

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Аналіз, оцінка надійності та розробка технології відновлення карданної передачі автомобіля

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	27 «Транспорт»
Спеціальність	274 «Автомобільний транспорт»
Освітня програма	Автомобільний транспорт

Шифр: КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Виконав студент 3-го курсу  
група АТс 22-2  
Шифр




Підпис

Костянтин СМЕРЧИНСЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник к.т.н., доц..  
Науковий ступінь, звання

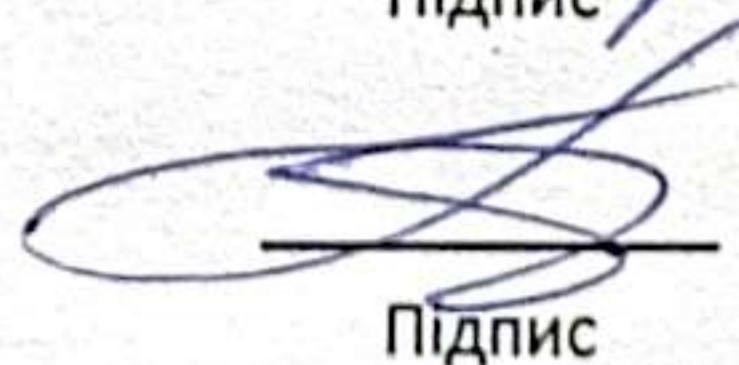


Підпис

Олег МАКОВКІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



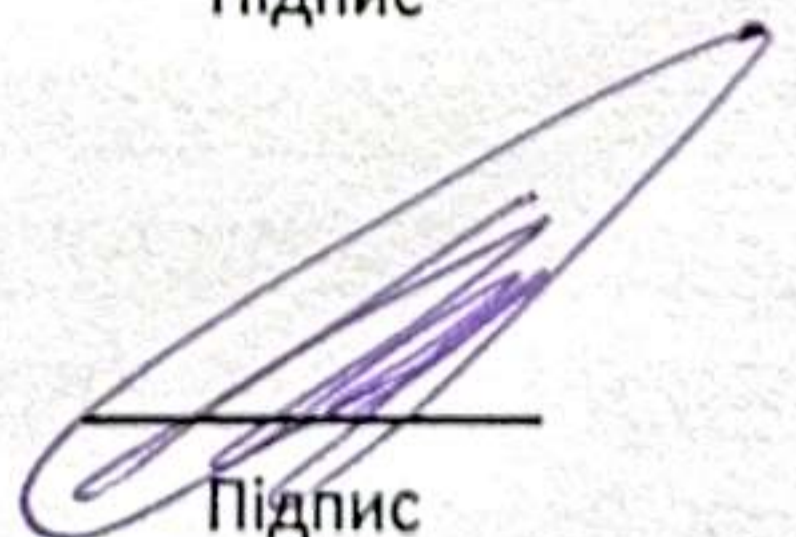
Підпис

Олег БАБАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри ТАМ  
Назва



Підпис

Олександр ДИХА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 12.06.25

Хмельницький, 2025 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

26-62 2025 року

## **ЗАВДАННЯ** НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Смерчинському Костянтину Олексійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи)

«Аналіз, оцінка надійності та розробка технології відновлення карданної передачі автомобіля»

керівник проекту (роботи) Маковкін Олег Миколайович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025р. № 23 (Д26)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузлів паливної систмки; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

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

1. Аналіз працездатності та надійності карданної передачі автомобіля mercedes-benz; 2. Розрахунок і обґрунтування виробничої програми з обслуговування та ремонту автомобіля; 3. Розробка технології ремонту та відновлення ресурсу; 4. Вибір та обґрунтування методу відновлення; 5. Вибір технології відновлення деталі; 6. Вибір обладнання, пристосувань і інструменту; 7. Економічна частина; 8. Охорона праці та безпека робіт на дільниці відновлення карданного вала

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

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 02.02.2025

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>15.05.2025</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.05.2025</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>30.05.2025</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>2.06.2025</i>	
5	<i>Оформлення презентації бакалаврської роботи</i>	<i>5.06.2025</i>	
6	<i>Нормоконтроль магістерської роботи</i>	<i>9.06.2025</i>	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>10.06.2025</i>	

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
 \_\_\_\_\_  
 Підпис

  
 \_\_\_\_\_  
 Підпис

Костянтин СМЕРЧИНСЬКИЙ

Ініціали, прізвище

Олег МАКОВКІН

Ініціали, прізвище

## РЕФЕРАТ

У випускній кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто питання аналізу надійності та розробки технології ремонту і відновлення карданної передачі автомобіля mercedes-benz. Метою дослідження є підвищення ефективності технічного обслуговування й продовження ресурсу карданної передачі шляхом впровадження сучасних методів діагностики, дефектації та відновлення зношених елементів.

У першому розділі роботи проаналізовано конструкцію карданної передачі, її функціональне призначення, принцип дії, особливості експлуатації, а також чинники, що впливають на її працездатність та довговічність.

У другому розділі виконано розрахунок річного обсягу ремонтних робіт, чисельності персоналу для обслуговування й ремонту автомобілів, а також обґрунтовано виробничу програму для реалізації технічного обслуговування карданних валів.

У третьому розділі розглянуто типові дефекти вузлів карданної передачі, виконано дефектацію, наведено критерії вибору технологій усунення виявлених несправностей та розроблено відповідні схеми ремонтних заходів.

У четвертому та п'ятому розділах обґрунтовано вибір методу наплавлення в середовищі вуглекислого газу для відновлення шийок хрестовини карданного вала, описано технологічний процес, розроблено маршрут обробки, обчислено припуски та підібрано обладнання й інструмент.

Шостий розділ присвячено вибору засобів оснащення та розробці конструкції спеціального пристосування для забезпечення точного встановлення деталі в процесі ремонту.

У сьомому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології з оцінкою вартості робіт, ефективності застосування та економічного ефекту від продовження ресурсу деталі.

У восьмому розділі проаналізовано питання охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії на дільниці ремонту карданних валів.

Результати роботи можуть бути використані на підприємствах автосервісу та під час підготовки фахівців з ремонту автомобільної техніки.





Випускна кваліфікаційна робота містить 65 сторінок, 18 ілюстрацій, 7 таблиць, 13 використаних джерел та 3 додатки.

**Ключові слова:** карданний вал, надійність, відновлення, наплавлення, технологічний процес, дефектація, ремонт

## ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ АВТОМОБІЛЯ MERCEDES-BENZ	9
1.1	Конструкція та принцип дії карданної передачі	10
1.2	Особливості експлуатації та технічного обслуговування карданної передачі	12
1.3	Аналіз конструктивного виконання карданної передачі	14
1.4	Аналіз працездатності карданної передачі	16
2	РОЗРАХУНОК І ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЯ	26
2.1	Розрахунок річного обсягу робіт	26
2.2	Розрахунок чисельності ремонтно-обслуговуючого персоналу	28
2.3	Обґрунтування чисельності виробничих працівників	28
3	РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РЕСУРСУ	32
3.1	Дефектація та сортування деталей	32
3.2	Вибір раціонального способу усунення дефектів	33
3.3	Розробка схем усунення кожного дефекту окремо	34
4	ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ	37
4.1	Аналіз існуючих методів відновлення	37
4.2	Вибір методу відновлення шийок хрестовини карданного вала	39
4.3	Опис методу відновлення деталей наплавленням у середовищі вуглекислого газу на напівавтоматичному обладнанні	41
5	ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	44
5.1	Вибір установчих баз	44
5.2	Розробка маршруту технологічного процесу відновлення деталі	45
5.3	Розрахунок припусків на механічну обробку при відновленні	46
5.4	Розробка операцій технологічного процесу	47
5.5	Визначення кваліфікаційних вимог до робітників за операціями	49

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Смерчинський			Аналіз, оцінка надійності та розробка технології відновлення карданної передачі автомобіля	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Маковкін					4	65
Н. Контр.		Бабак			ХНУ АТс-22-2			
Затверд.		Лиха						

6	ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ПРИСТОСУВАНЬ І ІНСТРУМЕНТУ	50
6.1	Вибір обладнання та ріжучого інструменту	50
6.2	Опис конструкції пристосування	51
7	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	54
8	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА РОБІТ НА ДІЛЬНИЦІ ВІДНОВЛЕННЯ КАРДАННОГО ВАЛА	56
8.1	Виробнича санітарія	56
8.2	Протипожежна безпека	56
8.3	Техніка безпеки під час роботи на дільниці відновлення карданних валів	57
	ВИСНОВКИ	59
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
	ДОДАТКИ	65

## ВСТУП

Постійна нестача запасних частин у ремонтному виробництві є серйозним чинником зниження технічної готовності автотранспортного парку. Розширення ж виробництва нових запасних частин потребує значних матеріальних та трудових витрат. Водночас, близько 75% деталей, що вибраковуються під час першого капітального ремонту автомобілів, є придатними до відновлення або взагалі можуть бути повторно використані без додаткового втручання. Тому доцільною альтернативою розширенню виробництва нових запасних частин є повторне використання зношених деталей, відновлених у процесі ремонту автомобілів і їх агрегатів.

Практика ремонту свідчить, що більшість деталей, які вибраковуються через знос, втрачають не більше ніж 1–2% від початкової маси, при цьому їх міцність зберігається майже повністю. Наприклад, 95% деталей двигунів внутрішнього згорання вибраковуються при зносі, що не перевищує 0,3 мм, і більшість із них можуть бути повторно використані після відновлення.

З позиції матеріаломісткості відтворення машин економічна доцільність ремонту полягає у можливості повторного використання більшості деталей — як придатних, так і з граничним зносом — після їх відновлення. Це дозволяє здійснювати ремонт у коротші терміни з меншими витратами металу та інших матеріалів у порівнянні з виготовленням нових виробів.

Висока якість відремонтованих автомобілів та агрегатів висуває підвищені вимоги до ресурсу відновлених деталей. Відомо, що після капітального ремонту автомобільні деталі працюють, як правило, в гірших умовах, ніж нові, що пов'язано зі зміною базових розмірів, зсувом осей у корпусних деталях, зміною умов подачі мастила тощо. У зв'язку з цим технології відновлення повинні базуватись на таких методах нанесення покриттів та наступної обробки, які не лише забезпечують збереження, а й

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

підвищення ресурсу відремонтованих деталей. Наприклад, під час відновлення деталей за допомогою хромування, плазмового та детонаційного напилення, індукційного та лазерного наплавлення, контактного приварювання металевих шару, зносостійкість може значно перевищувати характеристики нових виробів.

