

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Відновлення вторинного валу КПП вантажного автомобіля»

Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 132 Матеріалознавство
Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

Шифр КвРМТВА. 23112.02.11.00

Виконав студент 3-го курсу
група МТВАс 23-2
Шифр


Підпис

Владислав КУКУРУДЗА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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


Підпис

Олександр РУДИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Олег МАКОВКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ
Назва


Підпис

Олександр ДИХА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 9.06.20

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»

Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ТАМ

Диха О.В.

" 15 " 04 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кукурудзі Владиславу Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: «Відновлення вторинного валу КПП вантажного автомобіля»

Керівник роботи: Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7 (Д 14)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту:

Матеріали переддипломної практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла дослідження.

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

1. Загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502.

2. Базова інформація про КПП вантажного автомобіля КамАЗ-43502.

3. Вторинний вал КПП КамАЗ-43502: конструкція вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектація.

4. Матеріал вторинного валу КПП автомобіля КамАЗ-435025.

5. Вибір та обґрунтування способів відновлення вторинного валу КПП.

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

– графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 15.04.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502.</i>	18.04.26	вик.
2	<i>Базова інформація про КПП вантажного автомобіля КамАЗ-43502.</i>	24.04.2026	вик.
3	<i>Вторинний вал КПП КамАЗ-43502: конструкція вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектація.</i>	01.05.2026	вик.
4	<i>Матеріал вторинного валу КПП автомобіля КамАЗ-435025.</i>	10.05.2026	вик.
5	<i>Вибір та обґрунтування способів відновлення вторинного валу КПП.</i>	20.05.2026	вик.
6	<i>Висновки</i>	29.05.2026	вик.
7	<i>Захист роботи</i>	11.06.2026	

Студент


Підпис

Владислав КУКУРУДЗА
Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Олександр РУДИК
Ім'я, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 76 сторінок, кількість рисунків – 17, таблиць – 5, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 20.

Студент гр. МТВАс-23-2 Кукурудза В.В.

Тема «Відновлення вторинного валу КПП вантажного автомобіля».

Дана кваліфікаційна робота присвячена відновленню вторинного валу КПП вантажного автомобіля.

У кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

1. Навести загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502.

2. Представити базову інформацію про його КПП.

3. Розглянути вторинний вал КПП: конструкцію вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектацію.



4. Призначити матеріал вторинного валу.

5. Вибрати та обґрунтувати спосіб відновлення вторинного валу, для якого вибрати режими, устаткування, пристосування та інструмент; розробити технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу та розрахувати режими і норми часу при його відновленні.

Перелік ключових слів: КамАЗ-43502, КПП, ВТОРИННИЙ ВАЛ, ВІБРОДУГОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ, РЕЖИМИ, УСТАТКУВАННЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, ІНСТРУМЕНТ.

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамаЗ-43502	10
2 Базова інформація про КПП вантажного автомобіля КамаЗ-43502	14
2.1 Загальні відомості про КПП КамаЗ-43502	14
2.2 Технічне обслуговування КПП КамаЗ-43502	19
2.3 Ремонт КПП КамаЗ-43502.....	22
3 Вторинний вал КПП КамаЗ-43502: конструкція вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектація	30
3.1 Вузол вторинного валу КПП.....	30
3.2 Рекомендації щодо складання та розбирання вузла вторинного валу, його дефектація	32
4 Матеріал вторинного валу КПП автомобіля КамаЗ-43502.....	42
4.1 Хімічний склад і властивості сталі 12Х2Н4А.....	42
4.2 Термічна обробка сталі 12Х2Н4А.....	43

					КвРМТВА. 23112.02.11.00			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Відновлення вторинного валу КПП вантажного автомобіля	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кукурудза				4	76	
Перевір.		Рудик						
Н. Контр.		Маковкін				ХНУгр.МТВАс-23-2		
Затверд.		Диха						

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502	10
2 Базова інформація про КПП вантажного автомобіля КамАЗ-43502.....	14
2.1 Загальні відомості про КПП КамАЗ-43502	14
2.2 Технічне обслуговування КПП КамАЗ-43502	19
2.3 Ремонт КПП КамАЗ-43502	22
3 Вторинний вал КПП КамАЗ-43502: конструкція вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектація	30
3.1 Вузол вторинного валу КПП	30
3.2 Рекомендації щодо складання та розбирання вузла вторинного валу, його дефектація	32
4 Матеріал вторинного валу КПП автомобіля КамАЗ-43502	42
4.1 Хімічний склад і властивості сталі 12Х2Н4А.....	42
4.2 Термічна обробка сталі 12Х2Н4А	43

					КВРМТВА. 23112.02.11.00			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Кукурудза				Відновлення вторинного валу КПП вантажного автомобіля	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Рудик						4	76
Н. Контр.	Маковкін					ХНУГр.МТВАс-23-2		
Затверд.	Диха							

4.3 Застосування сталі 12Х2Н4А.....	44
4.4 Особливості при роботі зі сталлю 12Х2Н4А	44
4.5 Переваги сталі 12Х2Н4А.....	45
4.6 Недоліки сталі 12Х2Н4А.....	45

5 Вибір та обґрунтування способів відновлення вторинного валу КПП... 46

5.1 Технічні вимоги до відновленого вторинного валу після ремонту та механічної обробки	46
5.2 Вибір способів відновлення вторинного валу КПП.....	48
5.3 Вибір устаткування, пристосування та інструменту для відновлення вторинного валу КПП.....	53
5.4 Розрахунок режимів і норм часу при відновленні вторинного валу КПП	54

Висновки.....	66
----------------------	-----------

Список використаних джерел	68
---	-----------

Додатки	70
----------------------	-----------

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотація

КамАЗ-43502 – бортовий повнопривідний (4х4) вантажний автомобіль класу Євро-4/5 та підвищеною вантажопідйомністю, призначений для перевезення вантажів та людей. Це універсальна машина, яка використовується як військова, так і спецтехніка. На автомобілях КамАЗ-43502 застосовується коробка передач, яка є базовим елементом трансмісії даного транспортного засобу. Однією з деталей коробки передач є вторинний вал, від працездатності якого залежить узгоджена передача крутного моменту та плавність перемикавання передач. Для його виробництва застосовують спеціальну конструкційну сталь 12Х2Н4А, яка забезпечує надійну та тривалу роботу коробки передач. Вибраний та обґрунтований спосіб відновлення вторинного валу КПП – вібродугове наплавлення, для якого вибрані режими, устаткування, пристосування та інструмент. Розроблений технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу та розраховані режими і норми часу при його відновленні.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

KamAZ-43502 is an onboard all-wheel drive (4x4) truck of Euro-4/5 class with increased load capacity, designed for transporting goods and people. This is a universal machine that is used by both military and special equipment. KamAZ-43502 vehicles use a gearbox, which is the basic element of the transmission of this vehicle. One of the parts of the gearbox is the secondary shaft, the performance of which determines the coordinated transmission of torque and smooth gear shifting. For its production, special structural steel 12X2N4A is used, which ensures reliable and long-term operation of the gearbox. The selected and substantiated method of restoring the secondary shaft of the gearbox is vibro-arc surfacing, for which modes, equipment, devices and tools are selected. A technological route for eliminating defects in the secondary shaft has been developed and modes and time standards for its restoration have been calculated.

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

КПП – коробка перемикачів передач.

ТЗ – транспортний засіб.

ЗСУ – збройні сили України.

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

ТП – технологічний процес.

ТО – технічне обслуговування.

Si – кремній.

Mn – марганець.

Cu – мідь.

Ni – нікель.

S – сірка.

Ti – титан.

C – вуглець.

P – фосфор.

Cr – хром.

O₂ – кисень.

N₂ – азот.

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. КамАЗ-43502 – універсальна машина, яка використовується як військова, так і спецтехніка у ЗСУ. Коробка передач є базовим елементом трансмісії даного транспортного засобу, однією з деталей якої є вторинний вал, від працездатності якого залежить узгоджена передача крутного моменту та плавність перемикання передач. Тому вибраний та обґрунтований спосіб відновлення вторинного валу – вібродугове наплавлення, для якого вибрані режими, устаткування, пристосування та інструмент. Розроблений технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу та розраховані режими і норми часу при його відновленні.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

1. Навести загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502.
2. Представити базову інформацію про його КПП.
3. Розглянути вторинний вал КПП: конструкцію вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектацію.
4. Призначити матеріал вторинного валу.
5. Вибрати та обґрунтувати спосіб відновлення вторинного валу, для якого вибрати режими, устаткування, пристосування та інструмент; розробити технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу та розрахувати режими і норми часу при його відновленні.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502

КамАЗ-43502 – це бортовий повнопривідний (4x4) вантажний автомобіль, призначений для перевезення вантажів та людей. Основні характеристики включають вантажопідйомність близько (4,1-4,7) т, ДВЗ потужністю 260 к.с. (євро-4/5) та повну масу автопоїзда до 19,7 т. Це універсальна машина, яка використовується як військова, так і спецтехніка [1-7] – рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – КамАЗ-43502

Автомобіль відрізняється високою прохідністю завдяки колісній формулі 4x4 та високому кліренсу.

Цей автомобіль оснащений колісним і міжосьовим диференціалами з можливістю блокування, що забезпечує передачу крутного моменту до мостів із жорстким їх з'єднанням за потреби. Така конструктивна особливість значно підвищує прохідність транспортного засобу, дозволяючи великовантажному автомобілю впевнено долати складні ділянки доріг, а також пересуватися умовами бездоріжжя без суттєвих ускладнень.

Застосування колісного диференціала сприяє рівномірному обертанню коліс на одній осі, що позитивно впливає на керованість, зменшує зношування шин і підвищує стабільність руху, особливо під час поворотів або руху по нерівній поверхні.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандартна комплектація автомобіля передбачає наявність 2-х сталевих паливних баків, кожен із яких має місткість 210 л. Такий об'єм запасу дизельного пального забезпечує значну автономність руху ТЗ, що особливо важливо під час експлуатації на великих відстанях. Завдяки цьому автомобіль здатний ефективно виконувати перевезення в умовах бездоріжжя або на ґрунтових дорогах, де можливості для дозаправлення обмежені. При цьому на дорогах із твердим покриттям, таких як асфальт чи бетон, наявний запас пального дозволяє здійснювати тривалі рейси без частих зупинок, підвищуючи загальну ефективність і продуктивність експлуатації техніки.

