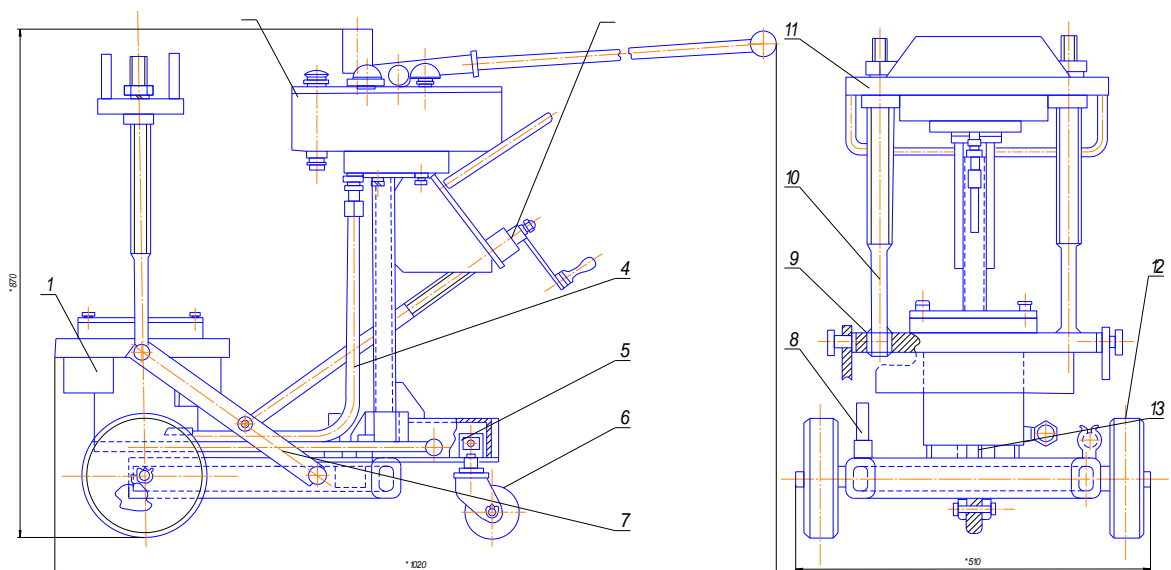


Рисунок 3.1. Конструкція пристрою для випресовування шворнів

Послідовність виконання операцій на даному пристрої: передача робочого зусилля створеного гідроциліндром за допомогою ручного насоса на робочий шкворень цапфи поворотної. Зусилля яке виникає передається на систему, яка складається із нижньої та верхньої траверс, які з'єднані між собою шпильками. При цьому цапфа поворотна в процесі ви пресування знаходиться між обома траверсами.



### **3.1.2. Порядок виконання технологічних операцій по обслуговуванню пристрою**

1 Виконання необхідних підготовчих операцій перед випресуванням шворня відповідно до технологічних карт.

2 Зняття верхньої траверси (6) із шпильок (8), відгвинтивши гайки (7).

3 Підвести пристрій (1) до передньої осі (3) автомобіля, підготовленої для випресування шворня (5) так, щоб вісь штока гідроциліндра (2) приблизно збігалася з віссю отвору поворотної цапфи (9).

4 Підняти обертанням рукоятки (14) механізм підйому (15) гідроциліндра (2), щоб опорна п'ята (5) штока ввійшла в отвір шворня поворотної цапфи (9), а верхня площина кришки гідроциліндра (2) прилягла нижньої площини поворотної цапфи (9).

5 Надіти верхню траверсу (6) на шпильки (8) і опустити її до прилягання з верхньою площиною поворотної цапфи (9).

6 Закріпити траверсу (6), загвинтивши гайки (7) на шпильки (8).

7 Встановити рукоятку (12) у блок плунжерних насосів «нижча ступінь» на плунжерному насосі (11).

8 Подати робочу рідину в поршневу порожнину гідроциліндра (2) зворотно-поступальним рухом плунжерів, здійснюваним рукояткою (12). Подачу робочої рідини здійснювати до досягнення тиску у 4,8 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>).

9 Переставити рукоятку (12) у блок плунжерних насосів «вища ступінь» плунжерного насоса (11) у випадку, якщо тиск 4,8 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>) недостатнього для випресування шворня.