Відновлення деталей автомобілів стало одним із ключових показників ефективної діяльності великих ремонтних підприємств, спеціалізованих малих виробництв та кооперативів. Фактично сформовано нову галузь промисловості — відновлення зношених деталей. Для низки найважливіших, найматеріаломісткіших та найдорожчих деталей обсяг вторинного використання значно перевищує потребу у нових запасних частинах. Наприклад, обсяг використаних відновлених блоків двигунів у 2,5 раза перевищує кількість нових, колінчастих валів — у 1,9 раза, картерів коробок передач — у 2,1 раза. Собівартість відновлення для більшості таких деталей не перевищує 75% вартості нових, а витрати матеріалів — у 15–20 разів менші, ніж при виготовленні з нуля. Висока економічна ефективність підприємств, що спеціалізуються на відновленні автомобільних деталей, забезпечує їм конкурентоспроможність в умовах ринкової економіки.

У розвинених країнах також приділяється велика увага технологіям і організації відновлення деталей. У США, Великій Британії, Японії, Німеччині ремонт здебільшого здійснюється на підприємствах-виробниках автомобілів. Відновлюють здебільшого дорогі, металомісткі та масові деталі — колінчасті і розподільчі вали, гільзи циліндрів, блоки та головки блоків, шатуни, гальмівні барабани тощо. Ремонтна база включає моторо- та агрегаторемонтні заводи виробників автомобілів, а також незалежні фірми-посередники. Наприклад, у США в сфері відновлення деталей працює близько 800 компаній. Це як спеціалізовані підприємства, так і компанії, що виготовляють комплектуючі для автомобілебудівної промисловості, де частка відновлених деталей у загальному обсязі продукції становить 10–40%.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7



Джерелом ремонтного фонду слугують деталі зі списаних автомобілів, які постачають автовиробники або фірми, що спеціалізуються на утилізації непридатної техніки. У США близько 25% потреб автотранспортних засобів у запасних частинах задовольняється за рахунок відновлення деталей.

					<i>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1. АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ АВТОМОБІЛЯ MERCEDES-BENZ

Карданні передачі застосовуються в трансмісіях автомобілів для передавання крутного моменту між механізмами, вали яких не розташовані на одній осі або знаходяться під кутом один до одного, причому їхнє взаємне положення може змінюватися під час руху автомобіля. Такі передачі можуть складатися з одного або кількох карданних шарнірів, з'єднаних карданними валами, а також проміжних опор.

Карданна передача також може використовуватися для приводу допоміжного обладнання, наприклад, лебідок, або в рульовому керуванні для з'єднання рульового колеса з механізмом рульової передачі.

До карданної передачі висуваються такі основні вимоги:

- передавання крутного моменту без виникнення додаткових навантажень у трансмісії (вигинальних, крутильних, вібраційних, осьових);
- можливість передавання крутного моменту за умов збереження однакових кутових швидкостей ведучого та веденого валів, незалежно від кута між з'єднуваними валами;
  - високий коефіцієнт корисної дії;
  - мінімальний рівень шуму під час роботи;
  - компактні габаритні розміри та мала маса;
  - простота конструкції та обслуговування;
  - технологічність виготовлення;
  - ремонтпридатність.

На автомобілях Mercedes-Benz переважно застосовуються карданні передачі відкритого типу, одновальні з двома карданними шарнірами, які забезпечують ефективне передавання крутного моменту від коробки передач до головної передачі заднього моста.

					КРБАТ 25.22131.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.1 Конструкція та принцип дії карданної передачі

Карданна передача (рис. 1.1) складається з карданного вала, фланця, ковзної вилки та двох карданних шарнірів.

Карданний вал являє собою тонкостінну трубу з внутрішнім діаметром близько 70 мм і товщиною стінки 1 мм. До його кінців запресовані та приварені вилки, в отворах яких встановлюються підшипники.

Задній кінець карданного вала через шарнір з'єднаний із фланцем провідної шестерні головної передачі. Фланець має центрівочний поясок і кріпиться чотирма болтами через прокладку, що запобігає витіканню мастила з картера заднього моста в разі підтікання.

Передній кінець карданного вала з'єднаний зі шліцьовою ковзною вилкою, хвостовик якої вставлений у втулку заднього картера коробки передач і ущільнений сальником та пилозахисною шайбою. При переміщеннях заднього моста хвостовик ковзної вилки переміщується по шліцах вторинного вала, забезпечуючи зміну довжини карданної передачі під час роботи трансмісії.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

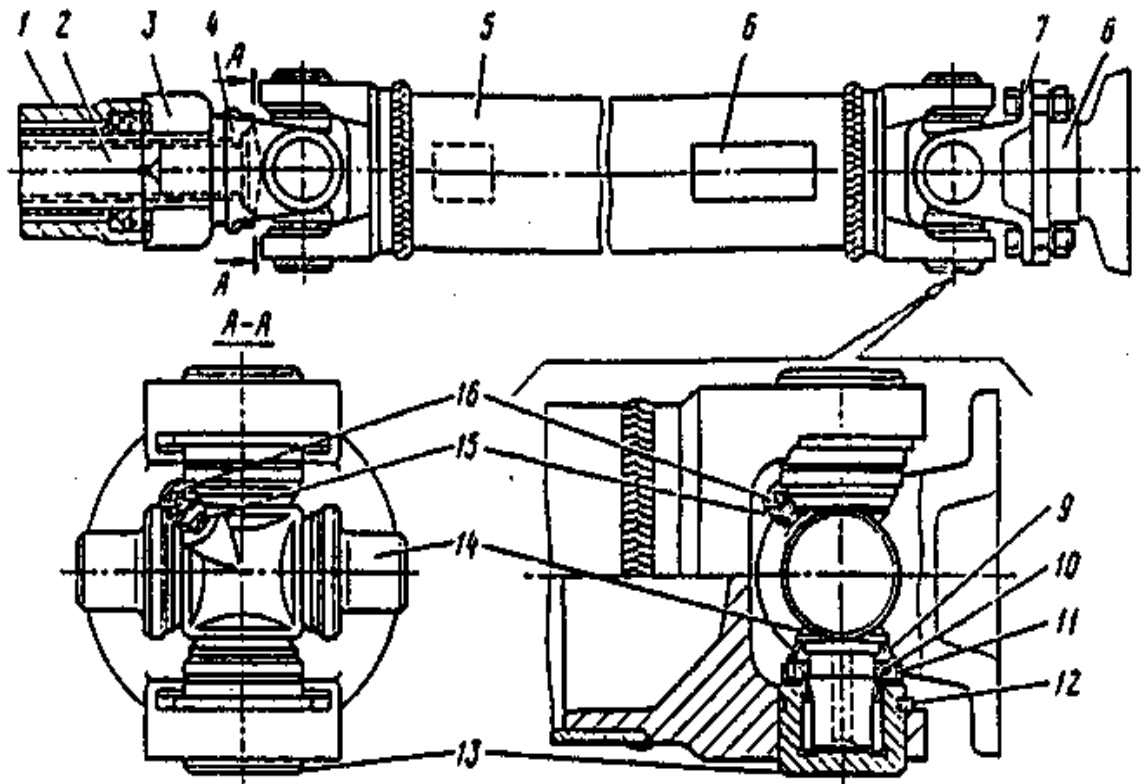


Рисунок 1.1 Карданна передача

1. Задній картер коробки передач
2. Вторинний вал коробки передач
3. Брудозахисне кільце ковзної вилки
4. Ковзна вилка
5. Карданний вал
6. Балансувальна пластина
7. Фланець карданного вала
8. Фланець ведучої шестерні головної передачі
9. Брудозахисне кільце
10. Манжета
11. Обойма манжети
12. Стопорне кільце
13. Корпус голчастого підшипника
14. Хрестовина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

11

15. Прес-маслянка
16. Захисний ковпачок маслянки

## 1.2 Принцип дії карданного шарніра

Карданний шарнір являє собою хрестовину (поз. 14), цапфи якої розміщуються в голчастих підшипниках, установлених у вушках вилок. До хрестовини вгвинчена прес-маслянка (поз. 15), що закривається гумовим захисним ковпачком (поз. 16). Через прес-маслянку змащення подається по каналам усередині хрестовини й канавках на цапфах до голчастих підшипників та торців цапф.

Корпуси (поз. 13) голчастих підшипників фіксуються у вушках стопорними кільцями (поз. 12). При цьому хрестовина розміщується з мінімальним зазором між її торцями та дном корпусу підшипника (не більше 0,03 мм), що забезпечує точне центрування хрестовини відносно вилок і запобігає її осьовому переміщенню.

Усередині корпусу підшипника встановлено по 20 голок діаметром 2 мм, з граничною похибкою до 0,003 мм. У корпус також запресовано штамповану обойму манжети (поз. 11), яка одночасно виконує роль утримувача голок і запобігає їхньому переміщенню та контакту з торцем гумової манжети.

Діаметри голок і отворів підібрані так, щоб після монтажу вони утворювали аркову структуру (світло) та не випадали в радіальному напрямку.

Для запобігання витіканню змащення з підшипника встановлюється гумова манжета (поз. 10) з пружиною. Особливістю конструкції є те, що крайка манжети орієнтована не на утримання змащення, як зазвичай, а навпаки — вона дозволяє надлишковому мастилу виходити під час

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

змащування шарніра при підвищеному тиску. Це виключає необхідність встановлення запобіжного клапана (рис. 1.2).

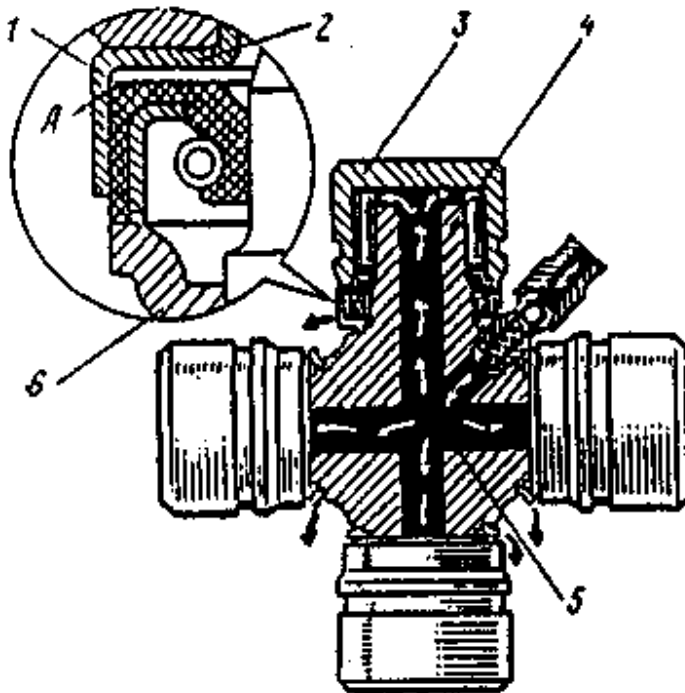


Рисунок 1.2 – Схема змащування карданного шарніра

1 Манжета – еластичний ущільнювач, який запобігає витіканню мастила з підшипника та проникненню пилу й вологи всередину.

2 Обойми манжети – металеві або пластикові частини, які утримують манжету в правильному положенні й забезпечують герметичність з'єднання.

3 Голчастий підшипник – роликовий підшипник з голчастими елементами, що забезпечує низький опір тертю при кутових переміщеннях хрестовини.