Передбачена можливість заводської комплектації автомобіля сталеву вантажною платформою, конструкція якої оснащена відкидними бортами з боків і в задній частині, що значно полегшує процес завантаження та розвантаження. Внутрішні розміри платформи становлять (4892×2470×730) мм, що дозволяє перевозити габаритні та різноманітні за формою вантажі.

Крім базового оснащення, ТЗ може додатково комплектуватися каркасом і тентом для захисту вантажу від атмосферних впливів, тягово-зчіпним пристроєм для роботи з причепами, а також лебідкою, яка розширює можливості автомобіля під час експлуатації в складних дорожніх умовах або на бездоріжжі.

На автомобіль встановлюється п'ятиступінчаста механічна КПП, яка відзначається перевіреною конструкцією, простотою обслуговування та достатньою функціональністю для виконання більшості транспортних завдань.

На кожному колесі автомобіля встановлено барабанний гальмівний механізм, який оснащений 2-ма внутрішніми гальмівними колодками, які забезпечують ефективне гальмування за рахунок рівномірного притискання до робочої поверхні барабана. Основний гальмівний вузол розташований на супорті, який жорстко з'єднаний з осьовим фланцем, що підвищує надійність конструкції та стабільність роботи системи під час навантажень.

Гальмівна система має роздільний пневматичний привід, що підвищує безпеку експлуатації ТЗ та забезпечує резервування у випадку часткової відмови одного з контурів. Фрикційні накладки характеризуються значною товщиною

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(14 мм), що сприяє збільшенню їх ресурсу та стійкості до зношування. Діаметр гальмівних барабанів становить $d = 400$ мм, що забезпечує достатню ефективність гальмування великовантажного ТЗ.

Електрична система автомобіля працює під напругою $U = 24$ В, що є стандартним рішенням для важкої техніки. У її складі використовуються два акумулятори та генератор, які забезпечують стабільне живлення всіх електричних споживачів і надійний запуск ДВЗ в різних умовах експлуатації.

Вантажні автомобілі використовуються у різних сферах, де потрібна підвищена прохідність, надійність і можливість роботи в складних умовах експлуатації. Крім того, такі ТЗ використовуються як спеціалізований пасажирський транспорт підвищеної прохідності, здатний ефективно працювати на бездоріжжі та у важкодоступних регіонах. Також на базі вантажних шасі можуть створюватися військові броньовані автомобілі, призначені для перевезення особового складу та виконання службово-бойових завдань у складних умовах, з підвищеними вимогами до захисту та мобільності.

У разі використання вантажного автомобіля як пожежної машини він може забезпечувати перевезення до семи осіб особового складу, включаючи бойовий розрахунок. Конструкція такого спеціалізованого ТЗ передбачає встановлення основного водяного резервуара (цистерни) місткістю 3000 л, а також бака для піноутворювача об'ємом 200 л, що дозволяє оперативно виконувати різні типи пожежогасіння залежно від характеру загоряння.

Для подачі вогнегасних речовин використовується пожежний насос продуктивністю близько 40 л/с, який забезпечує подачу води або піни під необхідним тиском і в достатньому обсязі для ефективної роботи на місці надзвичайної ситуації. Додатково в комплектацію входить компресор, призначений для подачі стисненого повітря, що розширює функціональні можливості системи та підвищує ефективність роботи обладнання.

Також спеціалізована техніка може оснащуватися сучасною системою Ніготак, яка застосовується для пожежогасіння та зниження задимленості за рахунок утворення дрібнодисперсного водяного туману. Такий метод дозволяє не

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лише локалізувати вогонь, але й покращити видимість у зоні пожежі, що підвищує безпеку роботи рятувальних підрозділів.

Автомобіль швидкої медичної допомоги, виконаний на шасі КамАЗ-43502, призначений для експлуатації в особливо складних дорожніх і кліматичних умовах, включаючи бездоріжжя та регіони з екстремальними температурами. Під час практичного використання високу оцінку отримали його ходові характеристики, які забезпечують впевнений рух у важкодоступних місцевостях і на ділянках з низькою якістю дорожнього покриття. Також відзначається надійна робота автономних систем освітлення та опалення, що є критично важливим для забезпечення умов транспортування пацієнтів і роботи медичного персоналу в будь-який час доби та за будь-яких погодних умов.

Окремо підкреслюється підвищена стійкість електрообладнання автомобіля, яке зберігає працездатність навіть при значних навантаженнях та впливі несприятливих факторів зовнішнього середовища, що підвищує загальну надійність спеціалізованого ТЗ.

Розміри військового вантажного автомобіля КамАЗ-43502 наведені на рис. 1.3 [2].

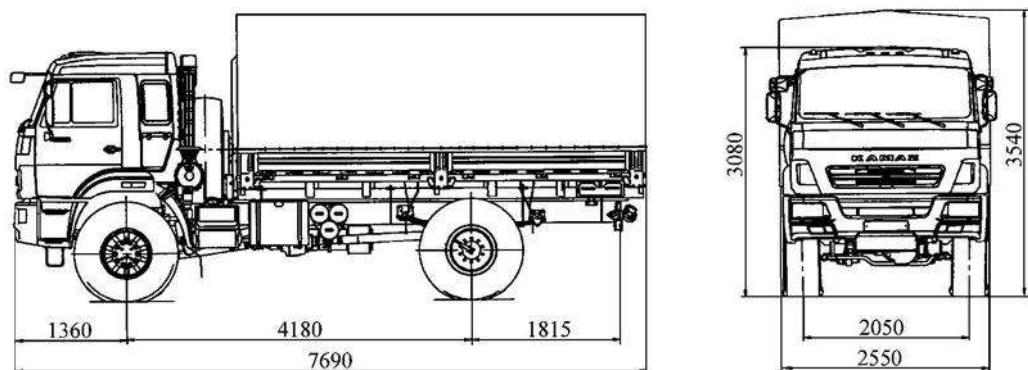


Рисунок 1.3 – Розміри військового вантажного автомобіля КамАЗ-43502 [2]

2 Базова інформація про КПП вантажного автомобіля КамАЗ-43502

2.1 Загальні відомості про КПП КамАЗ-43502

На автомобілях КамАЗ-43502 застосовується механічна п'ятиступінчаста КПП моделі 14, яка є базовим елементом трансмісії даного ТЗ ЗСУ. Її конструкція доповнена ділянкою передач, що забезпечує роботу в 2-х режимах – підвищеному та зниженому (прямому), тим самим розширюючи функціональні можливості агрегату [8, 9].

Завдяки такому поєднанню ділянки з основною КПП суттєво збільшується кількість доступних передавальних чисел. Це дозволяє отримати 10 передач для руху вперед, що сприяє більш плавному розгону, кращій адаптації до різних дорожніх умов та ефективнішому використанню потужності ДВЗ. Крім того, передбачено 2 передачі заднього ходу, що покращує маневреність автомобіля під час виконання складних операцій, зокрема, в умовах обмеженого простору або бездоріжжя.

Коробка передач (рис. 2.1) має складну конструкцію та включає кілька ключових вузлів і механізмів, які забезпечують її ефективну роботу. Основою агрегату є картер КПП (34), у якому розміщені ведучий (1), ведений (35) і вторинний вали (33). Усі вони встановлені в зборі з відповідними зубчастими колесами, синхронізаторами та підшипниками, що гарантує узгоджену передачу крутного моменту та плавність перемикання передач.

Окрім цього, конструкція передбачає наявність блоку шестерень заднього ходу (14), який відповідає за реалізацію реверсивного руху ТЗ. Верхня частина агрегату закрита кришкою (18), у якій змонтований механізм перемикання передач у зборі, що забезпечує керування режимами роботи КПП.

До передньої частини картера КПП жорстко приєднується картер зчеплення (38), який утворює єдиний функціональний вузол трансмісії та забезпечує передачу обертального моменту від ДВЗ до КПП.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення герметичності та захисту вузлів від витікання мастила та потрапляння забруднень підшипники валів закриті спеціальними кришками з ущільнювальними прокладками. Кришка 2 (рис. 2.1) заднього підшипника ведучого валу центрується за допомогою внутрішньої розточки по зовнішній обоймі підшипника. Водночас її зовнішня оброблена поверхня виконує функцію центруючого елемента для картера зчеплення, забезпечуючи точне взаємне розташування деталей.

У внутрішній порожнині кришки встановлено дві самопідтискні манжети (39), робочі кромки яких мають правосторонню насічку, що сприяє ефективному утриманню мастила. Порожнина більшого діаметра призначена для розміщення мастилонагнітального пристрою. Наявність спіральних лопаток на торцевій частині кришки запобігає надмірному закручуванню мастила в зоні нагнітання, зменшуючи дію відцентрових сил і, тим самим, підвищуючи тиск у мастильній порожнині.

У верхній частині кришки передбачено спеціальний отвір для підведення мастила з мастилонакопичувача КПП до зони нагнітання, що забезпечує безперервне змащування та надійну роботу підшипникового вузла.

Кришку 20 заднього підшипника веденого валу встановлюють на задньому торці картера КПП і кріплять до нього, забезпечуючи надійну фіксацію вузла. Центрування цієї кришки здійснюється по зовнішній обоймі заднього підшипника 22 веденого валу, що гарантує точне взаємне розташування елементів. У задній частині кришки змонтовано манжету 25 із пилозахисним елементом, причому її робоча кромка має лівосторонню насічку, що покращує утримання мастила та запобігає його витіканню.

У нижній частині кришки передбачена спеціальна розточка, в якій розміщено вал, виконаний за одне ціле з шестернею 10 (рис. 2.2) черв'ячної пари приводу спідометра. Така конструкція забезпечує передачу обертання до механізму вимірювання швидкості та підвищує надійність роботи приводу.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЦИАТИМ-201, яке закладається під час складання вузла. Для запобігання витіканню мастила використовується мастилозгінна різьба, виконана на валу, а також ущільнювальна манжета.

З метою забезпечення точності показань спідометра підбір кількості зубів змінних циліндричних шестерень здійснюється відповідно до передаточного числа головної передачі (див. табл. 2.1). Це дозволяє узгодити швидкість обертання приводу зі швидкістю руху автомобіля та гарантувати коректність вимірювань.