10 Подати робочу рідину в поршневу порожнину гідроциліндра (2) зворотно-поступальним рухом плунжерів, здійснюваним рукояткою (12) до виходу шворня (5) з поворотної цапфи (9).

11 Витягнути шворінь (5) з поворотної цапфи (9).

12 Повернути шток гідроциліндра (2) у вихідне положення, відкривши вентиль (13).

13 Зняти верхню траверсу (6), виконавши операції по п. 2

14 Опустити обертанням рукоятки (14) механізму підйому (15) гідроциліндра (2) на 60-70 мм.

15 Зняти поворотну цапфу (9).

16 Відкотити пристрій (1).

17 Надіти траверсу (6) на шпильки (8), навантаживши гайки (7) на шпильки (8) на 4-5 оборотів.

18 Виконати наступні операції у випадку, коли шток гідроциліндра (2) випресує шворінь (5) з поворотної цапфи на 150 мм, а видалити шворінь в ручну неможливо.

18.1 Відпустити шток гідроциліндра (2) у вихідне положення, відкривши вентиль (13).

18.2 Обертаючи гайки (7), підняти їх на 80-90 мм.

18.3 Відпустити гідроциліндр (2), обертаючи рукоятку (14), на 80-90 мм.

18.4 Встановити надставку (10) на шток гідроциліндра так, щоб верхній кінець її ввійшов в отвір поворотної цапфи.

18.5 Підняти гідроциліндр (2), обертаючи рукоятку (14), до прилягання з нижньою площиною поворотної цапфи (9).

18.6 Встановити скоби (16) на шпильки (8) між траверсою (6) і гайками (7).

18.7 Закріпити траверсу (6) загвинчуванням гайок (7) до упору зі скобами (16).

18.8 Виконати операції по п. 8-2 .

18.9 Зняти верхню траверсу (6) і скоби (16), виконанням по п. 2.

18.10 Виконати операції по п. 4.

18.11 Зняти надставку (10) зі штока гідроциліндра (2).

18.12 Виконати операції по пп. 5-7.

### 3.2. Основні етапи модернізації привідного механізму

Під час експлуатації пристрій який використовується для ви пресування шкворнів має деякі недоліки які суттєво впливають на параметри точності та якості виконуваних робіт. Одна із причин це недосконалість ручного приводу даного пристрою. Серед недоліків – це значне погіршення характеристик жорсткості механізму приводу гідроциліндра приводу, а також вихід з ладу кришки гідроциліндрів. Серед заходів, які забезпечують підвищення жорсткості – це конструктивні рішення (заміна профілю, матеріалу, марки, геометричні параметри).

#### 3.2.1. Силовий розрахунок гідроциліндра одnobічної дії.

Вихідні дані для розрахунку: значення максимального тиску робочого мастила – 30 МПа,; значення максимального зусилля на робочому штоці гідроциліндра – 590000 Н; коефіцієнт корисної дії гідроциліндра -  $\eta=0,85$ .

Робоче зусилля на штоці гідроциліндра визначанемо за формулою:

$$Q = \frac{\pi \times D \times p \times \eta}{4} = Q_1,$$

Де: Q – зусилля на штоці гідроциліндра;

D – робочий діаметр гідроцилінра;

p – величина тиску робочого мастила на поршень гідроциліндра;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії гідроциліндра;

$Q_1$  – зусилля опору зжатої пружини.

Визначаємо площу поршня за формулою:

$$F = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{Q}{p},$$

Робочий діаметр гідроцилінра:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times p}} = 1.13 \times \sqrt{\frac{Q}{p}}$$

$$D = 1.13 \times \sqrt{\frac{Q}{p}} = 1.13 \times \sqrt{\frac{490000}{25 \times 10^6}} = 0,158 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр поршня рівним 180 мм.

### 3.2.2. Порядок розрахунку основних силових параметрів робочої пружини

Використовуємо пружину виготовлену з марки сталі 60 С2ВА, із підвищеною теплотривкістю, та можливістю загартовуватись до твердості HRC 54..58, із високими параметрами пружності та в'язкості.