4 Хрестовина – центральний вузол карданного шарніра, передає крутний момент і забезпечує кутову рухливість вала.

5 Масляні канали – спеціальні внутрішні протоки у хрестовині й підшипниках, призначені для подачі мастильного матеріалу до зон тертя.

А – Фаска манжети – скошена кромка манжети, яка полегшує її монтаж і забезпечує кращу посадку з ущільненням.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

13

Зусилля пружини, що піджимає кромку манжети, підібране таким чином, щоб забезпечити вихід повітря та надлишків мастила при його нагнітанні та підвищенні тиску, а також під дією відцентрових сил. Водночас у підшипнику зберігається необхідна кількість мастила для його нормальної роботи.

Для захисту манжети від потрапляння вологи, бруду та пилу використовується напресований на хрестовину брудовідбивач (грязевідбивач), до якого щільно прилягає торець манжети.

### Експлуатація та технічне обслуговування карданної передачі

У процесі експлуатації необхідно періодично підтягувати гайки болтів кріплення фланця карданного вала до фланця ведучої шестерні заднього моста з моментом затягування 27–30 Н·м (2,7–3,0 кгс·м).

Через кожні 20 тис. км пробігу (а під час руху по брудних дорогах — кожні 10 тис. км) слід виконувати змащення карданної передачі до появи мастила з-під манжет хрестовини.

Змащення рекомендується виконувати трансмісійним маслом ТАД-17И або "Омскойл-СуперТ". Категорично заборонено використовувати солідол чи інші густі консистентні мастила, оскільки вони не надходять до голок підшипників під час роботи, тверднуть у каналах хрестовини та надалі перешкоджають проходженню рідкого мастила.

### 1.3 Аналіз конструкції карданної передачі

Удосконалення конструкцій карданних шарнірів з нерівномірною кутовою швидкістю обертання пов'язане з постійним підвищенням їх експлуатаційних характеристик: надійності, здатності передавати обертовий момент при значних кутах між валами та зменшенням втрат на тертя (підвищенням ККД).

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Високий ККД карданного шарніра необхідний для зменшення зносу та підвищення його довговічності. У сучасних автомобілях застосовуються карданні шарніри з голчастими підшипниками, які за умови дотримання технології виготовлення, раціональної конструкції та належного змащення цілком задовольняють вимогам надійності.

ККД карданного шарніра значною мірою залежить від кута  $\gamma$  між валами. Із зростанням цього кута ККД різко знижується. Для зменшення кута  $\gamma$  в деяких автомобілях двигун встановлюють з нахилом  $2...3^\circ$ , а також змінюють положення заднього моста, щоб надати ведучому валу головної передачі невеликий нахил. Проте повне зведення кута до нуля неприпустиме, оскільки це призводить до брінелювання — ушкодження поверхонь контакту під дією голок підшипників.

Брінеллюючий ефект посилюється при надмірному сумарному міжголковому зазорі, що спричиняє перекіс голок і створює значні контактні напруження на шийках хрестовини. У конструкціях карданних шарнірів легкових і вантажних автомобілів зазор коливається в межах  $0,1...1,5$  мм. Рекомендовано, щоб сумарний зазор не перевищував половини діаметра голки. Найчастіше використовуються голки діаметром  $2...3$  мм (допуски по діаметру — не більше  $5$  мкм, по довжині — до  $0,1$  мм). Усі голки добираються за розмірами з мінімальним розкидом. Заміна окремих голок або їх перестановка не допускається.

Хрестовина повинна бути точно відцентрованою. Це забезпечується точним закріпленням підшипникових стаканів за допомогою стопорних кілець. Недопустимий навіть мінімальний зазор між торцями шийок хрестовини та дном стаканів — він призводить до перемінного дисбалансу при обертанні вала. Водночас надмірне затягування стаканів може спричинити задири або перекіс голок.

Надійність роботи карданного шарніра переважно визначається ресурсом голчастих підшипників. Крім брінелювання, можливе і втомне

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



викришування (пітінг) контактних поверхонь, що спричинене надвисокими напруженнями. Тому шийки хрестовини виготовляють з високолегованої сталі, а робочі поверхні стаканів і шийок проходять цементацію для підвищення твердості.

#### 1.4 Аналіз працездатності карданної передачі

Аналіз працездатності конструкції включає кількісну оцінку параметрів, що визначають надійність та ефективність роботи карданної передачі. Такий аналіз повинен надати оцінку ступеня синхронності обертання валів, які з'єднуються за допомогою карданної передачі, забезпечення відсутності биття валів і резонансних явищ, а також визначити рівень жорсткості та надійності конструкції у конкретному автомобілі.

##### 1.4.1 Визначення синхронності обертання валів

Для карданної передачі з двома карданними шарнірами, вали якої розміщені в одній площині (рис. 1.3), прийнято розташовувати ведучі вилки шарнірів під кутом  $\pi/2$  ( $90^\circ$ ) одна відносно одної.

У випадку першого шарніра, ведуча вилка якого лежить у площині креслення, що приймається як початок відліку кута повороту валів, справедливе наступне співвідношення між кутами повороту ведучого та веденого валів:

Це викликає крутильні коливання та навантаження, які знижують ефективність і ресурс елементів трансмісії.

Щоб забезпечити синхронність обертання при наявності двох карданних шарнірів, їх необхідно з'єднувати так, щоб ведучі вилки обох шарнірів лежали в паралельних площинах, а самі шарніри розміщувалися симетрично. При дотриманні цих умов обертання веденого вала синхронізується з обертанням ведучого, тобто:

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таким чином, правильне розміщення шарнірів і їх синхронізація дозволяють уникнути нерівномірностей обертання та знизити навантаження на механізми трансмісії.

$$tgb = tga / \cos g_1 \text{ или } 1 / tgb = \cos g_1 / tga \quad (1.1)$$

Для другого шарніра, ведуча вилка якого повернута на кут  $\pi/2$  відносно площини креслення, у якій розміщена ведуча вилка першого шарніра, залежність кута повороту веденого вала від кута повороту ведучого валу описується виразом:

$$(\pi/2 + \varphi) = \text{tg}(\pi/2 + \beta) / \cos g_2 \text{ или } 1 / tgb = \cos g_2 / tga \quad (1.2)$$

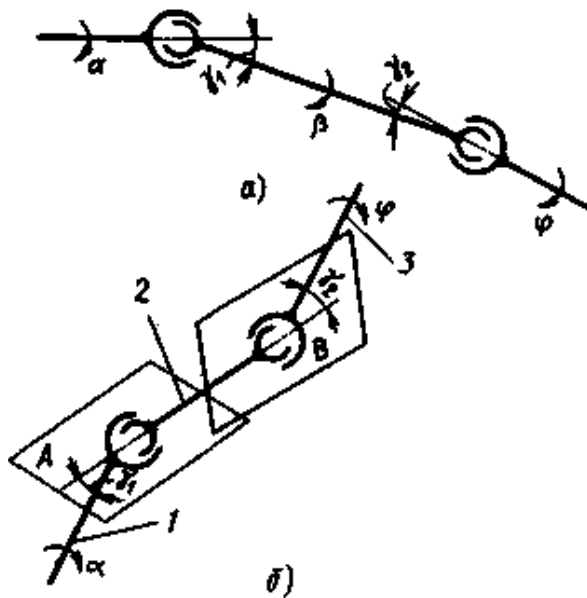


Рисунок 1.3 – Схеми двошарнірної карданної передачі:  
а – плоска; б – просторова

Під час аналізу кінематики двошарнірної карданної передачі важливо враховувати нерівномірність кутової швидкості, що виникає при використанні одного карданного шарніра. Ця нерівномірність може призвести до вібрацій, шуму та зниження ресурсу вузлів трансмісії.

Однак застосування двох карданних шарнірів, розташованих симетрично, дозволяє усунути цю проблему.

Аналітичне обґрунтування:

$$\cos\gamma_1 / \operatorname{tg}\alpha = \cos\gamma_2 / \operatorname{tg}\varphi \quad (1.3)$$

$$\alpha / \operatorname{tg}\varphi = \cos\gamma_2 / \cos\gamma_1 \quad (1.4)$$

Для кожного з двох карданних шарнірів залежність між кутовими швидкостями описується через кут нахилу валів ( $\alpha$ ) і кут повороту ( $\beta$ ).

Таким чином, за правильної установки карданних шарнірів (в одній площині та з кутом зміщення ведучих вилок на  $\pi/2$  (рі/2 $\pi/2$ )) забезпечується повна синхронність обертання валів. Це означає, що кутова швидкість вихідного вала збігатиметься з кутовою швидкістю вхідного вала в кожен момент часу, незважаючи на наявність кутів між валами та роботу через два карданні шарніри.

Висновок. Така конструкція двошарнірної карданної передачі забезпечує компенсацію зміни кутової швидкості, що виникає в кожному зі шарнірів окремо, завдяки їх взаємному розташуванню. Це особливо важливо для автомобілів із заднім приводом, у яких карданна передача піддається кутовим зміщенням через переміщення заднього моста.

Таким чином, рівність кутів повороту (синхронність обертання ведучого і веденого валів) карданної передачі з двома шарнірами, ведучі вилки яких повернуті одна відносно одної на кут  $\pi/2$ , можлива у випадку, якщо:

- Обидва шарніри лежать в одній площині, тобто осі ведучих і ведених валів розташовані так, що утворюють плоску систему;
- Кути між валами в обох шарнірах однакові, тобто вхідний і вихідний вали нахилені до проміжного вала під однаковими кутами;
- Кут між ведучими вушками шарнірів становить  $\pi/2$  ( $90^\circ$ ) — така установка забезпечує компенсацію змін кутових швидкостей у шарнірах.

Це гарантує рівномірну передачу обертання без пульсацій і вібрацій, що особливо важливо для надійної роботи трансмісії та комфорту під час руху.

$$\gamma_1 = \gamma_2 \quad (1.5)$$

#### Визначення міцності деталей карданної передачі

У карданному шарнірі з нерівними кутовими швидкостями визначаються навантаження, що діють на хрестовину та вилку. Шипи хрестовини працюють в умовах дії напружень вигину та зминання, а сама хрестовина зазнає розтягувальних напружень. Вилка піддається одночасно згину та крутінню.