Таблиця 2.1 – Залежність кількості зубів змінних циліндричних шестерень від передавального числа головної передачі

Кількість зубів змінних циліндричних шестерень	Передавальне число головної передачі			
	6,53	7,22	5,94	5,4
Ведучої	24	23	25	26
Веденої	24	26	23	23

У припливах правої стінки картера КПП зроблено розточку, в яку запресовується вісь 12 (див. рис. 2.1) блоку шестерень заднього ходу. Таке конструктивне рішення забезпечує надійну фіксацію осі та правильне розташування вузла в картері. Для запобігання осьовому зміщенню та випадінню вісь додатково закріплюється стопорною шайбою 17, яка притягується болтом 16. Болт має спеціальний отвір, у який встановлюється пластмасовий штифт. Цей штифт виконує функцію ущільнення різьбового з'єднання, запобігаючи витіканню мастила з картера, а також підвищує надійність кріплення за рахунок додаткової фіксації.

У нижній частині картера в спеціальні бобишки вкручені зливні пробки 8 і 9 (див. рис. 2.2). Одна з них (пробка 8) оснащена магнітом, який уловлює металеві частинки, що можуть з'являтися в мастилі внаслідок зношування деталей, тим самим запобігаючи їх подальшій циркуляції в системі. З обох боків картера передбачені люки для встановлення коробок відбору потужності. Вони

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закриваються кришками 5 з ущільнювальними прокладками 6, які забезпечують герметичність. Допустима потужність, що може відбиратися через кожен люк, становить до 30,0 к. с. Водночас відбір потужності під час руху автомобіля не допускається, оскільки це може призвести до перевантаження трансмісії та зниження її ресурсу.

В передній частині лівої стінки (у внутрішній порожнині картера) передбачено литий маслоскопичувач. Під час роботи КПП та обертання шестерень мастило закидається в цю порожнину, де тимчасово накопичується. Далі через спеціальний канал у передній стінці картера мастило подається до порожнини задньої кришки ведучого валу, а також надходить до мастилонагнітального кільця. Така система забезпечує безперервну циркуляцію мастила та ефективне змащування відповідальних вузлів трансмісії, що підвищує їх надійність і довговічність.

У верхній правій частині задньої стінки картера передбачено масляну кишеню, в яку мастило потрапляє за рахунок розбризкування під час обертання шестерень. Така конструкція дозволяє накопичувати певний об'єм мастильного матеріалу в зоні, зручній для його подальшого розподілу. Із цієї кишені мастило через спеціальний канал у стінці картера надходить у порожнину задньої кришки веденого валу, де забезпечує змащування черв'ячної пари приводу спідометра. Це сприяє зменшенню тертя та підвищенню ресурсу роботи вузла.

Шестерні коробки передач підбираються попарно разом із відповідними спряженими елементами з урахуванням плями контакту та рівня шуму під час роботи. Такий підхід дозволяє досягти плавності зачеплення, знизити вібрації та забезпечити надійну і тиху роботу трансмісії.

2.2 Технічне обслуговування КПП КамАЗ-43502

Під час проведення ТО №2 необхідно виконати комплекс перевірок і регулювань, спрямованих на забезпечення надійної роботи КПП:

– перевірити справність троса керування краном дільника передач і, у разі

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявлення несправностей, усунути їх;

– шляхом зовнішнього огляду переконатися у відсутності витікання мастила через манжету веденого валу та ущільнювальні прокладки;

– виконати регулювання зазору між упором та обмежувачем штока клапана вмикання дільника передач;

– змастити опори передньої та проміжної тяг дистанційного приводу керування КПП через прес-маслянки до появи свіжого мастила;

– очистити сапуни від забруднень для забезпечення нормальної вентиляції картера;

– перевірити рівень мастила в картері КПП і, за потреби, довести його до норми.

Виконання цих операцій дозволяє своєчасно виявити можливі несправності, запобігти передчасному зносу деталей і підтримувати стабільну роботу трансмісії.

Щоб правильно відрегулювати зазор між упором і штоком клапана вмикання дільника передач, необхідно виконати наступні операції:

– спочатку перевірити правильність регулювання привода вмикання зчеплення і, за потреби, виконати його налаштування відповідно до встановлених вимог;

– після цього зняти стопоріння та послабити гайки упору;

– відрегулювати положення упору таким чином, щоб забезпечити необхідний зазор між ним і штоком, який повинен становити $\delta = (20,5 \pm 0,5)$ мм, при цьому педаль зчеплення не натискати;

– завершальним етапом є фіксація регулювання – гайки необхідно законтрити за допомогою замкових шайб.

Дотримання цієї послідовності забезпечує точну роботу механізму вмикання дільника та сприяє надійній роботі трансмісії в цілому.

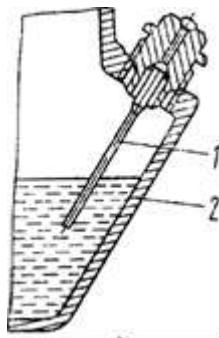
Щоб перевірити рівень мастила в картері КПП необхідно виконати наступні дії:

– відкрутити пробку з мастилозаливної горловини;

– протерти щуп (показчик рівня) до сухого стану;

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– вставити щуп у заливний отвір до упору пробки в різьбу, але не загвинчувати її, як наведено на рис. 2.3.



1 – показчик рівня мастила з пробкою; 2 – картер КПП

Рисунок 2.3 – Положення показчика рівня мастила при вимірюванні

Під час проведення технічного обслуговування рівня С необхідно виконати наступні роботи:

- надійно закріпити важелі тяг дистанційного приводу керування КПП для запобігання їх самовільному зміщенню;
- перевірити та за потреби підтягнути кріплення фланця веденого валу КПП;
- здійснити повну заміну мастила в картері КПП із дотриманням встановленої технології;
- виконати змащування троса крана керування дільником передач для забезпечення його плавної та безвідмовної роботи.

Виконання цих операцій сприяє підтриманню технічного стану трансмісії та підвищує надійність її експлуатації.

Щоб замінити мастило в КПП необхідно його злити у прогрітому стані через обидва зливні отвори. Для цього відкручують пробки, розташовані в нижній частині картера КПП і в нижній частині картера дільника передач. Після зливання мастила слід очистити магніти зливних пробок від забруднень і металевих частинок, які накопичилися в процесі експлуатації. Потім виконується промивання картерів КПП та дільника моторною оливою.

Процедура промивання передбачає заливання моторного мастила об'ємом

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V = 8,5$ л, після чого КПП прокручують ДВЗ при нейтральному положенні важеля перемикачів передач протягом приблизно $\tau = 10$ хв.. Після цього мастило повністю зливають, встановлюють на місце зливні пробки та заповнюють систему основним мастилом Nord Oil ТСп-15К до верхньої мітки щупа рівня.

На завершальному етапі КПП знову прокручують ДВЗ при нейтральному положенні важеля протягом $\tau = (3-5)$ хв., після чого перевіряють рівень мастила і, за необхідності, виконують його доливання до нормативного значення.

2.3 Ремонт КПП КамАЗ-43502

Щоб перевірити редукційний клапан дільника, його необхідно зняти з КПП і встановити на спеціальний стенд, обладнаний пневматичною системою. Така система повинна забезпечувати подачу стисненого повітря з тиском $p = (588,0-686,0)$ кПа на вхід клапана. На вихідному каналі клапана встановлюється манометр для контролю тиску, який повинен забезпечувати точність вимірювання не $<$ ніж $p = 4,9$ кПа.

Під час випробування перевіряють тиск вихідного повітря, який має знаходитись у межах $p = (387,0-436,0)$ кПа. У разі невідповідності отриманих значень нормативним параметрам необхідно зняти пломбу, викрутити пробку 12 (див. рис. 2.4) і шляхом підбору потрібної кількості шайб 13 виконати регулювання клапана. Після завершення налаштування клапан повторно пломбується для запобігання несанкціонованому втручанню.

При виконанні ремонту під час часткового розбирання крана керування дільником необхідно виконати наступні операції:

– викрутити болти 2 (див. рис. 2.5), які кріплять кришку 3 разом із тросом до корпусу 5 крана;

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– перевести золотник крана керування дільником у положення «Нижча передача» і, вкручуючи задній установочний гвинт 5 до моменту його контакту з важелем, дотягніть його ще приблизно на 1/4 оберту; після цього зафіксуйте положення контргайкою 4; у даному положенні провертання ведучого валу (при знятій КПП) повинно виконуватися вручну легко, без заїдань і ривків;

– перевести золотник крана керування дільником у положення «Вища передача» та переднім установочним гвинтом 1 виконайте регулювання зачеплення аналогічно попередньому способу;

– через оглядовий люк у корпусі механізму перемикання передач дільника перевірити робочий хід важеля до упору в установочні гвинти, який повинен становити $l = (16,5-19,0)$ мм по центру отвору у важелі;

– після завершення регулювання установочні гвинти 1 і 5 необхідно надійно законтрити та опломбувати для запобігання самовільному змінненню налаштувань.

Ремонт КПП повинен виконуватися кваліфікованими спеціалістами, які мають відповідну підготовку, доступ до діагностичного обладнання та необхідний інструмент. Це забезпечує не лише якісне виконання ремонтних операцій, а й запобігає виникненню додаткових пошкоджень вузлів трансмісії.

Одна з найпоширеніших несправностей – це ускладнене перемикання передач, зокрема включення 1-ї передачі та передачі заднього ходу, що супроводжується скрипом, стуками, характерним скреготом. Подібні прояви, як правило, свідчать про порушення нормальної роботи механізму зчеплення.

Найчастіше причиною є неповне вимикання зчеплення, внаслідок чого відбувається неповне роз'єднання ДВЗ і трансмісії. У такій ситуації необхідно виконати регулювання ходу муфти вимикання зчеплення, яка безпосередньо відповідає за коректну роботу цього механізму. Правильне налаштування дозволяє відновити плавність перемикання передач, зменшити зношування деталей і підвищити загальну надійність роботи КПП.

Якщо під час перемикання не лише окремих, а й усіх передач спостерігається характерний скрегіт, то це свідчить про значний знос кілець синхронізаторів та інших елементів механізму узгодження швидкостей. У такому випадку

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективним способом усунення несправності є заміна зношеного синхронізатора або його складових на нові, справні деталі, що дозволяє відновити плавність і безударність перемикавання.

Додатково причиною некоректного вмикання передач у дільнику може бути підвищений тиск у системі його керування або пошкодження (розрив) мембрани клапанного механізму. Такі дефекти призводять до різкого, із ударами та шумом, перемикавання передач.