Вихідні дані:

$P_1$  – зусилля пружини при дії попередньої деформації, 3 кгс;

$P_2$  – зусилля пружини при дії робочої деформації, 280 кгс;

$h$  – величина робочого ходу пружини, 175 мм;

$V_0$  – максимальна швидкість при переміщенні робочого кінця пружини, при величині навантаження, 2,9 м/с;

$N$  – значення циклів до появи процесу руйнування,<sup>96</sup>

$D$  – максимальний діаметр пружини, 130 мм.

Порядок розрахунку величини зусилля пружини при максимальному значенні деформації:

$$P_3 = \frac{P_2}{1 - \delta},$$

де  $\delta$  - пружин, які в основному працюють на розтяг – 0,05-0,1.

$$P_3 = \frac{270}{1 - 0,1} = 300 \text{ кгс}$$

Вибрано пружини, для яких величина  $P_3$  знаходиться в межах 280-330 кгс:

№151 -  $P_3=400$   $d=8$  мм,  $D=130$  мм,  $z_1=5,798$  кгс/мм,  $f_3=72,530$  мм.

Розраховуємо напруження  $\tau_3$ , для вибраної пружини  $\tau_3=0,7\sigma_B$ .  $\sigma_B=300$  кгс/мм<sup>2</sup>. Тоді  $\tau_3=0,7\times 300=210$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Формула для визначення максимально допустимої швидкості:

$$V_{кр} = \frac{\tau_3 \times \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right)}{3,58} = \frac{210 \times \left(1 - \frac{270}{300}\right)}{3,58} = 3,352 \text{ м/с}$$

При умові  $\frac{V_o}{V_{кр}} = \frac{2,5}{3,352} \approx 0,74 < 1$  процес зіткнень не відбувається.

Формула для визначення параметра жорсткості:

$$z = \frac{(P_2 - P_1)}{h} = \frac{(270 - 170)}{160} = 0,625 \text{ кгс/мм.}$$

За формулою визначаємо загальну кількість робочих витків пружини:

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{4,798}{0,625} = 7,68 \approx 8$$

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Безпека роботи при окремих видах спеціального лиття**

Нові технологічні процеси в ливарному виробництві (точне лиття в кокіль, відцентрове, за виплавлюваними моделями, під тиском, в оболонкові форми) служать для одержання більш точних виливків з кращою чистотою поверхні.

Лиття в кокіль. Цей вид лиття спрощує і прискорює процес, а також дає змогу приступити до повної його механізації і автоматизації.

При литті в кокіль безпека роботи залежить від стійкості та міцності форм, тому правильний їх розрахунок і конструювання мають велике значення. Перед заливанням металу форми підігрівають до 150—200° С.

При литті в кокіль виділяється багато тепла і забруднюється повітря, через що приміщення для заливання кокілів треба обладнувати місцевою вентиляцією.

Відцентрове лиття. Відцентрове виливання деталей, що мають форму тіл обертання, провадять за допомогою спеціальних машин.

Робітники, які працюють біля машин, повинні мати захисні окуляри і спецодяг, що відповідають нормам. Процеси застигання, якщо це можливо, слід провадити у закритих приміщеннях, обладнаних витяжними пристроями, або, при застиганні на конвеєрах і рольгангах, — у закритих кожухах, також забезпечених витяжними пристроями.

Перед початком роботи адміністрація цеху зобов'язана перевірити справність машин для лиття.

Лиття за виплавлюваними моделями. Моделі для майбутніх виливків виготовляють у прес-формах. Модельну суміш з оболонки (віск, стеарин,

парафін) видаляють за допомогою гарячої води, гарячого повітря або пари. Під час виплавляння моделей за допомогою гарячого повітря або пари треба робити витяжку газів, що утворюються.