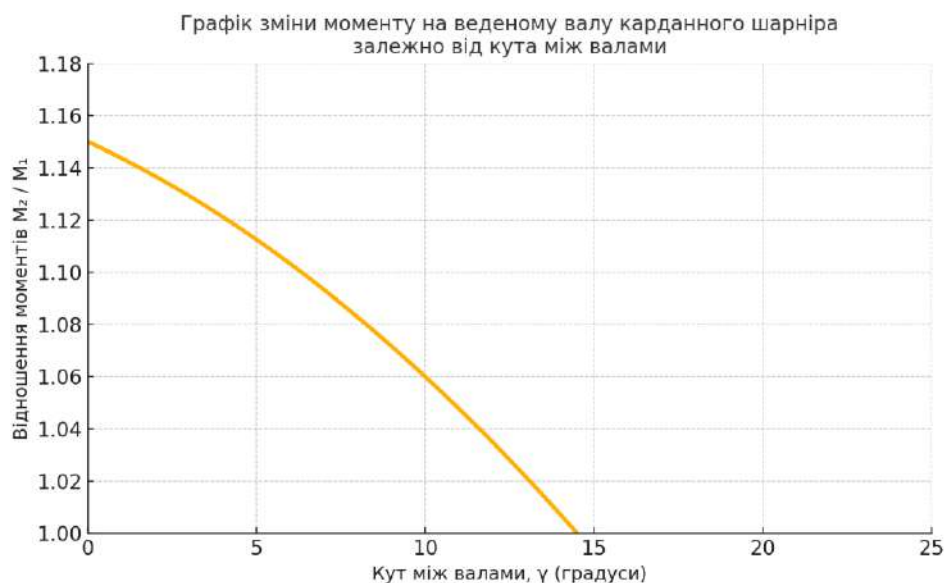


Рисунок 1.4 – Графік зміни крутного моменту на веденому валу карданного шарніра залежно від кута між валами

Як зазначалося раніше, обертальний момент, який передається через шарнір при нахилі валу, протягом одного оберту не є сталим. Отже, сили, що впливають на елементи шарніра, також змінюються. Для розрахунків навантаження вважаємо, що через шарнір передається максимальний крутний момент двигуна при ввімкненій першій передачі коробки перемикання передач. Розрахунок крутного моменту виконується за формулою:

$$M_p = M_{\text{дв. max}} \cdot U_I \quad (1.12)$$

$$M_p = 172,7 \cdot 4,05 = 699,44 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$\sigma = \frac{P \cdot a}{W} \quad (1.13)$$

Рисунок – Формула (1.12) – Розрахунок крутного моменту

де:

$M_p$  – розрахунковий обертальний момент, Н·м;

$M_{\text{дв. max}}$  – максимальний крутний момент двигуна, прийнято 172,7 Н·м;

$U_I$  – передаточне число першої передачі,  $U_I = 4,05$ .

Розрахунок:  $M_p = 172,7 \cdot 4,05 = 699,44 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Напруження вигину шипа хрестовини

Напруження вигину в шипі хрестовини визначається за класичною формулою згину стержня:

$$\sigma = \frac{P \cdot a}{W}$$

1.13

Рисунок – Формула (1.13) – Напруження вигину шипа хрестовини

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

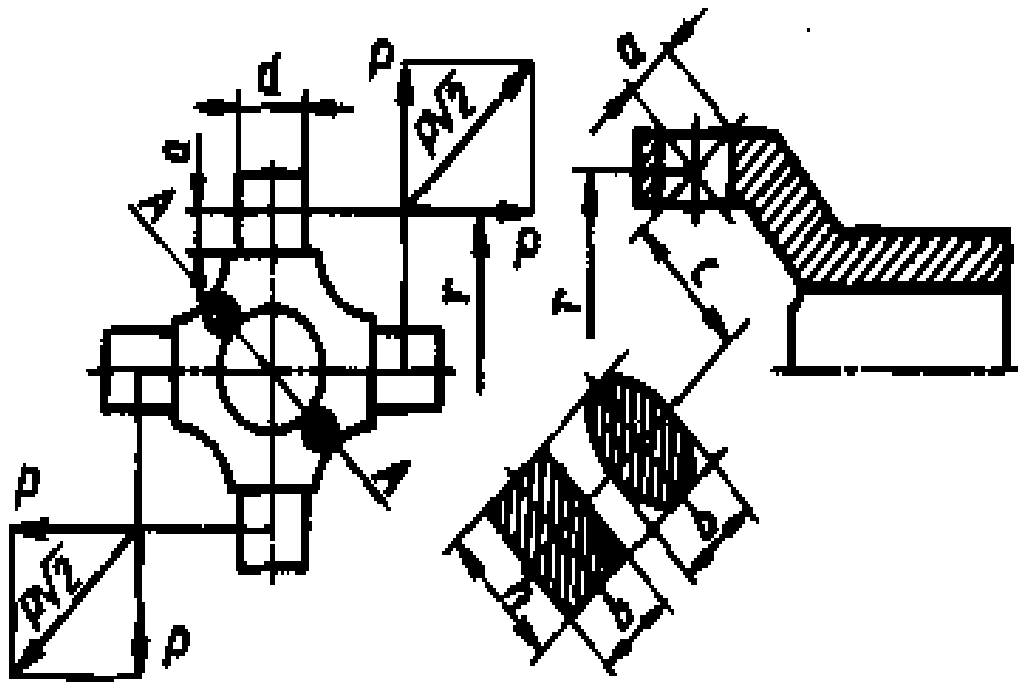


Рисунок. 1.5 – Розрахункова схема карданного шарніра

Умовно зосереджена нормальна сила визначається за формулою:

$$P = \frac{M_p}{r \cdot \cos \gamma}$$

1.14

Формула (1.14) – Розрахунок сили, що діє на шип

де:

$M_p$  – розрахунковий крутний момент, Н·м;

$r$  – відстань між серединами голчастих роликів протилежно розташованих підшипників кардана, приймається  $r = 66$  мм;

$\gamma$  – кут установки карданного валу,  $\gamma = 3^\circ$ .

Момент опору поперечного перерізу шипа визначається за формулою:

$$W = (\pi / 32) \cdot (d^4 - d_0^4) / d \quad (1.15)$$

де:

$d$  – зовнішній діаметр шипа,  $d = 16,3$  мм;

$d_0$  – діаметр отвору для змащування,  $d_0 = 5$  мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

21

Після підстановки значень отримаємо числове значення сили  $P$  та моменту опору  $W$ .

Відповідно, напруження вигину шипа хрестовини визначається за формулою (1.13):

$$\sigma = P \cdot a / W$$

Оцінку напруженого стану шипа при згині проводять шляхом порівняння з допустимим значенням:  $[\sigma] = 200$  МПа.

Оскільки  $[\sigma] > \sigma$ , можна зробити висновок, що шипи хрестовини мають запас міцності при згині.

Напруження зсуву шипа хрестовини

Напруження зсуву (срізу) в шипі хрестовини визначається за формулою:

$$\tau_s = \frac{P}{A}$$

1.16

де:  $P$  – зусилля, що діє на шип;  $A$  – площа поперечного перерізу шипа, мм<sup>2</sup>.

Допустиме напруження зсуву приймається  $[\tau_s] = 80$  МПа.

Якщо  $[\tau_s] > \tau_s$  – шип має запас міцності на зсув.

Напруження вигину вилки

Напруження вигину вилки визначається за залежністю:

$$\sigma_B = \frac{P \cdot c}{W_{об}}$$

1.17

де:  $c$  – плече сили  $P$ ,  $c = 25$  мм;  $W_{об}$  – момент опору перерізу вилки при вигині, мм<sup>3</sup>.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Момент опору перерізу вилки при вигині визначається за формулою:

$$W_{\sigma B} = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

1.18

де:  $b$  – ширина небезпечного перерізу,  $b = 19$  мм;  $h$  – висота перерізу,  $h = 46$  мм.

Допустиме напруження вигину приймається  $[\sigma] = 60$  МПа. Якщо  $[\sigma] > \sigma$ , то вилка має запас міцності.

Напруження кручення вилки

Напруження кручення у вилці визначається за формулою:

$$\tau = \frac{P \cdot a}{W_{\tau}}$$

1.19

де:  $a$  – плече дії сили  $P$ ,  $a = 7,5$  мм;  $W_{\tau}$  – момент опору при кручення, мм<sup>3</sup>.

Момент опору при кручення вилки обчислюється як:

$$W_{\tau} = \alpha \cdot b \cdot h^2$$

1.20

де:

$b$  – ширина небезпечного перерізу,  $b = 19$  мм;

$h$  – висота перерізу,  $h = 46$  мм;

$\alpha$  – коефіцієнт форми перерізу,  $\alpha = 0,258$ .

Таким чином, за результатами всіх розрахунків встановлено, що шип і вилка карданної передачі мають необхідний запас міцності при дії згину, зсуву та кручення.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Оцінка напруження при крученні вилки

Оцінку напруженого стану вилки при крученні проводимо шляхом порівняння з допустимим значенням:  $[\tau_k] = 120 \text{ МПа}$ .

Оскільки  $[\tau_k] > \tau_k$ , можна зробити висновок, що вилка карданного вала має запас міцності при крученні.

Згідно з проведеним розрахунком міцності, можна стверджувати, що деталі карданного вала мають достатній запас міцності, який забезпечує їхню довговічність за умови дотримання правил експлуатації карданної передачі.

Визначення міцності карданного вала при дії згинальних і скручувальних навантажень

Згинальні навантаження виникають внаслідок дисбалансу карданного вала, а також частково через дію осьових сил, що впливають на хрестовини карданного шарніра. Під час експлуатації дисбаланс може виникнути не лише в результаті пошкодження карданного вала, але й через зношення шліцьового з'єднання або підшипників карданного шарніра. Дисбаланс викликає вібрації та шум у карданній передачі.

Слід враховувати, що навіть добре збалансований вал через природний прогин під дією власної ваги при досягненні певної кутової швидкості — критичної частоти — втрачає стійкість; прогин зростає настільки, що можливе руйнування вала.

Прийmemo, що карданний вал — це балка, навантажена рівномірно та оперта на дві опори. Критична частота обертання визначається за формулою:

$$n_{кр} = \frac{K}{L_b^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{m}}$$

1.21

Формула (1.21) – Критична частота обертання карданного вала

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

де:

$L_v$  – довжина карданного вала,  $L_v = 1815$  мм;

$D$  – зовнішній діаметр труби карданного вала,  $D = 73$  мм;

$d$  – внутрішній діаметр труби карданного вала,  $d = 71$  мм.

На основі отриманих розрахункових даних можна зробити висновок, що карданний вал, встановлений на автомобіль, має достатній запас міцності як за критичною частотою обертання, так і за скручувальними навантаженнями. Це забезпечує гарантований термін служби вала за умови дотримання вимог експлуатації транспортного засобу.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 2. РОЗРАХУНОК І ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЯ

У технологічному розрахунку станції технічного обслуговування (СТО) виробнича програма за видами технічного впливу не розраховується, а приймається відповідно до заданої потужності станції. Для міських СТО виробнича програма характеризується кількістю комплексно обслуговуваних автомобілів за рік, тобто кількістю автомобілів, яким на станції виконується весь комплекс робіт із підтримання їх у технічно справному стані протягом року. Виробнича програма є основним показником для розрахунку річного обсягу робіт.