Для усунення зазначених проблем необхідно виконати регулювання редукційного клапана з метою нормалізації тиску в системі, а також перевірити стан мембрани і за потреби замінити її. У разі значного зносу або пошкодження вузлів доцільною є повна заміна синхронізуючого пристрою. Виконання цих заходів забезпечує стабільну роботу КПП, зменшує навантаження на її елементи та підвищує ресурс експлуатації агрегату.

Також самовільне перемикавання передач під час руху, тобто без участі водія, є ще однією характерною причиною необхідності ремонту КПП. Така несправність, як правило, свідчить про знос або пошкодження окремих елементів механізму перемикавання.

Найчастіше проблема пов'язана зі зношенням сухарів, деформацією або зносом лапок вилок перемикавання, поломкою замка валу чи несправністю фіксаторів. У результаті порушується надійна фіксація передачі у ввімкненому положенні, що й призводить до її мимовільного вимикання або перемикавання.

Оптимальним способом усунення такої несправності є комплексний підхід: підтягування кріплень, регулювання приводу керування, а також заміна зношених або пошкоджених деталей. У більш складних випадках може виникнути необхідність заміни вала або синхронізатора як ключових елементів вузла.

Виконання подібних ремонтних робіт доцільно проводити в спеціалізованих майстернях, що обслуговують вантажні автомобілі, зокрема техніку типу КамАЗ. Це забезпечує високу якість ремонту, дотримання технологічних вимог і подальшу надійну експлуатацію коробки передач.

Також ремонт КПП виникає через руйнування підшипників шестерень

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

веденого валу. Така несправність пов'язана з інтенсивною експлуатацією агрегату в складних умовах, що призводить до підвищених навантажень, перегріву та прискореного зношування деталей. У результаті цього перемикавання передач може стати неможливим або суттєво ускладнюється.

Основним способом усунення такої несправності є заміна пошкоджених підшипників на нові, справні елементи. Однак, якщо після цього робота механізму не відновлюється, фахівці додатково виконують регулювання системи дистанційного керування КПП, а також проводять заміну зношених або дефектних деталей, що впливають на процес перемикавання.

У випадку, коли передачі не вмикаються в дільнику, причиною можуть бути несправності клапанного механізму або приводу керування. Для відновлення працездатності виконують заміну клапанного упору, регулювання клапанів, а також, за необхідності, встановлюють новий трос, який приводить у дію кран керування.

Комплексне усунення зазначених дефектів дозволяє відновити нормальну роботу трансмісії, забезпечити надійне перемикавання передач і підвищити загальний ресурс КПП автомобіля КамАЗ-43502.

Зношення або пошкодження зубчастих коліс чи підшипників під час роботи КПП спостерігається при підвищеному рівні шуму. У такому випадку необхідно виконати заміну шестерень із зношеними або зламаними зубцями, а також підшипників валів і шестерень, що дозволить відновити нормальну роботу механізму та знизити шумність.

Ремонт КПП також потрібний у разі виявлення витoku мастила. Причинами цього можуть бути підвищений тиск у картері або порушення герметичності з'єднань. Для усунення несправності виконують очищення та промивання сапуна, заміну сальників і прокладок, а також підтягування різьбових з'єднань для відновлення герметичності системи.

Крім того, при зношенні кілець, виготовлених із корозійностійкої латуні, доцільно замінити ці елементи новими. Після виконання ремонтних робіт обов'язково перевіряють функціонування всіх вузлів КПП, щоб переконатися у

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їхній справності та забезпечити надійну експлуатацію агрегату.

Перед демонтажем КПП з неї зливають мастило, що дозволяє уникнути забруднення робочої зони та полегшує подальші ремонтні операції. Після завершення ремонту агрегат підлягає обов'язковим випробуванням на спеціальному стенді.

Під час стендових випробувань усі деталі відремонтованого вузла змащуються мастильним матеріалом, попередньо підігрітим приблизно до температури $t = 80,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Це забезпечує оптимальні умови роботи механізму, наближені до реальних експлуатаційних режимів. У процесі перевірки контролюють відсутність сторонніх шумів, скреготу, оцінюють легкість і плавність перемикавання передач, загальний рівень шумності, а також перевіряють відсутність самовільного вимикання передач.

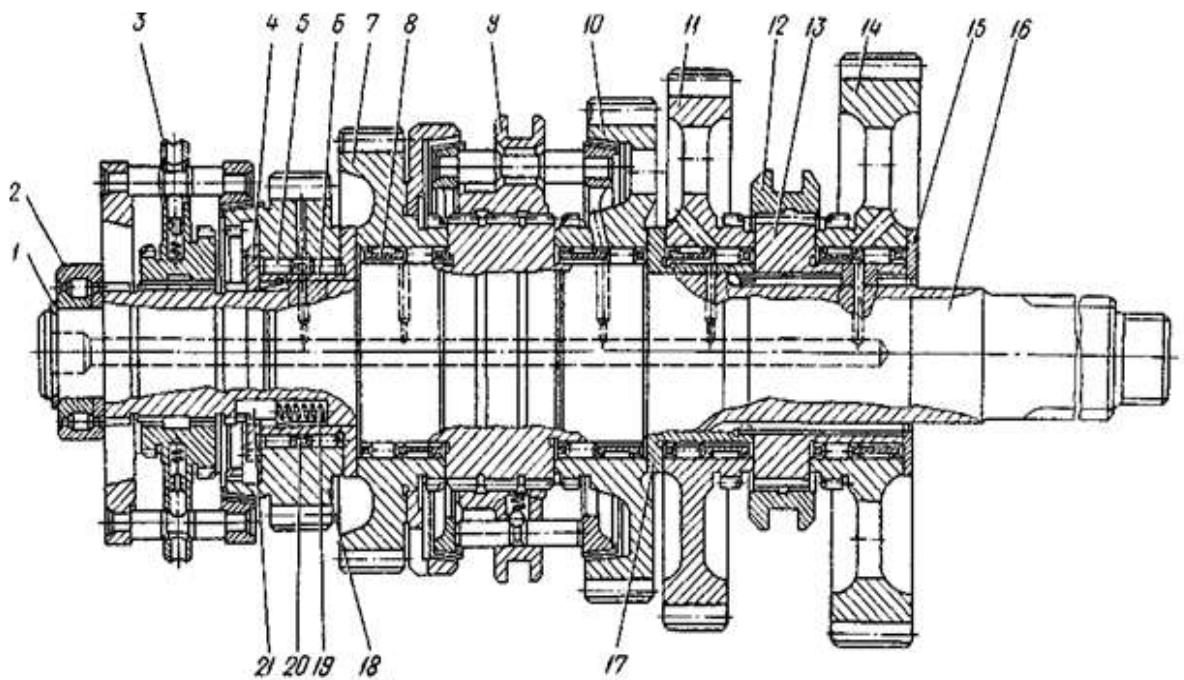
У разі успішного проходження випробувань КПП встановлюють на автомобіль і вводять в експлуатацію. Такий підхід гарантує надійність роботи трансмісії та її відповідність технічним вимогам, зокрема для вантажних автомобілів КамАЗ-43502.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Вторинний вал КПП КамАЗ-43502: конструкція вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектація

3.1 Вузол вторинного валу КПП

Вторинний вал використовується в моделях КПП різних модифікацій, а також встановлюється в окремих варіантах КПП типу 14 (рис. 3.1).



1 – стопорне кільце; 2 – передній роликовий підшипник; 3 – синхронізатор 4-ї та 5-ї передач; 4, 15 – шайби упорні; 5 – ролики підшипника 4-ї передачі; 6 – втулка зубчастого колеса 4-ї передачі; 7 – зубчасте колесо 3-ї передачі; 8 – роликовий підшипник; 9 – синхронізатор 2-ї та 3-ї передач; 10 – зубчасте колесо 2-ї передачі; 11 – зубчасте колесо заднього ходу; 12 – муфта включення 1-ї передачі і заднього ходу; 13 – втулка зубчастого колеса 1-ї передачі; 14 – зубчасте колесо 1-ї передачі; 16 – вторинний вал; 17 – втулка зубчастого колеса заднього ходу; 18 – зубчасте колесо 4-ї передачі; 19 – пружина; 20 – втулка зубчастого колеса 4-ї передачі; 21 – замкова шпонка

Рисунок 3.1 – Вторинний вал у зборі

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивно він має дві спеціальні проточки, а також шліци змінної товщини в зоні встановлення синхронізатора (4–5) передач. Така особливість виконання передбачена для запобігання самовільному вимиканню передач під час роботи трансмісії, що підвищує надійність і безпеку експлуатації.

Виготовлення валу здійснюється на автоматизованих виробничих лініях, які забезпечують чітке дотримання ТП. Це дозволяє досягти стабільності геометричних параметрів, високої точності обробки та значної продуктивності виготовлення деталей. Завдяки цьому зменшується ймовірність відхилень у розмірах і підвищується якість кінцевого виробу.

Усі зубчасті колеса, встановлені на валу, змонтовані на роликових підшипниках, що забезпечує зменшення тертя та підвищення довговічності вузла. При цьому підшипник зубчастого колеса 4-ї передачі має особливу конструкцію – він виконаний насипного типу, тобто без сепаратора, що дозволяє ефективніше сприймати навантаження та рівномірно розподіляти контактні сили між роликами.

Зубчасті колеса 4-ї (позиція 18) і 3-ї (позиція 7) передач фіксуються в осьовому напрямку за допомогою упорної шайби (позиція 4), яка має внутрішні шліци. Вона встановлюється у спеціальну проточку на валу таким чином, щоб її шліци співпадали зі шліцами валу. Для запобігання провертання шайба додатково фіксується підпружиненою замковою шпонкою (позиція 21), що підвищує надійність з'єднання під час роботи трансмісії.

Уздовж осі валу виконано центральний канал для підведення мастильного матеріалу. Через систему радіальних отворів мастило подається безпосередньо до підшипників зубчастих коліс, забезпечуючи їх ефективне змащування та охолодження. Подача мастила в цей канал здійснюється з системи змащування КПП, що дозволяє підтримувати стабільний режим роботи та зменшувати інтенсивність зношування деталей.