Таблиця 4.1 – Застосування місцевої відсмоктувальної вентиляції в цеху точного лиття за виплавлювальними моделями

Робочі місця і устаткування	Конструкція витяжного	Місце, де нормується швидкість	Найменша
1	2	3	4
Столи для приготування модельної маси	Витяжні шафи з видаленням повітря	Робочий отвір	0,5
Установки для виливання моделей і ливникових форм	Похилі витяжні панелі	Те саме	0,6
Столи для обробки моделей та збирання їх у блоки	Похилі витяжні зонти		0,6
Гідролізер	Витяжна шафа		0,5
Ящики для зберігання сипких матеріалів	Місцева витяжка з верхньої частини	Верхня частина ящика (при відкритих завантажувальних отворах)	0,7
Робоче місце, де методом занурення на модель	Витяжний зонтик	Робочий отвір	0,5
Робоче місце, де моделі після нанесення вогнетривкого	Витяжна шафа	Те саме	0,7
Сита для просіювання наповнювача і кварцевого	Кожух (укриття)	Робочий отвір	0,7
Кульовий млин для подрібнення наповнювача повороту	Те саме		0,7

продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
Верстак для формування	Укриття типу витяжної шафи		0,7
Плавильна піч	Витяжний зонт з фартухами з азбестового полотна	Приймальний отвір	0,6
Вибивні ґрати	Укриття типу витяжної шафи	Робочий отвір	1,01

Операцію формування можна поєднати з операціями прогартовування, заливання, застигання, вибивання в комплексній установці, агрегати якої зв'язані з транспортуючими пристроями. При цьому набагато поліпшуються умови праці.

Під час просіювання пиловидного кварцу і піску, обсіпання модельних блоків, при формуванні оболонок, вибиванні литва та звільненні ливарних блоків від оболонок виділяється пил. Тому важливо дотримуватися вказівок по застосуванню місцевої відсмоктувальної вентиляції в цеху точного лиття за виплавлюваними моделями.

В цехах лиття за виплавлюваними моделями є різні джерела шуму: мотори і генератори високочастотних установок, вібратори для формування і вибивання, вібраційні установки для відокремлення оболонки і відбивання деталей від стояка. Для послаблення шуму машинні генератори розміщують в ізольованому приміщенні, відокремленому від плавильної ділянки капітальною стіною; пневматичні вібрації і установки монтуєть у звукоізолюваних камерах; вібратори під час роботи закривають гумовими шторками, закріплюють їх за допомогою гумової прокладки.



Лиття під тиском провадять на спеціальних машинах що мають такі основні частини: сталевий котел з жаротривкої сталі для плавлення металу, що має пристрої для впресовування розплавленого металу у форму; рознімна сталева форма, що виготовляється з легованої сталі; механізм, що розкриває і закриває форму.

Машина для лиття під тиском слід тримати в окремому приміщенні поряд з плавильним відділенням і забезпечити блокуванням, що виключить можливість створення тиску, перш ніж прес-форми закриються і мундштук з металом щільно приляже до ливника.

Нещасні випадки під час лиття під тиском найчастіше трапляються через несправність машин і застосування неправильних методів роботи. Першої причини можна позбутися, якщо точно додержуватись графіка планово-запобіжного ремонту, а другої – інструктажем та навчанням робітників.

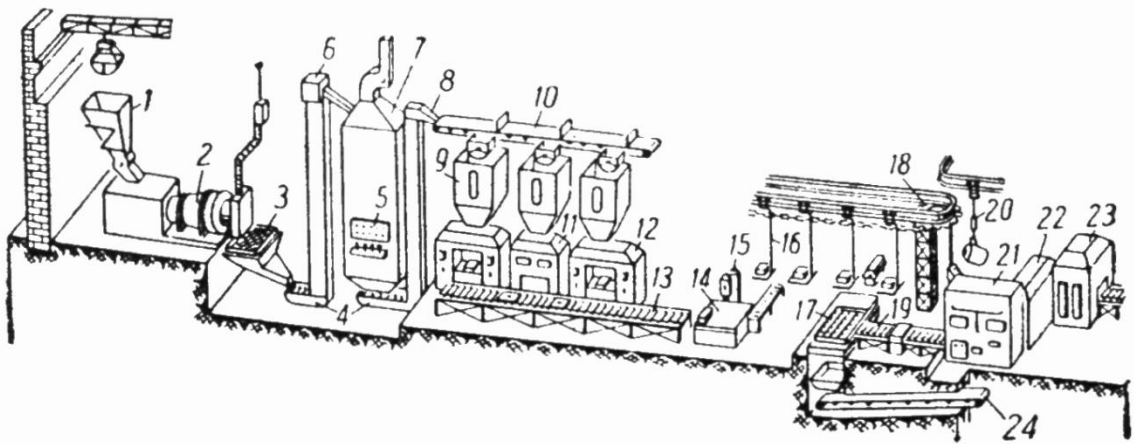


Рисунок 4.1 – Схема механізованої лінії оболонкового лиття:

1 — бункер вологого піску з дозатором; 2 — барабанне сушило; 3 — вібраційне сито; 4 — шнекові приймачі кошових елеваторів; 5 — пульт керування автомата АКС-1; 6 — ковшовий елеватор для подачі вологого піску в автоматі АКС-1; 7 — автомат АКС-1 для приготування суміші; 8 — ковшовий елеватор для піднімання готової суміші; 9 — бункери, що живлять УКФ-2 і МИКС-4 сумішами; 10 — стрічковий транспортер для роздавання готової суміші в бункери; 11 — стержньова піскодувна машина МИКС-4; 12

— установка УКФ-2 для виготовлення оболонкових форм; рольганги для передачі кіркових форм 1 стержнів на збиральний верстак; 14 — збиральний стіл для комплектації форм; 15 — високочастотна установка для склеювання стержнів; 16 — підвіска заливального конвейєра; п — вибивальні вібраційні грати; 18 — зірочка заливального конвейєра; 19 — рольганг для передачі відлитих деталей в дробоструминну камеру; 20 — заливальний тельфер з ливарним ковшем; 21 — дробоструминна камера; 22 — фарбувальна камера; 23 — сушильна камера; 24 — стрічковий транспортер для видалення горілої землі цеху.

Працювати на машинах для лиття під тиском та обслуговувати їх можуть тільки особи, які добре знають будову цих машин і правила техніки безпеки.

Лиття в оболонкові форми може спричинити забруднення повітря пилом, парами хімічних речовин та газами, що виділяються під час проведення різних операцій.

Щоб оздоровити умови праці при литті в оболонкові форми, треба повністю механізувати приготування формувальних матеріалів і виключити всі ручні операції по завантаженню і вивантаженню пильних матеріалів, а також механізувати трудомісткі роботи по формуванню деталей.

Найефективнішою є комплексна механізація та автоматизація всього процесу лиття, починаючи від підготовки формувальних матеріалів і заливання оболонкових форм, вибивання готових виливків і т. д. На механізованій лінії оболонкового лиття (рис. 4.1) можна досягти високої продуктивності праці і значно поліпшити її умови, що сприятиме боротьбі з нещасними випадками і професіональними захворюваннями.

#### **4.2 Умови безпеки устаткування**

Перед машинобудуванням поставлено завдання створення високопродуктивних машин, автоматичних ліній, верстатів з програмним

керуванням та інших виробів, які повністю гарантують безпеку робіт. Усі ці машини, установки та пристрої насамперед повинні бути міцними і надійними в експлуатації.

До основних технічних засобів та заходів безпеки, спрямованих на боротьбу з виробничим травматизмом, можна віднести механізацію й автоматизацію виробничих процесів; огорожувальні та запобіжні пристрої; сигналізацію безпеки; встановлення розривів і габаритів безпеки; застосування запобіжних знаків і написів; впровадження дистанційного керування; встановлення спеціальних пристроїв безпеки; застосування індивідуальних засобів захисту; проведення профілактичних випробувань на міцність.

Механічна міцність верстатів, машин, апаратів і інших виробів та їх частин є неодмінною умовою безпеки. Основні показники механічної міцності складаються з границі міцності, текучості й твердості матеріалу частин устаткування. Узагальнення цих характеристик для відповідного устаткування провадиться в коефіцієнтах запасу міцності. Коефіцієнт запасу різний для різних видів механічного устаткування і залежить від призначення конструкції та умов навколишнього середовища.

Дійові напруги в деталях машин повинні бути такими, за яких забезпечується міцність і довговічність деталей при мінімальній затраті матеріалу. При цьому деформації деталей не повинні виходити за встановлені межі при порушенні правильної роботи машинного вузла.