Вихідні дані для розрахунку:

Кількість автомобілів у регіоні – 960

Середньорічний пробіг – 22,0 тис. км

### 2.1 Розрахунок річного обсягу робіт

Річний обсяг робіт міських СТО включає технічне обслуговування (ТО), поточний ремонт (ТР) та прибирально-мийні роботи. Обсяг робіт з ТО і ТР у людино-годинах розраховується за формулою:

$$T = \frac{N_{\text{СТО}} \cdot L_{\Gamma} \cdot t}{1000} \quad (2.1)$$

де:

$N_{\text{СТО}}$  – кількість автомобілів, що перебувають в експлуатації;

$L_{\Gamma}$  – середньорічний пробіг, км;

$t$  – питома трудомісткість робіт з ТО і ТР, людино-год/1000 км.

Згідно з ОНТП-01-91 питома трудомісткість ТО і ТР для міських СТО (середній клас автомобілів, 5...10 постів) приймається  $t = 2,7$ .

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Розрахунок:

$$Q = 960 \cdot 22000 \cdot 2,7 / 1000 = 57024 \text{ люд.-год.}$$

Вид робіт	Усього, люд.- год	%	На постах, люд.- год	%	На ділянках, люд.-год	%
Діагностичні	2851	5	2851	100	-	-
ТО в повному обсязі	14256	25	14256	100	-	-
Змащувальні	2280,96	4	2280,96	100	-	-
Регулювання кутів установки передніх коліс	2851	5	2851	100	-	-
Ремонт і регулювання гальм	2851	5	2851	100	-	-
Електротехнічні	2851	5	2280,8	80	570,2	20
За приладами паливної системи	2851	5	1995,7	70	855,3	30
Акумуляторні	1140,5	2	114,1	10	1026,4	90
Шиномонтажні	2851	5	855,3	30	1995,7	70
Ремонт вузлів, систем, агрегатів	5702	10	2851	50	2851	50
Кузовні й арматурні	5702,4	10	4276,8	75	1425,6	25

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

27

Фарбувальні й антикорозійні	5702,4	10	5702,4	100	-	-
Оббивальні	570,24	1	285,12	50	285,12	50
Слюсарно-механічні	4561,92	8	-	-	4561,92	100
Разом:	57024	100				

## 2.2 Розрахунок чисельності ремонтно-обслуговуючого персоналу

Технологічно необхідна кількість робітників, які безпосередньо забезпечують виконання річного обсягу робіт з ТО і ТР, визначається за формулою:

$$P_T = \frac{T_T}{\Phi_T} = \frac{57024}{2070} \approx 28 \quad (2.2)$$

де:

$T_T$  – річний обсяг робіт, люд.-год;

$\Phi_T$  – річний фонд часу технологічно необхідного працівника при одно-змінній роботі, год.

Штатна чисельність робітників визначається з урахуванням фонду робочого часу штатного працівника:

$$P_{ш} = \frac{T_T}{\Phi_{ш}} = \frac{57024}{1820} \approx 31 \quad (2.3)$$

де  $\Phi_{ш}$  – річний фонд часу штатного працівника, год.

## 2.3 Обґрунтування чисельності виробничих робітників

До складу працівників СТО входять такі категорії персоналу: робітники; керівники; спеціалісти; службовці.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Чисельність основних виробничих робітників визначається за результатами розрахунків. Окрім робіт з ТО і ТР, на СТО виконуються допоміжні роботи, обсяг яких становить 20...30% загального обсягу робіт з обслуговування рухомого складу.

Обсяг допоміжних робіт визначається за формулою:

$$T_{всп} = 0,2 \cdot T_z = 0,2 \cdot 57024 = 11404,8 \quad (2.4)$$

Таблиця 2.2 – Орієнтовний розподіл допоміжних робіт (за ОНТП-01-91)

Вид роботи	Обсяг, люд.-год	%
Ремонт і обслуговування техн. обладнання, оснастки та інструменту	2851,2	25
Ремонт і обслуговування інж. обладнання, мереж і комунікацій	2280,96	20
Перегін автомобілів	1140,48	10
Приймання, зберігання і видача матеріальних цінностей	2280,96	20
Прибирання приміщень і території	1710,72	15
Обслуговування компресорного обладнання	1140,48	10
РАЗОМ:	11404,8	100

Таблиця 2.3 – Розподіл робітників за професіями та кваліфікацією

Категорія працівників	Чисельність	Розряд
1. Основні виробничі робітники	31	3
2. Допоміжні робітники:		
- технічне та компресорне обладнання	1	4
- інженерне обладнання, мережі та комунікації	1	4
- перегін, приймання, зберігання ТМЦ	1	-
- прибирання приміщень і території	1	-
3. Майстер	1	-
4. Бухгалтер	1	-
РАЗОМ:	37	-

Уточнення до розрахунку фонду часу та резерву чисельності:

Розрахунок річного фонду робочого часу технологічно необхідного працівника виконується за формулою:

$$\Phi_{\text{т}} = \text{Д} \cdot \text{Т}_{\text{зм}} \cdot \text{К}_{\text{зм}} \cdot \text{К}_{\text{еф}}$$

де:

Д – кількість робочих днів на рік (наприклад, 250);

Т<sub>зм</sub> – тривалість зміни, год (8 год);

К<sub>зм</sub> – коефіцієнт змінності (1 для однозмінної роботи);

											Арк.
											30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>						

$K_{\text{эф}}$  – коефіцієнт ефективного використання робочого часу (наприклад, 0,9).

Тоді:

$$\Phi_{\text{т}} = 250 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 1800 \text{ год/рік}$$

Для забезпечення безперервності обслуговування рекомендується передбачати резерв персоналу (5–10%) на випадок тимчасової непрацездатності, відпусток тощо.

З урахуванням резерву штатна чисельність розраховується як:

$\text{Ч}_{\text{ш}}$  (з урах. резерву) =  $\text{Ч}_{\text{ш}} \cdot (1 + R)$ , де  $R$  – коефіцієнт резерву (наприклад, 0,1)

Кваліфікаційна структура персоналу:

Кількість робітників за кваліфікаційними розрядами формується відповідно до типів і складності виконуваних робіт. Переважна більшість виробничих робітників мають 3-й та 4-й розряд, що є доцільним для СТО середнього рівня складності. Роботи, пов'язані з електрообладнанням, гальмівними системами та діагностикою, потребують більшої точності, тому виконуються персоналом з вищим розрядом або під керівництвом майстра.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



### 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РЕСУРСУ

#### 3.1 Дефектація і сортування деталей

Деталі автомобіля після миття та очищення відповідно до технологічного процесу піддаються дефектації, тобто контролю з метою виявлення дефектів.

Основні завдання дефектації та сортування:

- контроль технічного стану деталей;
- сортування на три групи:
- придатні до подальшого використання;
- ті, що підлягають відновленню;
- непридатні;
- накопичення інформації про результати дефектації для удосконалення технологічних процесів та визначення коефіцієнтів придатності, змінності й відновлюваності;
- сортування деталей за маршрутами відновлення.

Дефектація виконується шляхом візуального огляду та з використанням спеціального інструменту, пристроїв та приладів. Результати фіксуються шляхом маркування: зеленою фарбою – придатні, червоною – непридатні, жовтою – ті, що підлягають відновленню.

Кількісні показники дефектації фіксуються у дефектувальних відомостях. Після статистичної обробки дані дозволяють уточнювати коефіцієнти технічного стану деталей.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Вибір раціонального способу усунення дефектів деталей

Правильний вибір способу усунення дефектів є критичним етапом у технології ремонту. Він має забезпечити відновлення функціональних властивостей деталі з максимально можливим подовженням ресурсу при мінімальних витратах матеріальних і трудових ресурсів.

Основні критерії вибору способу ремонту:

- Ступінь зношування або пошкодження: для незначних дефектів доцільно використовувати шліфування чи полірування; для серйозних — наплавлення, металізацію або втулкування.
  - Матеріал деталі: вибір залежить від хімічного складу, зварюваності, термооброблюваності.
  - Точність і чистота обробки, що потрібні після ремонту.
  - Технологічні можливості СТО: наявність відповідного обладнання та кваліфікації персоналу.
  - Термін служби деталі після ремонту: очікуваний ресурс повинен бути не нижчим за економічно доцільний рівень.
  - Вартість відновлення у порівнянні з вартістю нової деталі.
- До найпоширеніших методів відновлення відносяться:
- Механічна обробка (шліфування, розточування) – ефективна при малому зносі або як завершальний етап.
  - Електродугове або газопорошкове наплавлення – дозволяє збільшити розміри зношеної поверхні з наступною обробкою.
  - Металізація – менш енерговитратний спосіб відновлення шляхом нанесення тонкого шару металу.
  - Втулкування – заміна посадочного місця новим елементом зі сталі, бронзи або інших матеріалів.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- Заміна – доцільна при критичних пошкодженнях або при низькій ефективності ремонту.

Практична рекомендація:

Для забезпечення технологічної повторюваності, доцільно встановити типові схеми ремонту для кожного дефекту, а також визначити допустимі відхилення розмірів після обробки. Це дозволить забезпечити стабільну якість ремонту й спростити контроль.

### 3.3 Розробка схем усунення кожного дефекту окремо

Для кожного виявленого дефекту слід визначити послідовність операцій технологічного процесу відновлення.

Таблиця 3.1 – Схема технологічного процесу усунення дефектів хрестовини карданного вала

Дефект	Спосіб відновлення	№ операції	Найменування і зміст операції
Погнутість	Правка	005	Правка
Знос шийок хрестовини (посадочне місце підшипників)	Наплавлення з подальшою обробкою	005	Шліфування (правка абразивним інструментом)
		010	Наплавлення
		015	Термічна обробка
		020	Шліфування
		025	Контроль

Знос торців шипів	Наплавлення з подальшою обробкою	005	Шліфування (правка абразивним інструментом)
		010	Наплавлення
		015	Термічна обробка
		020	Шліфування
		025	Контроль

Основні методи дефектації деталей:

- Візуально-оптичний метод (огляд, лупа, ендоскоп);
- Магнітопорошковий метод (для виявлення поверхневих і підповерхневих тріщин);
- Ультразвуковий метод (для суцільних тіл – шипів, валів);
- Капілярний метод (для виявлення мікротріщин);
- Механічна перевірка посадок із застосуванням калібрів.

Критерії вибору раціонального способу усунення дефектів:

- Вартість ремонту й ресурс деталі після відновлення;
- Наявність необхідного технологічного обладнання на підприємстві;
- Матеріал деталі і його зварюваність або оброблюваність;
- Простота й швидкість виконання технологічного маршруту;
- Експлуатаційні властивості після ремонту.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика способів усунення дефектів:

Метод відновлення	Необхідне обладнання	Переваги	Обмеження
Наплавлення	Зварювальний апарат	Можна відновити розміри; міцність	Не для всіх сплавів; потребує термообробки
Втулкування	Токарний верстат	Швидко; просто	Зниження ресурсу; змінення конструкції
Шліфування	Шліфувальний верстат	Точність, гладкість	Не усуває значного зносу
Заміна	Складальний інструмент	Повна заміна зношеної частини	Висока вартість; потреба у запчастинах

Обладнання, що використовується під час операцій:

- Правка – гідравлічний стенд або ручні преси;
- Наплавлення – ручне дугове зварювання або напівавтомат;
- Термообробка – муфельна піч або індукційний нагрівач;
- Шліфування – круглошліфувальні верстати;
- Контроль – мікрометри, калібри-пробки, штангенциркулі, пристрої для НК-контролю.