На передньому кінці валу встановлено підшипник із приставним внутрішнім кільцем, що забезпечує надійну опору та стабільність обертання вузла. Для забезпечення плавного та безударного перемикавання 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї передач у

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції КПП передбачено використання 2-х пальчикових синхронізаторів інерційного типу. Застосування таких синхронізаторів дає можливість вирівнювати кутові швидкості обертання взаємодіючих елементів перед їх зчепленням, що значно знижує динамічні навантаження на зубчасті колеса. У результаті перемикавання передач відбувається більш м'яко, без характерних ударів і шумів, що підвищує комфорт керування та зменшує зношування деталей трансмісії.

Пальчикові синхронізатори інерційного типу працюють за принципом використання сил тертя для попереднього узгодження швидкостей, після чого відбувається надійне включення передач. Така конструкція є ефективною та широко застосовується в сучасних КПП, оскільки забезпечує підвищену довговічність і стабільність роботи механізму перемикавання.

3.2 Рекомендації щодо складання та розбирання вузла вторинного валу, його дефектація

Під час виконання операцій складання або демонтажу валу його позиціонування та обертання необхідно здійснювати виключно із застосуванням спеціального інструменту. Використання відповідних пристосувань забезпечує точність виконання робіт, запобігає перекосам і знижує ризик пошкодження робочих поверхонь та шліцьових з'єднань.

Перед початком робіт обов'язково слід попередньо витиснути (демонтувати) мастилопровідну трубку. Це необхідно для запобігання її деформації або пошкодженню під час маніпуляцій з валом, а також для забезпечення вільного доступу до внутрішніх елементів вузла.

Порядок розбирання вузла вторинного валу наведений на рис. 3.2.

1. Вторинний вал необхідно затиснути в лещатах зі сторони вихідного кінця. При цьому використовують алюмінієві накладки («щічки»), які запобігають пошкодженню поверхні деталі та зберігають її геометричну точність.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

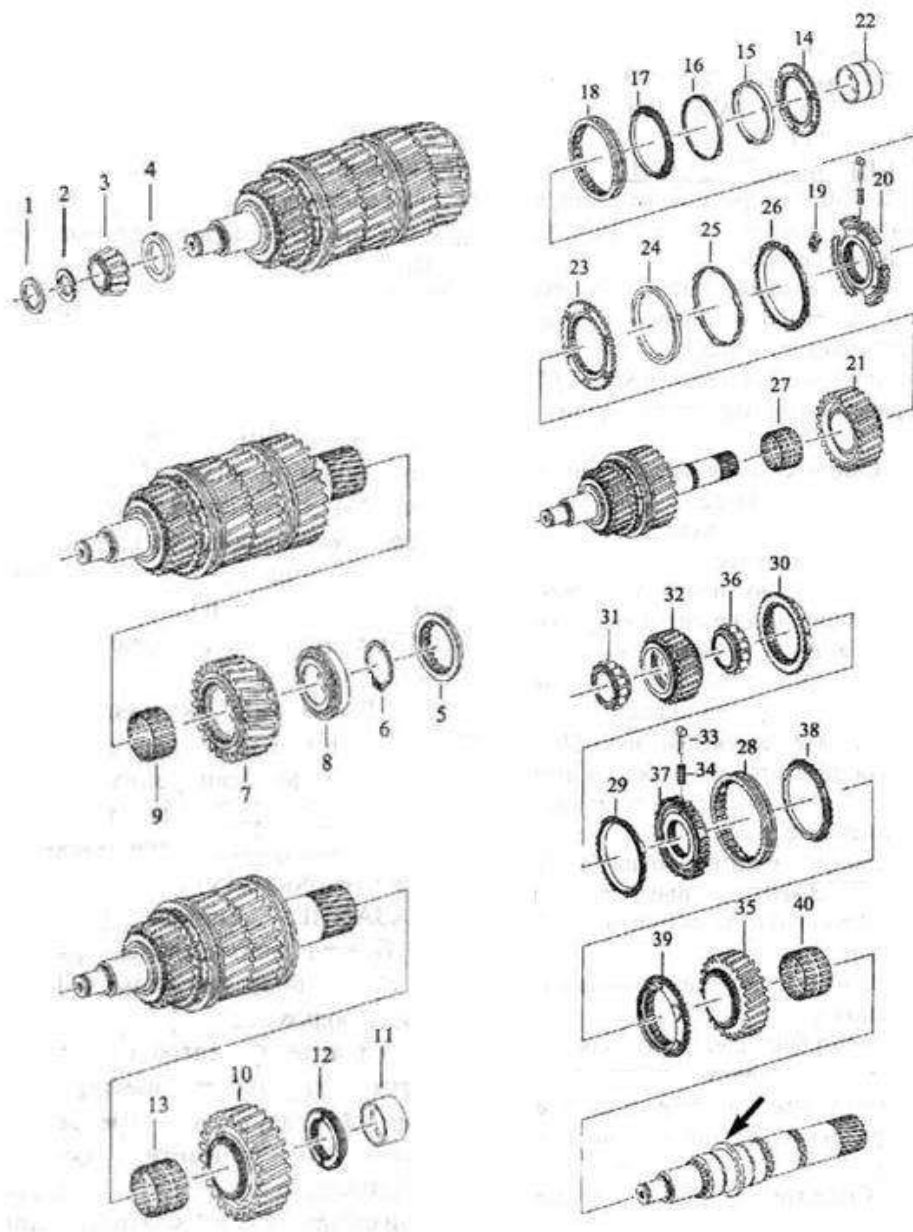


Рисунок 3.2. – Розбирання вузла вторинного валу

2. Далі демонтують упорне кільце (1), після чого знімають роз'ємне кільце (2), забезпечуючи доступ до підшипникового вузла (див. рис. 3.2).

3. Спеціальний знімний інструмент заводять у внутрішнє кільце підшипника (3) і фіксують його до щільного прилягання до роликів за допомогою рифленого кільця. Після цього приєднують основну частину інструмента та акуратно знімають внутрішнє кільце підшипника, уникаючи перекосів.

4. Після демонтажу підшипника знімають осьову шайбу (4), яка виконує функцію обмеження осьового переміщення елементів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5. Потім вторинний вал повторно затискають у лещатах, але вже за цапфи підшипника зі сторони первинного валу. Як і раніше, застосовують алюмінієві накладки для запобігання пошкодженням.

6. На завершення знімають притискну шайбу (5), яка забезпечує фіксацію елементів вузла в осьовому напрямку (у випадку виконання конструкції з прямозубими шестернями притискна шайба (5) може бути відсутня, що слід враховувати під час розбирання).

7. Виймають з кільцевої проточки упорне кільце (6), акуратно піддягаючи його, щоб не пошкодити посадкові поверхні.

8. Косозубу шестерню заднього ходу (7) знімають за допомогою дво- або тризахватного знімача. Захопивши шестерню, її демонтують разом із внутрішнім кільцем роликового підшипника (8), використовуючи проставку для рівномірної сили та запобігання перекосу.

9. Після цього витягують комплект голчастих роликів (9), дотримуючись обережності, щоб не допустити їх втрати або пошкодження.

10. Косозубу шестерню 1-ї передачі (10) також демонтують за допомогою дво- або тризахватного знімача. Вона знімається у зборі разом із втулкою (11) та зубчастою муфтою (12). При виконанні цієї операції застосовують проставку для забезпечення правильного розподілу сили.

11. На завершальному етапі знімають голчастий роликовий підшипник (13), який забезпечує обертання відповідних елементів з мінімальними втратами на тертя.

12. Демонтують дискову зубчасту муфту (14), яка входить до складу спареного конічного синхронізатора 1-ї або 5-ї передачі.

13. Після цього акуратно знімають внутрішнє кільце (15).

14. Далі відокремлюють проміжне кільце (16), дотримуючись обережності під час розбирання.

15. Наступним етапом демонтують зовнішнє кільце (17).

16. Знімають ковзну муфту (18), при цьому слід бути уважним, оскільки під час її зняття можуть випасти фіксуючі елементи та притискні пружини —

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рекомендується заздалегідь підкласти знизу серветку або ганчірку для їх утримання.

17. Знімають з'єднувальні елементи (19), забезпечивши їх цілісність під час демонтажу.

18. Встановлюють дво- або тризахватний знімач на косозубу шестерню 2-ї передачі (21). Виконують знімання шестерні разом із втулкою (22), дисковою зубчастою муфтою (23), внутрішнім кільцем (24), проміжним кільцем (25), зовнішнім кільцем (26) та маточиною синхронізатора (20). Під час цієї операції доцільно застосовувати проставку для запобігання пошкодженню деталей і забезпечення рівномірної сили.

19. Демонтують голчасті роликпідшипники (27), дотримуючись обережності, щоб не пошкодити їх посадкові поверхні.

20. Закріплюють вторинний вал з боку вихідного кінця, забезпечивши його надійну фіксацію перед подальшими операціями.

21. За допомогою дво- або тризахватного знімача підхоплюють ковзну муфту (28) і виконують демонтаж вузла, знявши кільце синхронізатора (29), зубчасту муфту (30), роликпідшипник (31) та косозубу шестерню (32). Для рівномірної прикладання сили використовують проставку (під час зняття ковзної муфти необхідно бути особливо уважним, оскільки фіксатори (33) та притискні пружини (34) можуть випадати; рекомендується підкласти знизу серветку або ганчірку для їх утримання).

22. Вилучають фіксуючі елементи та пружини. Далі встановлюють дво- або тризахватний знімач на косозубу шестерню 3-ї передачі (35) і демонтують її разом із роликпідшипником (36), маточиною синхронізатора (37), кільцем синхронізатора (38) та зубчастою муфтою (39), застосовуючи проставку.

23. Знімають голчасті роликпідшипники (40), уникаючи їх деформації чи пошкодження.