При попередніх розрахунках як критерій міцності звичайно використовувались уявлення про допустиму напругу, під якою розуміють ту максимальну напругу, яку можна допустити в небезпечному перерізі деталі, що працює в умовах заданого режиму, при забезпеченні належної надійності. Найбільша допустима напруга, що в ідеальному випадку дорівнює фактичній, повинна бути така, щоб деталь при мінімальній її вазі не руйнувалася під час експлуатації і не піддавалась остаточним деформаціям. Допустима напруга зминання на поверхні контакту повинна забезпечувати

обумовлену завданням довговічність деталі. Зуб шестірні, шарикопідшипник та подібні деталі одночасно з належною зносостійкістю повинні бути й міцними (тут поєднуються вимоги загальної та поверхневої міцності). Станини машин, шпинделі верстатів та ряд інших деталей повинні мати також значну жорсткість.

При проектуванні деталі або машини запас міцності звичайно визначають за навантаженнями, що відповідають несучій здатності. Остання характеризується навантаженнями, які відповідають граничним станам деталі по міцності, стійкості, опору пластичним деформаціям та ін.

Коефіцієнт запасу міцності дорівнює відношенню руйнівного навантаження до діючого навантаження:

$$K = \frac{Q_p}{Q_d}, \quad (4.1)$$

де  $Q_p$  — руйнівне навантаження, кг;

$Q_d$  — робоче навантаження, кг.

Для вантажних підйомних механізмів коефіцієнт запасу міцності становить 5—7 залежно від впливу на міцність навколишнього середовища (висока температура, магнітне поле), для вантажних ліфтів — 8, для людських — 9. Для будівельних конструкцій (цегла, бетон) межа міцності визначається за опором на стиснення в  $\text{кГ/см}^2$ . Інші види опорів (вигин, скручування, сколювання) змінюються для металевих деталей аналогічно розтягу — чим вище опір на розрив, тим вище інші види опорів. Тому за критерій механічної міцності умовно приймається або границя на розрив (мотали), або границя на стиснення (будівельні матеріали).

Граничні навантаження можна визначати аналітично або експериментально залежно від характеру діючих навантажень і властивостей матеріалів.

Необхідно випускати виробниче устаткування із значним запасом міцності, провадити регулярні контрольні випробування його на підвищені навантаження. Це повністю гарантує міцність устаткування в процесі його

експлуатації при нормальному навантаженні, що має велике значення для профілактики виробничого травматизму.

Випробування практикується насамперед при випуску виробничого устаткування після його виготовлення, а потім періодично – в процесі експлуатації. Випробуванню піддаються мостові, балкові крани й інші вантажопідійомні механізми, а також усі допоміжні пристрої (прядив'яні та бавовняні канати, сталеві троси і ланцюги, вантажі, гаки, петлі); парові котли; ресивери компресорних установок та інші апарати, які працюють під тиском вище атмосферного; абразивні круги і т. п.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі для підвищення надійності та довговічності повертаючого кулака тролейбуса SKODA 14TR виконано наступне:

1. Проведено аналіз конструкції передньої підвіски тролейбуса. знайденні основні типи пошкоджень цієї деталі. Проведений розрахунок сили, що діють на деталі повертаючого кулака. Доведено, що головними видом зношування цапф є фретінг - знос.

2. Вдосконалено технологічний процес ТО і відновлення переднього моста.

3. Підібрано устаткування для плазмового напилення цапф повертаючого кулака, розрахована циклограма її роботи.

5. Для першого і останнього шліфування шийок кулака після ремонту спроектовано конструкція спецінструменту.

6. Розроблено процес розбирання та збирання шворневого вузла спроектовано конструкцію спеціального устаткування для випресування шворнів.

## БІБЛІОГРАФІЯ

Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі : О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б. Гупка, Р.В.Хорошун. – Тернопіль : ФОП «Паляниця В.А.», 2022. – 61 с

2. 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.

3. 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.

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

5. 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).

6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv [The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria](#) ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCP 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.

7. О.Л. Ляшук, А.Б. Гупка , В.О. Тесля [Експлуатаційні методи підвищення зносостійкості пар тертя автомобіля](#) Інноваційні технології

розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 листоп. 2018 р., м. Кропивницький: зб. наук. матер./ М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та рем. машин.-Кропивницький: ЦНТУ, 2018.-С. 212-217.

8 O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hrynkiv, A.Gypka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

9. Конспект лекцій (частина I) 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