#### 4. ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ

Більшість деталей автомобілів (близько 65%) мають знос до 0,15 мм, і лише близько 5% деталей при капітальному ремонті мають знос понад 0,5 мм. Повторне використання після відновлення можливе для понад 70% зношених деталей. Ремонтне виробництво володіє достатньою кількістю технологічних методів, які дозволяють відновити майже всі зношені або пошкоджені деталі, крім гумових, пластикових і дерев'яних. Вибір способу відновлення залежить, передусім, від форми робочих поверхонь і характеру зносу.

Розподіл деталей за формою зношуваних поверхонь (у % до загальної кількості деталей):

Форма зношеної поверхні	% до загальної кількості
Зноси великих отворів	7,7
Зноси малих отворів	31,0
Зноси шийок валів і осей	11,5
Зноси шпоночних канавок і шліців	5,5
Зноси фасонних поверхонь	10,3
Зноси різьб	5,0
Зноси й короблення площин	18,0
Інші зноси	11,0
Разом	100,0

Розподіл деталей за величиною зносу робочих поверхонь (у %):

Знос, мм	% до загальної кількості
0,01–0,07	42,2
0,07–0,14	23,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

37

0,14–0,21	11,1
0,21–0,28	7,5
0,28–0,35	5,0
0,35–0,42	3,7
0,42–0,49	2,2
> 0,49	5,1

Характерними дефектами, що вимагають усунення під час ремонту, є:

- знос – порушення розмірів, форми, положення поверхонь;
- механічні пошкодження – тріщини, надщерблення, риски, пробоїни;
- ушкодження захисних (антикорозійних) покриттів.

Метою відновлення є повернення деталі таких властивостей:

- міцність (у тому числі втомна);
- задані форма й розміри;
- якість поверхневого шару та шорсткість;
- наявність захисних покриттів (фарбування, гальваніка тощо).

При роботі деталей у важких умовах експлуатації (високі навантаження, вібрація, агресивне середовище) відновлення має забезпечити не лише геометричну точність, але й фізико-механічні властивості – тріщиностійкість, зносостійкість, корозійну стійкість тощо. У більшості випадків це досягається шляхом комплексного застосування наплавлення, термообробки, шліфування і нанесення нових захисних шарів.

#### 4.1 Аналіз існуючих методів відновлення

Відновлення деталей має важливе значення в авторемонтному виробництві, оскільки його вартість у 2–3 рази нижча за вартість виготовлення нових деталей. Це пояснюється суттєвим скороченням витрат

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

на матеріали, електроенергію та трудові ресурси. Ефективність і якість відновлення залежать від обраного способу. Найпоширенішими є: механічна обробка, зварювання й наплавлення, напилення, гальванічна та хімічна обробка, обробка тиском, використання синтетичних матеріалів.

За характером дефектів процеси відновлення поділяються на дві групи:

а) відновлення деталей з механічними пошкодженнями (тріщини, деформації, пробоїни);

б) відновлення зношених робочих поверхонь (овальність, зменшення розмірів, конусність тощо).

Найпоширенішим методом відновлення є зварювання і наплавлення. Сварку застосовують для усунення тріщин, обломів, пробоїн, а наплавлення – для компенсації зносу шляхом нанесення додаткового металу на зношену поверхню. Серед найбільш вживаних методів наплавлення – автоматична дугова наплавка під флюсом, наплавлення у захисному газовому середовищі та вібродугове наплавлення. Перспективними є лазерне й плазмове наплавлення. Цими методами відновлюється до 40% усіх деталей.

Найпоширеніші способи зварювання та наплавлення:

- ручне дугове зварювання;
- газове зварювання;
- напівавтоматичне зварювання у середовищі CO<sub>2</sub>;
- зварювання порошковим дротом;
- вібродугове наплавлення;
- автоматичне наплавлення під флюсом;
- контактне електрозварювання.

Інші методи відновлення:

- Пайка – застосовується для нероз'ємних з'єднань;
- Газотермічне напилення – нанесення металу у вигляді шару товщиною від 0,03 мм до кількох міліметрів без перегріву основного металу;

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



- Гальванічна та хімічна обробка – хромування, осталювання, електронатирання;
- Полімерні матеріали – на основі епоксидних смол для відновлення геометрії або склеювання;
- Слюсарно-механічна обробка – для доведення під ремонтні розміри, встановлення додаткових елементів;
- Пластична деформація – наочучування, осадка, обтискання (без зміни маси деталі);
- Замінні ремонтні вставки – застосування додаткових елементів, виготовлених окремо;
- Синтетичні матеріали – вирівнювання поверхонь, склеювання корпусів, відновлення оперення кузова.

Вибір способу відновлення залежить не лише від типу дефекту, а й від матеріалу деталі, її призначення, умов експлуатації та економічної доцільності. У більшості випадків поєднується декілька способів: наприклад, наплавлення з подальшим шліфуванням або термообробкою.

#### Електроіскрова обробка

Електроіскрова обробка ґрунтується на явищі локального руйнування металу в результаті електричного розряду. Цей метод може застосовуватись як самостійно, так і в складі комбінованої технології для підготовки або фінішної обробки поверхонь деталей, відновлених іншими способами. Обробці піддаються деталі з будь-якого металу або сплаву. Як електрод-інструмент можуть використовуватись латунь, мідь, чавун, алюміній та їх сплави.

#### Зміцнювальна обробка

Зміцнювальна обробка є завершальним етапом відновлення і має на меті досягнення заданих фізико-механічних властивостей поверхні. Вона дозволяє підвищити твердість, зносостійкість, опір втомі та корозійну

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

стійкість деталей. Типовими прикладами є поверхнева термообробка, накатка, азотування, шот-пінінг та ін.

#### Висновок

Перелічені методи відновлення забезпечують необхідний рівень якості та надійності роботи деталей у межах міжремонтного ресурсу. Досягнення якісного відновлення можливе лише за умови правильного вибору способу ремонту, контролю режимів наплавлення або нанесення покриттів, а також точного дотримання параметрів фінішної обробки. Важливу роль також відіграють властивості матеріалів, що застосовуються для відновлення, та режим їх обробки.

#### 4.2 Вибір методу відновлення шийок хрестовини карданного вала

Довговічність відремонтованих автомобілів значною мірою залежить від методів відновлення деталей та організації процесу ремонту. Використання ефективних способів дозволяє подовжити ресурс деталей, зменшити витрати на запасні частини, матеріали та трудові ресурси. Централізоване відновлення на спеціалізованих підприємствах із сучасним обладнанням є найбільш ефективним.

Вибір способу відновлення залежить від:

- конструктивно-технологічних особливостей деталі (форма, матеріал, термообробка, твердість, точність);
- умов роботи (навантаження, вид тертя, знос);
- експлуатаційних характеристик відновлювальних методів;
- вартості та трудомісткості відновлення.

Оцінити доцільність застосування певного методу допомагає технологічний критерій (критерій придатності), який ґрунтується на структурних характеристиках деталі. Наприклад, деталі з невеликим

діаметром, високою твердістю поверхні та малим зносом нераціонально відновлювати ручною дуговою наплавкою або металізацією.

Для остаточного вибору слід оцінити методи за критерієм довговічності – визначити, який спосіб забезпечує найбільший ресурс деталі після ремонту.

Шийки хрестовини карданного вала повинні мати високу твердість, зносостійкість і точність розмірів. Найбільш доцільним методом відновлення є наплавка. Вибір конкретного виду наплавки залежить від:

- а) матеріалу хрестовини;
- б) поверхневої твердості після термообробки;
- в) величини зносу;
- г) геометрії деталі;
- д) необхідності подальшої механічної обробки;
- е) економічної доцільності.

- Ручна дугова наплавка застосовується для великих деталей з незначною твердістю (до НВ 350-400).

- Автоматична наплавка під флюсом – доцільна для масового ремонту й забезпечує високу якість.

- Наплавка у середовищі CO<sub>2</sub> – раціональна для відповідальних деталей малого діаметра з високою твердістю (HRC 40–60).

- Електроімпульсна наплавка – не рекомендується для деталей, що зазнають динамічних навантажень.

- Газоелектрична наплавка також застосовується для дрібних деталей різної твердості.

З огляду на вищезазначене, найбільш раціональним і економічно обґрунтованим методом для відновлення шийок хрестовини карданного вала є наплавка у середовищі вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), що забезпечує необхідну зносостійкість та точність.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

### 4.3 Опис методу відновлення деталей наплавкою пів автоматом у середовищі вуглекислого газу

Пів автоматичне наплавлення в середовищі CO<sub>2</sub> використовується для відновлення деталей з невеликим діаметром (приблизно 10 мм), при цьому товщина наплавлюваного шару становить 0,8–1,0 мм. Метод придатний як для зовнішніх, так і для внутрішніх поверхонь. Валики можуть накладатись спірально (для циліндричних поверхонь) або поздовжньо (для площин і шліців).

Для процесу застосовується пів автомат А-547Р або наплавлювальні головки, аналогічні тим, що використовуються при наплавці під флюсом. Джерелом струму й газовою апаратурою служить стандартне обладнання для зварювання у середовищі CO<sub>2</sub>. Наплавлення ведеться постійним струмом: зазвичай — зворотної полярності, а для досягнення високої твердості — прямої полярності.

При використанні прямої полярності глибина проплавлення менша, а отже, нижча й доля основного металу в зоні наплавлення. Для підвищення зносостійкості застосовуються леговані електродні дроти: Св-08ГС, Св-08Г2СА, Св-30ХГСА, Св-10Х13, Св-2Х13. Остання дозволяє досягти твердості HRC 55. Проволока може бути як суцільною, так і порошковою, з підвищеним вмістом розкислювачів.

Продуктивність наплавки в CO<sub>2</sub> у 3–5 разів вища за ручну дугову наплавку. У порівнянні з електроімпульсною наплавкою цей спосіб забезпечує більш високу якість без утворення тріщин, із високою твердістю та зносостійкістю.

Устаткування для газоелектричної наплавки включає: токарний верстат з редуктором зниження обертів, механізм подачі дроту на супорті верстата, апаратний ящик, зварювальний перетворювач, балон з CO<sub>2</sub>, редуктор з

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

витратоміром, осушувач, підігрівач газу та шланги. Техніка накладання валиків відповідає методиці автоматичної наплавки під флюсом.