Дефектація вторинного валу КПП КамаЗ-43502 наведена у табл. 3.1.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Дефектація вторинного валу КПП КамАЗ-43502

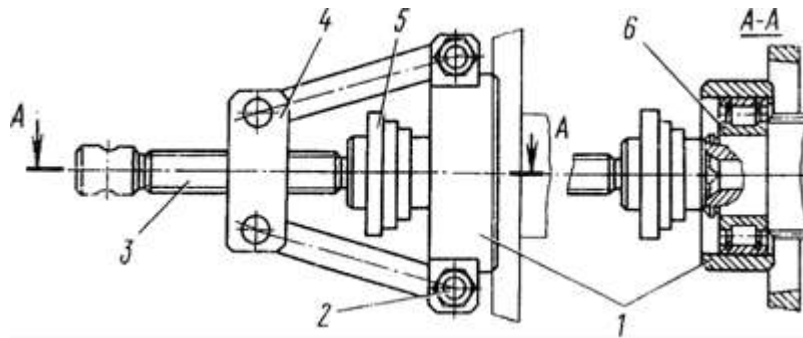
Можливий дефект	Засіб контролю дефекту	Розмір, мм		Рекомендації
		по робітничові кресленню	допустимий без ремонту	
Зношення шийки під передній підшипник	Калібр-скоба НЕ 40П ДСТУ 2234-93 або мікрометр МК50-1 ДСТУ 6507:2009	30,00	29,980	Осталювати Хромувати Наплавити
Зношення шліців за товщиною	Калібр, ролики, штангенциркуль, шаблони радіусів	4,20	4,211	Наплавити Хромувати
Вм'ятини від роликів або зношення шийки під підшипники шестерні 4-ї передачі	Калібр-скоба НЕ 81Сга ДСТУ 2234-93 або мікрометр МК 100-1 ДСТУ 6507:2009	45,00	45,020	Наплавити
Зношення шийки під задній підшипник	Калібр-скоба НЕ 40П ДСТУ 2234-93 або мікрометр МК50-1 ДСТУ 6507:2009	55,00	55,020	Осталювати Хромувати Наплавити
Скручування валу	-	-	-	Бракування
Биття	Індикатор годинного типу	не > 0,120	не > 0,120	Бракування
Облом і тріщини	-	-	-	Наплавлення Заварювання Бракування

Для виконання розбирання веденого валу КПП спочатку необхідно демонтувати стопорне кільце 1 (див. рис. 3.1), яке фіксує елементи вузла в осьовому напрямку. Після цього знімають передній підшипник 2 веденого валу, дотримуючись правильної технологічної послідовності, щоб уникнути пошкодження деталей.

Для демонтажу переднього підшипника вторинного валу використовують спеціальний знімний пристрій (рис. 3.3). Його встановлюють на підшипник таким чином, щоб забезпечити надійне захоплення внутрішнього кільця. Далі, поступово й рівномірно затягуючи гайки 2 (див. рис. 3.3), виконують стягування підшипника з посадкового місця.

Застосування спеціалізованого інструменту дозволяє уникнути перекосів, зменшує ризик пошкодження валу та підшипника, а також забезпечує безпечне і якісне виконання розбірних робіт. Дотримання цих вимог є важливою умовою подальшої надійної експлуатації агрегату після складання.

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – захват; 2 – гайка; 3 – гвинт; 4 – траверси; 5 – наконечник; 6 – підшипник

Рисунок 3.3. – Пристосування для знімання переднього підшипника вторинного валу

Вкручуючи гвинт 3 у траверсу 4 та спираючи наконечник 5 на торець валу, зніміть підшипник. Після цього демонтуйте синхронізатор 4-ї та 5-ї передач, а також упорне кільце шестерні 4-ї передачі (див. рис. 3.1). Для виконання цієї операції необхідно вивести замкову шпонку 21 з паза шайби, після чого повернути її до суміщення шліців шайби та валу.

Далі зніміть шестерню 18 4-ї передачі разом із роликками підшипника 5. Після цього за допомогою відповідного інструменту спресуйте втулку 6 4-ї передачі та витягніть замкову шпонку 21 разом із пружиною 19. Наступним етапом демонтуйте шестерню 7 і підшипник 8 3-ї передачі, а також синхронізатор 9 2-ї і 3-ї передач.

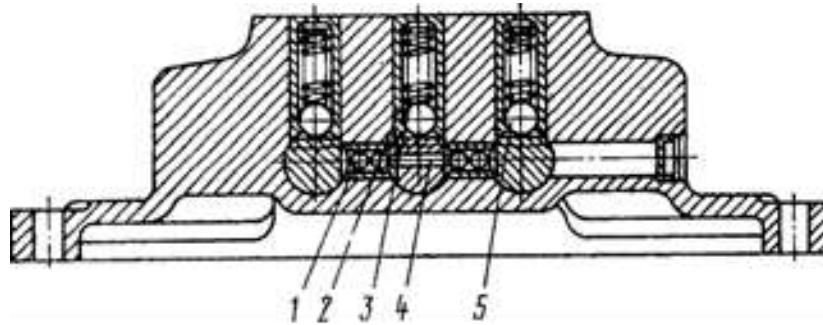
Продовжуючи розбирання, зніміть упорну шайбу 15, шестерню 14 і підшипник першої передачі. Далі демонтуйте муфту 12 вмикання першої передачі та 1-ї заднього ходу, після чого спресуйте шліцьову втулку 13 1-ї передачі. Потім зніміть шестерню 11 і підшипник передачі заднього ходу, а також спресуйте втулку 17 цієї передачі.

На завершальному етапі необхідно демонтувати шестерню та підшипник 2-ї передачі. Виконання всіх операцій у зазначеній послідовності забезпечує правильне та безпечне розбирання вузла без пошкодження його елементів і полегшує подальше ТО або ремонт.

Щоб розібрати верхню кришку КПП, відкручують гайки кріплення та

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

демонтують опори важеля перемикавання передач. Після цього виймають стакани 2 (рис. 3.4.), а разом із ними — пружини 3 і кульки 5 фіксаторів, які забезпечують утримання передач у заданому положенні.



1 – кулька замку; 2 – стакан стопорної кульки; 3 – пружина стопорної кульки;
4 – штифт замку; 5 – стопорна кулька фіксатора

Рисунок 3.4. – Замок і фіксатори механізму перемикавання

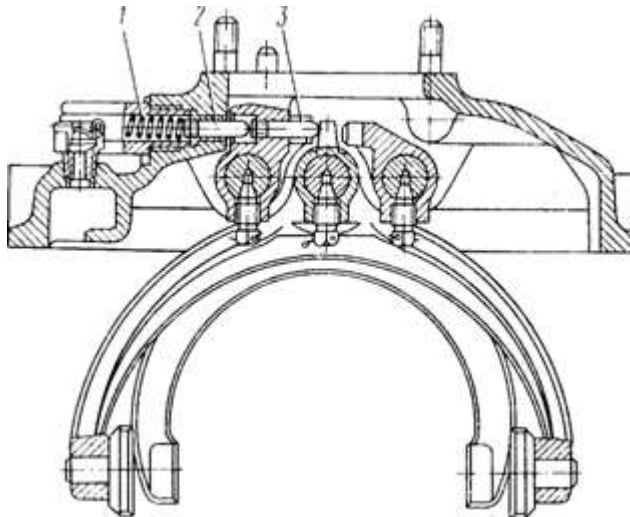
Далі виконують розшпінтування та викручування установчих гвинтів, які фіксують вилки та головки штоків. Після цього вибивають три заглушки 1 та обережно витягують штоки перемикавання передач. Наступним кроком є видалення заглушок замкового механізму штоків, після чого з кришки виймають кульки 1 (див. рис. 3.4), а також витягують штифт 4 замкового пристрою із середнього штока.

На завершальному етапі відкручують стакан пружини, після чого виймають пружину 1 (рис. 3.5), запобіжник 2 та втулку запобіжника. Дотримання правильної послідовності розбирання дозволяє уникнути пошкодження деталей і значно полегшує подальше складання та регулювання КПП.

Складання КПП виконують у послідовності, зворотній до розбирання, однак при цьому необхідно враховувати низку важливих технологічних особливостей, від яких залежить надійність і довговічність роботи вузла.

Зокрема, під час встановлення шестерень без їх заміни не допускається розукомплектування пар, які вже працювали разом. Такі шестерні мають взаємно припрацьовані поверхні зубців, тому їх роз'єднання може призвести до підвищеного шуму, прискореного зношування та порушення нормальної роботи передач.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – пружина запобіжника; 2 – запобіжник; 3 штовхальник запобіжника

Рисунок 3.5. – Запобіжник механізму перемикання передач

У випадку використання нових шестерень з комплекту запасних частин необхідно виконати їх правильне підбирання в пари. Сумісність перевіряють за прямою контакту зубців і рівнем шуму на спеціальних зубообкочуючих або контрольних стендах. Правильне розташування плями контакту має відповідати нормативним вимогам (рис. 3.6) і, бажано, знаходитися в зоні ділильного кола зубчастого колеса.

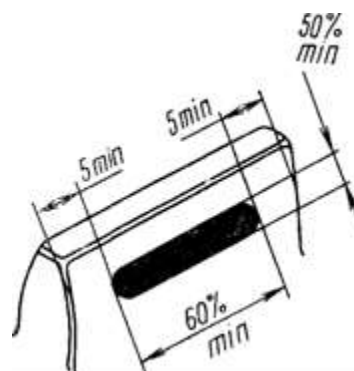


Рисунок 3.6. – Розташування плями контакту

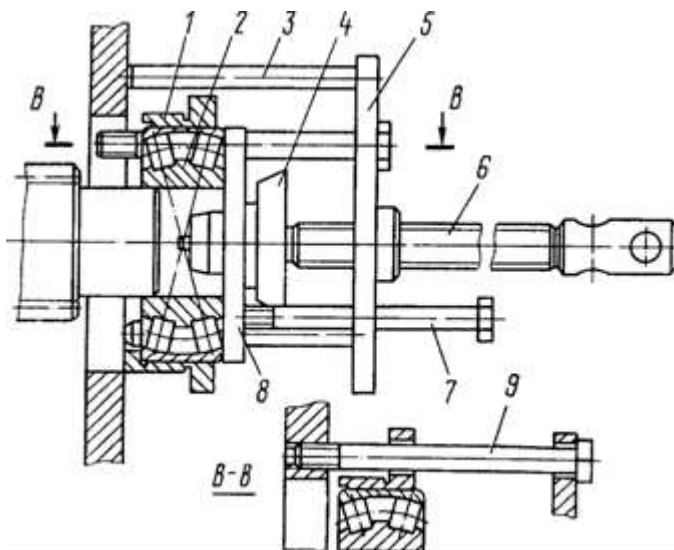
Дотримання цих вимог забезпечує плавність роботи коробки передач, знижує шумність та підвищує ресурс експлуатації агрегату, зокрема у вантажних автомобілях типу КамАЗ.