Таблиця 4.1 - Типові параметрами наплавки:

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕННЯ
Діаметр проволоки	0,8 – 1,2 мм
Струм наплавки	180 – 220 А
Напруга	24 – 28 В
Швидкість подачі дроту	5 – 7 м/хв
Швидкість переміщення	10 – 15 см/хв
Товщина шару наплавки	0,8 – 1,2 мм

Переваги та недоліки методу:

Переваги:

- Висока продуктивність (у 3–5 разів вища за ручну);
- Мінімальна термічна деформація деталі;
- Висока якість шва і відсутність тріщин;
- Можливість автоматизації процесу;
- Підходить для внутрішніх та зовнішніх поверхонь.

Недоліки:

- Високі вимоги до підготовки поверхні;
- Необхідність точного налаштування режимів;
- Обмежена товщина наплавлення.

Схематичне зображення або опис технологічної схеми установки:

Опис потоку матеріалу і газу:

«Проволока подається через механізм на супорті токарного верстата, зона наплавки обдувається CO<sub>2</sub>, утворюючи захисне середовище. Джерело

струму забезпечує необхідні параметри для стабільного зварювального процесу...»

Оцінка якості наплавленого шару:

- твердість (HRC 50–55);
- зносостійкість — в 1,5–2 рази вища за основний метал;
- адгезія шару — без тріщин і відшаровування.

					КРБАТ 25.22131.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

### 5.1 Вибір установочних баз

Установочні бази — це поверхні деталі, які використовуються для її орієнтації при встановленні в пристрій або безпосередньо на верстаті. При встановленні деталі у пристрій за бази приймають реальні поверхні, якими деталь контактує з опорними елементами пристрою. До установочних баз можуть належати: плоскі, внутрішні, торцеві поверхні, отворів, зовнішні циліндричні поверхні, центрувальні заглиблення тощо.

При виборі технологічної бази слід дотримуватися таких вимог:

- обирати поверхні, що визначають положення деталі в зібраному виробі (вимірювальні, збіркові);
- базові поверхні повинні мати точне розташування відносно оброблюваних;
- обрана база має забезпечити можливість обробки усіх необхідних поверхонь без перестановок.

Таблиця 5.1 – Вибір установочних баз при ремонті хрестовини карданного вала

Дефект	Спосіб відновлення	№ операції	Установочна база
Вигин хрестовини	Правка	1	Зовнішня поверхня шипів
Знос шийок хрестовини (посадка під підшипники)	Наплавлення з подальшою обробкою	2	Центрування по отвору для змащування; зовнішня

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*КРБАТ 25.22131.000.ПЗ*

Арк.

46

			поверхня шипів
Знос торців шипів	Наплавлення з подальшою обробкою	з 3	Зовнішня поверхня шипів

## 5.2 Розробка маршруту технологічного процесу відновлення деталі

Під час розробки технологічного процесу відновлення насамперед усувають механічні пошкодження. Це пояснюється тим, що наплавлення створює залишкові напруження, які можуть спричинити короблення деталі.

Наступним етапом є усунення короблення опорних поверхонь за допомогою шліфування. Обробку починають із установочної площини, якщо вона має викривлення. Центрувальними поверхнями служить отвір для змащування під голчасті підшипники — оскільки вони, як правило, не зношуються, то інші поверхні обробляються з базуванням на цю поверхню.

При визначенні маршруту відновлення слід дотримуватись таких принципів:

- поєднання дефектів у маршруті має бути технічно виправданим;
- кількість маршрутів відновлення має бути мінімальною;
- враховувати спосіб відновлення, який застосовується;
- економічна доцільність маршруту має бути підтверджена.

Таблиця 5.2 – Маршрут відновлення хрестовини карданного вала

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
005	Правка	Правка хрестовини по формі
010	Шліфування	Шліфування шийок



	(абразивне)	хрестовини
015	Наплавлення	Наплавлення шийок хрестовини
020	Термообробка	Термообробка шипів хрестовини
025	Шліфування	Обробка шийок до номінального розміру
030	Контрольна	Контроль деталі згідно з технічною документацією

### 5.3 Розрахунок припусків на обробку при відновленні деталей

Правильно визначені операційні припуски впливають на якість обробки та собівартість ремонту. При обробці до початкового розміру припуск розраховується за формулою:

$$S = D_1 - D_2 \text{ (мм)} \quad 5.1$$

де:  $D_1$  – діаметр шипа до обробки, мм;

$D_2$  – діаметр після обробки, мм.

Таблиця 5.3 – Припуски на обробку при відновленні деталей

№ операції	Найменування та зміст операції	Припуск, мм
010	Шліфування шийок шипів хрестовини	0,5
010	Шліфування торців шипів хрестовини	0,5

015	Наплавлення шийок шипів хрестовини	1,8
025	Шліфування шийок (чернова обробка)	0,8
025	Шліфування торців (чернова обробка)	0,8
025	Шліфування торців (чистова обробка)	0,2
025	Шліфування шийок (чистова обробка)	0,2

#### 5.4 Розробка операцій

До елементів технології, що підлягають стандартизації, належать:

- склад і послідовність технологічних операцій (типова схема);
- міжопераційні вимоги;
- сама технологічна операція;
- засоби технічного оснащення;
- режими обробки;
- схеми базування;
- технологічна документація тощо.

Таблиця 5.4 – Розробка операцій

№ операції	Найменування операції	Зміст операції
005	Правка	1. Установити деталь на форму та закріпити

		2. Виконати правку 3. Зняти деталь
010	Шліфування	1. Установити й закріпити деталь 2. Шліфування шийок на глибину 0,5 мм (2 установа) 3. Шліфування торців на глибину 0,5 мм (4 установа) 4. Зняти деталь
015	Наплавлення	1. Установити й закріпити деталь 2. Наплавити шийки до Ø17,2 мм 3. Наплавити торці до 83 мм 4. Зняти деталь
020	Термообробка	1. Установити деталь 2. Провести термообробку 3. Зняти деталь
025	Шліфування	1. Установити й закріпити деталь 2. Шліфування шийок до Ø16,3 мм (2 установа) 3. Шліфування торців

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

50

		до 80 мм (4 установка) 4. Зняти деталь
030	Контроль	Контролювати розміри деталі згідно з техдокументацією

### 5.5 Визначення кваліфікації робітників за операціями

Таблиця 5.5 – Розряд робітників при виконанні операцій

№ операції	Найменування операції	Розряд робітника
005	Правка	3
010	Шліфування	4
015	Наплавка	3
020	Термообробка	4
025	Шліфування	4
030	Контроль	4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 25.22131.000.ПЗ

Арк.

51

## 6. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, ПРИСТОСУВАНЬ І ІНСТРУМЕНТА

Якість відновлення деталей визначається сукупністю властивостей процесу, його відповідністю встановленим технічним вимогам. Основними виробничими чинниками є технічно обґрунтований вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

### 6.1 Вибір обладнання та ріжучого інструменту

Основою вибору обладнання та ріжучого інструменту для виконання технологічних операцій відновлення є сучасний технологічний процес та техніко-економічне обґрунтування. Воно підтверджує доцільність застосування високопродуктивного та спеціалізованого обладнання. На діючих СТО враховують наявне оснащення, проте основним критерієм має бути досягнення високої якості та зниження собівартості.

Таблиця 6.1 – Застосовуване обладнання та ріжучий інструмент

№ операції	Найменування операції	Обладнання та пристосування	Ріжучий інструмент / опис
005	Правка	Кривошипний механічний прес КБ-2124	
010	Шліфування	Круглошліфувальний верстат 3М150	Алмазний шліфкруг 24А16СМ1К5 (ГОСТ 17123-79)

015	Наплавлення	Півавтомат дугового зварювання у CO <sub>2</sub> А547Р	
020	Термообробка	Камерна електропіч для загартування, відпуску, відпалу	
025	Шліфування	Круглошліфувальний верстат 3М150	Алмазний шліфкруг 24А16СМ1К5

Паралельно з вибором обладнання доцільно визначити тип пристосувань, що використовуються під час операцій, з урахуванням зручності кріплення, точності базування та безпеки праці.

#### 6.2 Опис конструкції пристосування

Під час відновлення деталей застосовуються такі типи пристосувань:

- верстатні пристосування — для встановлення заготовок у верстатах;
- вимірювальні пристосування — для ручного або механізованого контролю оброблених поверхонь.

Використання верстатних пристосувань дозволяє суттєво покращити техніко-економічні показники. Точність обробки за відхиленням розмірів, формою та розташуванням поверхонь зростає в середньому на 20–40%, що також дозволяє зменшити вимоги до кваліфікації працівників (на один розряд), нормувати тривалість операцій і розцінки, а також підвищити ефективність використання обладнання.

Вимірювальні пристосування застосовуються як під час обробки (для контролю в процесі), так і після завершення — для контролю точності готової деталі.

Хрестовина карданного вала має підвищені вимоги до точності виготовлення, шорсткості поверхонь і взаємного розташування осей. Для контролю перпендикулярності осей після обробки застосовується спеціальне вимірювальне пристосування.

Пристосування складається з установчої плити та індикатора годинникового типу, закріпленого на кронштейні. Для регулювання положення індикатора використовується регулювальний гвинт. На плиті встановлено дві призми для фіксації хрестовини та два ножі для точної установки (осі призм і ножів розміщені перпендикулярно з точністю 0,01 мм).

Деталь встановлюється на ножі та фіксується у призмах. Після цього індикатором контролюють перпендикулярність осей хрестовини. Операцію повторюють і для другої осі. У випадку, якщо неперпендикулярність перевищує допустиме значення (0,1 мм), деталь бракується й направляється на доопрацювання.

Класифікація та особливості технологічних пристосувань:

У технологічній практиці пристосування класифікуються за такими ознаками:

- за характером базування — призматичні, центрирувальні, площинні;
- за способом закріплення — ручні, механізовані, гідравлічні;
- за видом установки — універсальні, спеціалізовані, спеціальні;
- за призначенням — установчі, фіксувальні, контрольні, комбіновані.

Пристосування для відновлення хрестовини карданного вала відноситься до спеціального вимірювального типу, оскільки воно виготовлене під конкретну геометрію й операцію контролю.

Характеристики вимог до точності:

Контрольованим параметром є перпендикулярність осей хрестовини. Допустиме відхилення — не більше 0,1 мм на кінцях шипів. Для забезпечення такої точності конструкція пристосування включає:

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- шліфовану базову плиту (не більше 0,005 мм відхилення);
- прецизійні призми (кутова точність  $90^\circ \pm 0,01^\circ$ );
- ножі базування з довжиною контакту не менше 10 мм;
- індикатор з ціною поділки не більше 0,01 мм.

Наявність регульовального гвинта дає змогу адаптувати пристосування до різних модифікацій хрестовин.

Переваги використання описаного пристосування:

- значне підвищення точності контролю;
- можливість оперативного виявлення браку;
- відсутність потреби в складних засобах вимірювання (3D-машини тощо);
- простота в обслуговуванні та надійність;
- можливість адаптації до партійного та одиничного виробництва.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



## 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічний розрахунок полягає у визначенні собівартості відновлення хрестовини карданного вала автомобіля та порівнянні її з вартістю нової деталі. Розрахунок базується на технологічно обґрунтованому часі виконання всіх операцій.

Таблиця 7.1 – Підсумковий час на відновлення однієї деталі згідно з маршрутною картою:

Операція	Час, хв
1. Правка	0,90
2. Шліфування шийок (2×0,50)	1,00
3. Шліфування торців (4×0,30)	1,20
4. Наплавка шийок (2×2,58)	5,16
5. Наплавка торців (4×0,93)	3,72
6. Чернова шліфовка шийок (2×1,13)	2,26
7. Чернова шліфовка торців (4×0,95)	3,80
8. Чистова шліфовка шийок (2×0,65)	1,30
9. Чистова шліфовка торців (4×0,51)	2,04
Разом:	21,38

Розрахунок повної собівартості відновлення деталі:

$$C_v = C_{id} + C_m + C_{етн} + C_{з/п.про} + C_{з/п.д} + C_{сн} + C_{ур} + C_{обзр} + C_{рсоб} + C_{пб} + C_{пр}$$

Приймаємо такі значення витрат:

$$C_{id} = 2,00 \text{ грн (вартість зношеної деталі)}$$

$$C_{з/п.про} = 0,414 \times 3,75 = 1,55 \text{ грн}$$

$$C_m = 2 \times 1,55 = 3,10 \text{ грн}$$

					КРБАТ 25.22131.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$C_{з/п.д} = 0,13 \times 1,55 = 0,20 \text{ грн}$$

$$C_{сн} = 0,375 \times (1,55 + 0,20) = 0,66 \text{ грн}$$

$$C_{обзр} = 0,6 \times 1,55 = 0,93 \text{ грн}$$

$$C_{цр} = 0,95 \times 1,55 = 1,47 \text{ грн}$$

$$C_{рсоб} = 0,75 \times 1,55 = 1,16 \text{ грн}$$

$$C_{етн} = 2,00 \text{ грн}$$

$$C_{пб} = 1,00 \text{ грн}$$

$$C_{пр} = 1,00 \text{ грн}$$

$$C_{в} = 2,00 + 3,10 + 2,00 + 1,55 + 0,20 + 0,66 + 1,47 + 0,93 + 1,16 + 1,00 + 1,00 = 15,07 \text{ грн}$$

Економічний ефект

$$C_{н} \text{ ціна нової деталі: } C_{н} = 30,00 \text{ грн}$$

$$E_{ед} \text{ Економія: } E_{ед} = C_{н} - C_{в} = 30,00 - 15,07 = 14,93 \text{ грн}$$

## 7.2 Окупність капітальних витрат

Оновлені ціни на обладнання (2025):

- Кривошипний механічний прес — 95 000 грн
- Півавтомат зварювання у CO<sub>2</sub> — 120 000 грн
- Круглошліфувальний верстат — 180 000 грн

$$\text{Сумарно: } K_{зоб} = 395 \text{ 000 грн}$$

Необхідна кількість деталей для окупності (коеф. ефективності 0,15):

$$N = (395 \text{ 000} \times 0,15) / 14,93 \approx 3 \text{ 967 шт}$$

## Висновок

Річна програма становить 1 920 деталей, що означає досягнення повної окупності менш ніж за 2 роки. Таким чином, технологія відновлення є економічно доцільною та ефективною для впровадження в умовах серійного виробництва.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## 8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА РОБІТ НА ДІЛЯНЦІ ВІДНОВЛЕННЯ КАРДАННОГО ВАЛА

### 8.1 Виробнича санітарія

Територія авторемонтного підприємства повинна бути огорожена парканом висотою не менше 1,6 м, освітлюватися в нічний час та утримуватись у чистоті. Пішохідні доріжки мають бути з твердим покриттям, шириною не менше одного метра з мінімальною кількістю перетинів із проїздами.

Санітарно-побутові приміщення передбачаються відповідно до санітарних норм: гардеробні з вішалками, душові, окремі вбиральні для чоловіків і жінок, кімнати для паління, водопостачання, каналізація, опалення, вентиляція. Температура питної води — 8–20 °С, температура стічних вод — не більше 40 °С.

Вентиляція повинна бути приточно-витяжною, механічною. Опалення — повітряне, водяне або парове. Освітлення може бути природним, штучним або комбінованим.

### 8.2 Протипожежна безпека

Підприємство має утримуватись у чистоті. Відходи зберігаються у металевих ящиках з кришками. Під'їзди до гідрантів, інвентарю, будівель повинні бути вільними. Евакуаційні виходи — у відповідності до будівельних норм. Лестничні клітки — без сторонніх предметів. Чердаки — закриті, з ключами у чергового.

Заборонено прокладати газопроводи або кабелі по відкритим трасам у сходових клітках. Використання чердаків — лише за прямим призначенням.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Пожежна сигналізація — автоматична або неавтоматична, з підключенням до телефонного зв'язку. Територія повинна бути обладнана гідрантами та схемами евакуації.

### 8.3 Техніка безпеки при роботі на ділянці по відновленню карданних валів

Роботи з демонтажу та монтажу карданного вала слід виконувати із застосуванням фіксуючих пристроїв. Роботи дозволяються тільки кваліфікованому персоналу. Всі роботи — згідно з інструкціями. Особливої уваги потребує зняття стопорних кілець підшипника.

Усі робочі місця мають бути оснащені інструкціями з техніки безпеки. Обладнання повинно мати прозорі захисні екрани, з блокуванням пуску при знятті захисту.

Перед початком роботи:

1. Одягнути спецодяг, заправити рукава, прибрати звисаючі елементи.
2. Пройти інструктаж та отримати наряд.
3. Перевірити інструменти, справність обладнання, освітлення.

Під час роботи:

1. Користуватись лише справним інструментом та СІЗ.
2. При зупинці обладнання — вимкнути живлення.
3. Заборонено: змінювати інструмент, вимірювати деталі, торкатись обертових частин.

Після роботи:

1. Вимкнути обладнання.
2. Прибрати робоче місце, інструменти, СІЗ.
3. Повідомити майстра про виявлені несправності.
4. Зняти спецодяг, вимити руки.

Всі роботи повинні відповідати чинним нормативним актам:

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

1. Конституція України (ст. 3, 43, 45–46, 48–49, 68)
2. Закон України “Про охорону праці” (14.10.1992)
3. “Правила охорони праці на автомобільному транспорті” (01.10.1997)
4. Система стандартів безпеки праці (ССБТ)
9. Використання інформаційних технологій у сфері відновлення деталей

Автомобіль — об’єкт масового виробництва, тому для аналізу його роботи, а також роботи вузлів і агрегатів необхідне збирання та обробка значних обсягів інформації. Сучасні інформаційні технології дають змогу ефективно вирішувати ці завдання.

Сьогодні кількість обчислювальної техніки в транспортній сфері постійно зростає. У транспортних засобах встановлюються бортові ЕОМ, які автоматично керують роботою двигуна, навігаційною системою, кліматичним контролем, системами безпеки тощо. Крім того, вони забезпечують зчитування даних про технічний стан транспортного засобу та його агрегатів, спрощуючи технічне обслуговування.

У процесі відновлення працездатності деталей також застосовуються комп’ютери, вбудовані у верстати, вимірювальні пристрої та обладнання. Це дозволяє скоротити тривалість операцій і покращити якість виготовлення.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було проведено всебічний аналіз конструкції, технічного стану та особливостей експлуатації карданної передачі автомобіля Mercedes-Benz. Встановлено, що ефективна робота цієї складової трансмісії безпосередньо впливає на надійність автомобіля загалом, оскільки вона передає крутний момент від коробки передач до провідного моста.

На основі аналізу конструктивного виконання карданної передачі виявлено основні слабкі місця, що піддаються зносу, зокрема шийки хрестовини. Було досліджено вплив експлуатаційних чинників на працездатність карданного вала та запропоновано шляхи покращення технології його обслуговування та ремонту.

У техніко-економічній частині проєкту розраховано річний обсяг робіт, оптимізовано чисельність ремонтно-обслуговуючого персоналу, а також обґрунтовано вибір технологічного маршруту відновлення деталі. Проведено дефектацію та класифікацію типових ушкоджень деталей карданного вала, зокрема хрестовин, після чого обґрунтовано вибір методу наплавлення у середовищі вуглекислого газу як найбільш ефективного з погляду ресурсу та витрат.

Розроблено повний маршрут технологічного процесу, що охоплює вибір установчих баз, розрахунок припусків, вибір обладнання, ріжучого інструменту та пристосувань. Сформульовано кваліфікаційні вимоги до персоналу, необхідного для виконання відновлювальних робіт.

В економічному розділі доведено доцільність впровадження обраної технології відновлення, оскільки вона дозволяє значно знизити вартість ремонту карданного вала порівняно з його заміною на новий виріб, при цьому забезпечуючи ресурс, близький до заводського.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Питання охорони праці та безпеки виконання робіт на ділянці відновлення розглянуто окремо, з урахуванням вимог чинного законодавства та виробничих стандартів.

Загалом, виконаний проект підтвердив доцільність застосування розробленої технології відновлення карданної передачі, що дозволяє продовжити термін експлуатації агрегату, знизити витрати на ремонт та підвищити загальну надійність автотранспортного засобу.

					<b>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі: конструкція, теорія і розрахунок / За ред. В.П. Горбатова. – К.: Арістей, 2019. – 560 с.
2. Боровський В.В. Ремонт автомобілів: Підручник. – Харків: Факт, 2020. – 416 с.
3. Войтенко С.М. Технологія технічного обслуговування і ремонту автомобілів. – К.: Либідь, 2021. – 328 с.
4. Дьяконов В.П. Карданные передачи автомобилей: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2018. – 248 с.
5. Кузнецов Ю.Л. Технологія відновлення деталей машин: навч. посібник. – К.: Каравела, 2022. – 336 с.
6. Наказ Мінінфраструктури України № 879 від 26.11.2021 «Про затвердження правил технічної експлуатації автотранспортних засобів».
7. Пат. 127546 Україна, МПК В23К 9/00. Спосіб наплавлення хрестовини карданного вала / Іванов С.П., Петренко О.М. – № u201709876; заявл. 01.09.2017; опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1.
8. Погорелов В.П., Сидоренко Ю.М. Основи надійності автомобілів. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2019. – 240 с.
9. Ремонт та обслуговування автомобілів: Навч. посіб. / За ред. М.І. Пирога. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 392 с.
10. Сучасні технології відновлення деталей машин / Кол. авт.; за ред. С.А. Пискуна. – К.: НТУ, 2018. – 284 с.
11. ISO 1940-1:2003. Mechanical vibration — Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state — Part 1: Specification and verification of balance tolerances.

					КРБАТ 25.22131.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63



12.SAE International. Driveshaft and Universal Joint Design Manual. – USA: SAE, 2017. – 112 p.

13.Mercedes-Benz Technical Service Manual. Power Transmission System: Driveshafts. – Stuttgart: Daimler AG, 2021. – 78 p.

					<i>КРБАТ 25.22131.000.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

ДОДАТКИ

					КРБАТ 25.22131.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65