Перевіряючи пари шестерень на зубообкочуючих стендах, характер шуму

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинен бути низького тону, рівномірним, без сторонніх звуків, таких як стук або скрегіт. Наявність високочастотного шуму не допускається, оскільки він свідчить про неправильне зачеплення або дефекти поверхонь зубців.

Для встановлення заднього підшипника вторинного валу разом зі стаканом на вал, який уже змонтований у КПП і притиснутий передньою кришкою, застосовують спеціальний знімач (рис. 3.7). Спочатку на наконечник 4 встановлюють шайбу 8, після чого через отвори у стакані пропускають болти 9 і вкручують їх у різьбові отвори картера КПП до упору.



1 – стакан; 2 – підшипник; 3 – упор; 4 – наконечник; 5 – плита; 6 – гвинт; 7 і 9 – болти; 8 – шайба

Рисунок 3.7. – Пристосування для установки заднього підшипника вторинного валу

Далі, використовуючи шайбу 8 як опорну поверхню, яка спирається на підшипник, поступово вкручують гвинт 6 у плиту 5. За рахунок створюваної сили відбувається плавне запресування стакана разом із підшипником у посадочне місце до повної установки. Такий спосіб монтажу забезпечує правильну посадку деталей без перекосів і пошкоджень.

Під час складання вторинного валу необхідно особливу увагу приділити правильності встановлення втулок 6, 17 та 13 підшипників (див. рис. 3.1). Отвори

						КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
							40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

у втулках повинні точно співпадати з радіальними каналами відповідних шийок вторинного валу, оскільки це забезпечує нормальне подавання мастила до робочих поверхонь і стабільну роботу вузла.

При складанні підшипника шестерні 4-ї передачі потрібно вкласти 88 роликів, розташувавши їх у 2 ряди. Між цими рядами обов'язково встановлюється проміжна втулка 20, яка забезпечує правильне позиціонування роликів і рівномірний розподіл навантаження під час роботи.

Під час монтажу переднього підшипника 2 вторинного валу необхідно враховувати правильну орієнтацію приставного кільця: воно повинно бути встановлене внутрішньою стороною у напрямку до торця валу. Неправильне встановлення цього елемента може призвести до порушення роботи підшипникового вузла та передчасного зношування деталей.

Під час складання та перевірки КПП необхідно звертати особливу увагу на справність синхронізаторів як основної коробки, так і дільника. Від їх технічного стану безпосередньо залежить плавність перемикання передач і відсутність ударних навантажень у трансмісії.

Статична сила, необхідна для виведення кареток з нейтрального положення, повинно відповідати встановленим нормативам: для обох синхронізаторів воно має становити (275,0-373,0) Н, а для синхронізатора дільника – (589,0-687,0) Н. Відхилення від цих значень може свідчити про знос або неправильне регулювання механізму.

Окремо слід перевірити стан блокувальних фасок картера та пальців. На їх робочих поверхнях не допускається наявність слідів значного зношування, задирів або пошкоджень, оскільки це може призвести до порушення роботи синхронізуючого механізму та погіршення якості перемикання передач.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Матеріал вторинного валу КПП автомобіля КамАЗ-43502

Для виробництва вторинного валу застосовуємо високоякісну конструкційну леговану хромонікелеву сталь 12Х2Н4А, яка забезпечує надійну та тривалу роботу КПП. Ресурс такої деталі становить не < 350 тис. км пробігу навіть за умов підвищених навантажень. Крім того, матеріал здатний витримувати навантаження від ДВЗ, які можуть перевищувати номінальні значення більш ніж утричі, зберігаючи при цьому необхідні експлуатаційні характеристики та міцність [10-14].

Габаритні розміри валу: найбільший діаметр $\varnothing 65$ мм, довжина $l = 493$ мм.
Маса валу $m = 2,75$ кг.

Розшифрування позначення сталі 12Х2Н4А:

- 12: вміст С близько 0.12%;
- Х2: зміст Cr близько 2%;
- Н4: вміст Ni близько 4%;
- А: високоякісна сталь (понижений вміст Si і P).

4.1 Хімічний склад і властивості сталі 12Х2Н4А

Хімічний склад сталі 12Х2Н4А наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад у % сталі 12Х2Н4А

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.09-0.15	0.17-0.37	0.3-0.6	3.25-3.65	до 0.025	до 0.025	1.25-1.65	до 0.30

Роль елементів:

- С забезпечує здатність до цементації;
- Cr підвищує прожарюваність, твердість і зносостійкість;
- Ni покращує прожарюваність, в'язкість та ударну міцність;
- Mn покращує прожарюваність;

					КвРМТВА. 23112.02.11.00			Арк.
								42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

- Si покращує міцність і пружність;
- Cu покращує корозійну стійкість;
- S шкідлива домішка, строге обмеження;
- P шкідлива домішка, строге обмеження.

Основні властивості сталі 12X2H4A:

1. Висока твердість поверхні після цементації і гартування (досягає 58-62 HRC).
2. Висока зносостійкість цементованого шару (забезпечує тривалий термін служби деталей, працюючих в умовах тертя).
3. Висока міцність серцевини (здатність витримувати значні статичні навантаження).
4. Висока в'язкість та ударна міцність серцевини (забезпечує стійкість до крихкого руйнування при ударних навантаженнях).
5. Хороша прожарюваність (дозволяє отримати високу твердість в цементованому шарі на деталях значних розмірів).

Вітчизняні замінники сталі 12X2H4A наступні: 12ХН2, 12ХН3А, 20ХГНР, 20ХГР, 20Х2Н4А.

Зарубіжні аналоги марки сталі 12X2H4A наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Зарубіжні аналоги марки сталі 12X2H4A

США	3310H, E3310, E3310X, G33106
Німеччина	1.5752, 14NiCr14, X12Ni5
Японія	SNC815
Франція	13NiCr14
Англія	655H13, 655M13
Болгарія	12Ch2N4A
Польща	12H2N4A
Чехія	16420

4.2 Термічна обробка сталі 12X2H4A

Сталь 12X2H4A призначена для цементації (насичення поверхні вуглецем) та

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наступної термообробки (загартування), що забезпечує тверду поверхню при в'язкій серцевині.

Термічна обробка включає наступні етапи:

1. Цементация – насичення поверхневого шару вуглецем при температурі $t = (900-950) \text{ }^\circ\text{C}$.
2. Перший відпал (чи нормалізація) – для зняття внутрішнього напруження після цементации.
3. Загартування серцевини – нагрівання до $t = (860-880) \text{ }^\circ\text{C}$ та охолодження в маслі.
4. Другий відпал – для підготовки до гартування поверхні.
5. Гартування поверхні – нагрівання до температури $t = (760-790) \text{ }^\circ\text{C}$ та охолодження в маслі.
6. Низький відпуск – нагрівання до $t = (150-200) \text{ }^\circ\text{C}$ для зняття напруження та підвищення в'язкості.

4.3 Застосування сталі 12X2H4A

Сталь 12X2H4A застосовується для виготовлення:

1. Зубчастих коліс (для КПП і редукторів, особливо важконавантажених).
2. Кулачкових валів (для ДВЗ та інших механізмів).
3. Шестерень різного призначення.
4. Втулок підшипників ковзання.
5. Пальців шарнірних з'єднань.
6. Інших деталей, які вимагають високої поверхневої твердості та в'язкої серцевини.

4.4 Особливості при роботі зі сталлю 12X2H4A

1. Строгий контроль цементации (важливо забезпечити рівномірне насичення поверхневого шару вуглецем).

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Точне дотримання режимів термічної обробки (кожен етап термічної обробки має вирішальне значення для досягнення необхідних властивостей).

3. Застосування захисту від знеуглецювання (знеуглецювання поверхневого шару знижує твердість і зносостійкість, тому необхідно застосовувати захисні середовища при нагріванні).

4.5 Переваги сталі 12Х2Н4А

1. Висока твердість і зносостійкість поверхні.
2. Висока міцність і в'язкість серцевини.
3. Хороша прожарюваність.
4. Висока втомна міцність.

4.6 Недоліки сталі 12Х2Н4А

1. Складність термічної обробки (багатоступінчастий процес).
2. Менша корозійна стійкість порівняно з нержавіючими сталями.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Вибір та обґрунтування способів відновлення вторинного валу КПП

5.1 Технічні вимоги до відновленого вторинного валу після ремонту та механічної обробки

Відновлений вторинний вал після ремонту та механічної обробки повинен повністю відповідати встановленим технічним вимогам, які гарантують його працездатність, точність посадок і довговічність у складі КПП. Зокрема, контроль геометричних параметрів передбачає перевірку таких показників:

– овальність і конусність робочих поверхонь мають знаходитися в межах допустимих норм, без перевищення встановлених відхилень, що забезпечує рівномірне навантаження на елементи вузла;

– співвісність шийки під передній підшипник не повинна перевищувати 0,01 мм, а для шийки під задній підшипник допустиме значення становить не $> 0,02$ мм, що є критичним для правильного обертання валу без додаткових вібрацій;

– нециліндричність отвору під роликівий підшипник допускається в межах не $> 0,01$ мм, що забезпечує щільну та рівномірну посадку підшипникового елемента;

– радіальне биття отвору під роликівий підшипник не повинно перевищувати 0,01 мм, що впливає на стабільність роботи обертових елементів;

– радіальне биття отвору під роликівий підшипник відносно шийок під передній і задній підшипники допускається не $> \gamma = 0,03$ мм, що гарантує правильне взаємне розташування посадкових поверхонь;

– окремо контролюється шорсткість поверхонь: радіальне биття шийки під сальник відносно шийок під передній і задній підшипники повинно відповідати параметру не $> Ra = 1,25$ мкм, а поверхня отвору під роликівий підшипник – не $> Ra = 0,63$ мкм, що забезпечує необхідну якість ущільнення та зниження зносу.

Дотримання зазначених вимог є обов'язковим для забезпечення надійної роботи вторинного валу та всієї трансмісії в цілому.

Найбільш інтенсивному зношуванню піддаються такі спряження в процесі

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації КПП:

– шліцьове з'єднання вторинного валу із синхронізатором 4-ї та 5-ї передач, яке працює в умовах змінних навантажень і частих перемикань, що призводить до поступового збільшення зазорів і втрати точності взаємного зачеплення;

– зовнішні обойми підшипників вторинного валу у місцях їх контакту з картером КПП, де під дією вібрацій та навантажень можливе зношування посадкових поверхонь і зниження жорсткості фіксації;

– посадочні місця під підшипники на самому вторинному валі, які зазнають постійного обертального та контактного навантаження, що може призводити до появи виробітку, зниження точності посадки та порушення співвісності вузла.

Під час передавання змінного крутного моменту через КПП у даному шліцьовому з'єднанні виникають ударні контакти втулки синхронізатора зі шліцями вторинного валу. Це супроводжується періодичними осьовими переміщеннями та коливаннями синхронізатора відносно вторинного валу, а також радіальними вібраціями, які зумовлені дисбалансом валів і зубчастих коліс.

У сукупності ці динамічні фактори сприяють поступовому зношуванню та можливій деформації елементів шліцьового з'єднання, особливо в умовах тривалої експлуатації та змінних навантажень.

Разом з тим, проведена перевірка спряження на зминання показала, що максимальні напруження більш ніж у два рази нижчі за допустимі значення. Це свідчить про достатній запас міцності конструкції. Отже, ймовірність виникнення зминання або пластичної деформації шліцьового з'єднання в процесі експлуатації є вкрай низькою.

З аналізу наведених дефектів випливає, що найбільш інтенсивному зношуванню, як правило, піддаються посадочні місця під підшипники. Саме ці ділянки працюють в умовах постійного контактного навантаження, що призводить до поступового збільшення зазорів та порушення точності посадки.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Вибір способів відновлення вторинного валу КПП

Серед можливих способів відновлення посадочних поверхонь під підшипники, таких як залізнення, хромування та наплавлення, найбільш доцільними з технічної та експлуатаційної точки зору є хромування та вібродугове наплавлення.

Хромування забезпечує високу твердість поверхневого шару, підвищену зносостійкість і точність розмірів після обробки, що особливо важливо для посадкових місць під підшипники.

У свою чергу, *вібродугове наплавлення* дозволяє ефективно відновлювати значно зношені поверхні з подальшою механічною обробкою до необхідних розмірів, забезпечуючи достатню міцність і надійність відновленої деталі.

Електролітичне хромування є ефективним технологічним методом підвищення зносостійкості деталей, які працюють у тертьових парах, а також надійним способом захисту їх від корозійного впливу зовнішнього середовища. Крім того, даний процес може застосовуватися як захисно-декоративне покриття, яке одночасно покращує експлуатаційні та зовнішні характеристики виробів.

Важливою перевагою хромування є значний економічний ефект при відновленні зношених деталей, оскільки дозволяє відновлювати їх геометричні розміри та робочі властивості без повної заміни елементів. Завдяки цьому процес широко використовується у різних галузях народного господарства, зокрема в машинобудуванні та ремонтному виробництві.

На сучасному етапі над удосконаленням технології хромування активно працюють науково-дослідні інститути, університети, конструкторські бюро та підприємства машинобудівного комплексу. Розробляються нові, більш ефективні склади електролітів, оптимізуються режими нанесення покриттів, а також впроваджуються методи підвищення механічних властивостей хромованих шарів, що в цілому розширює сферу застосування даної технології.

Опанування сучасних основ технології електролітичного хромування дозволяє якісно виконувати вимоги нормативно-технічної документації та сприяє

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

активній участі фахівців-практиків у подальшому вдосконаленні та розвитку даного технологічного процесу.

Другим доцільним методом відновлення вторинного валу КПП є вібродугове наплавлення. Дана технологія є різновидом дугового наплавлення металевим електродом, при якому процес формування наплавленого шару здійснюється за рахунок періодичної вібрації електрода та одночасної подачі охолоджувальної рідини на зону наплавлення. Такий підхід дозволяє стабілізувати процес нанесення металу та покращити якість відновленої поверхні.

Основні переваги цього способу полягають у наступному:

- незначний тепловий вплив на деталь, що не порушує структуру раніше виконаної термічної обробки;
- висока продуктивність процесу відновлення, що скорочує час ремонту;
- можливість отримання щільного наплавленого шару без пористості та тріщин;
- мінімальні деформації валу, які залишаються в межах допусків посадкових місць і не потребують значної додаткової механічної обробки;
- можливість регулювання властивостей наплавленого металу з отриманням необхідної твердості та підвищеної зносостійкості.

До недоліків даного способу відновлення слід віднести відносно невисоку продуктивність процесу, що може збільшувати загальний час виконання ремонтних робіт при значних обсягах відновлення деталей.

Раціональні режими вібродугового наплавлення для забезпечення стабільної якості шару наступні:

- напруга $U = (28,0-30,0)$ В;
- сила струму $I = (70,0-175,0)$ А;
- діаметр зварювального дроту $d = 1,60$ мм;
- швидкість подачі дроту $v_d = 1,30$ м/хв;
- швидкість наплавлення $v = (0,50-0,60)$ м/хв;
- амплітуда вібрації $a = (1,80-2,00)$ мм.

З урахуванням того, що переваги вібродугового наплавлення переважають

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

над його недоліками, а також враховуючи його широке застосування у виробничих умовах, відновлення шийки під підшипник доцільно виконувати саме цим методом. Це забезпечує необхідну якість відновленої поверхні та достатній ресурс роботи деталі після ремонту.

Технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу КПП наведені у табл. 5.1.

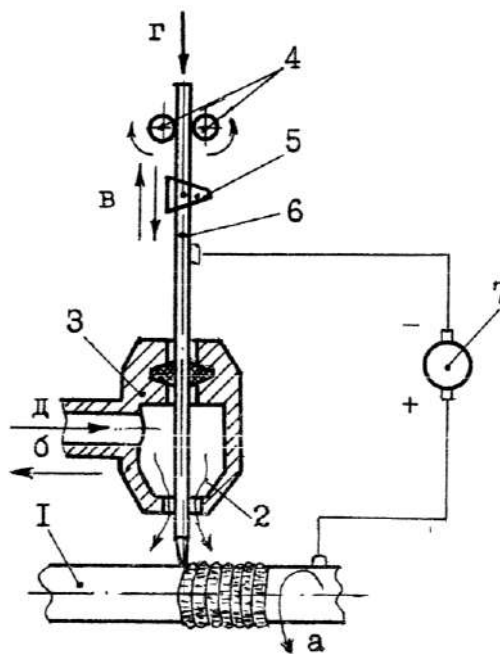
Таблиця 5.1 – Технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу КПП

№ п/п	Найменування і зміст операції	Устаткування	Пристосування	Інструмент		Наставні бази
				робочий	вимірювальний	
005	Токарна (правка центрів валу)	Токарно-гвинторізний верстат 1К62	Патрон 3-кулачковий, центр, люнет	Свердло центрувальне Р18	Шаблон	Шийка Ø17,0, Ø18,0 центр. отв.
010	Шліфувальна (шліфувати шийку під наплавлення)	Кругло-шліфувальний верстат М1332	Повідковий патрон, центр	Шліфувальний круг ПП 600x80x305 14А 40СМ	Мікрометр МК 75-100-01 ISO 9001:2018	Шийка Ø17,0, Ø18,0, центр. отв.
015	Наплавлювальна (наплавити шийку вібродуговим наплавленням)	Переобладнаний токарно-гвинторізний верстат 1К62-М, випрямляч ВС-300Б [15]. Головка для наплавлення а-580. Вібратор ОКС-6569	Патрон трьох кулачковий, центр	Кусачки, комбіновані ДСТУ 11516:2014	Штангенциркуль ШЦ 1-125-01 ДСТУ 166-2008	Шийка Ø17,0, Ø18,0, центр отв.
020	Шліфувальна (шліфувати шийку під підшипник)	Кругло шліфувальний верстат М1332	Повідковий патрон, центр	Шліфувальний круг ПП 600x80x305 14А 40СМ	Мікрометр ШЦ 1-125-01 ДСТУ 166-2008	Шийка Ø17,0, Ø18,0 центр
025	Шліфувальна (чистове шліфування шийки під підшипник)	Кругло шліфувальний верстат М1332	Повідковий патрон, центр	Шліфувальний круг ПП 600x80x305 14А 40СМ	Мікрометр МК 75-100-01 ISO 9001:2018	Шийка Ø17,0, Ø18,0, центр
030	Мийна (промити вал)	Ванна із содовим розчином	Підвіска для миття валу			
035	Сушарна (видалити сліди вологи)	Сушарна шафа ШСП-0,3-200ТК	Підвіска			
040	Контрольна (контролювати розміри діаметрів шийки, шліців, шпонкової канавки)	Плита перевірна, підставка під плитку	Контрольне пристосування		Стойка індикаторна, індикатор годинного типу мікрометр МК 75-100-01 ISO 9001:2018	

Для виконання наплавлення деталь встановлюють у центрах токарно-гвинторізного верстата, після чого її обертають із заданою частотою (рис. 5.1). На супорті верстата жорстко фіксують наплавлювальну головку, яка забезпечує формування наплавленого шару на відновлюваній поверхні [16].

У процесі обробки деталь обертається з частотою $\cong 2$ об/хв., що створює рівномірні умови для нанесення металу. Наплавлення здійснюється в спеціальному рідинному середовищі – електроліті (3%-й розчин кальцинованої соди, що подається насосом, або 20%-й розчин гліцерину).

Під час подачі рідини утворюється парова оболонка, яка ефективно ізолює зону наплавлення від впливу атмосферного повітря. Завдяки цьому розплавлений метал захищається від взаємодії з O_2 і N_2 , що запобігає окисненню та покращує якість наплавленого шару.



а – напрям обертання валу; б – напрям переміщення головки; в – напрям вібрації електрода; г – напрям руху електрода; д – напрям руху охолоджувальної рідини

1 – вторинний вал; 2 – охолоджувальна рідина; 3 – сопло; 4 – ролики; 5 – електрод; 6 – вібратор; 7 – джерело струму

Рисунок 5.1 – Схема вібродугової установки [16]

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування такого технологічного підходу забезпечує рівномірне відновлення поверхні валу, підвищує його зносостійкість і дозволяє досягти необхідних експлуатаційних характеристик після ремонту.

Унаслідок інтенсивного охолодження проплавлений шар швидко загартовується, набуваючи підвищеної твердості та високої зносостійкості. Такий ефект дозволяє суттєво покращити експлуатаційні властивості відновленої поверхні без додаткової термічної обробки.

Навіть при використанні одного й того ж електродного матеріалу структура наплавленого шару може змінюватися залежно від кількості охолоджувальної рідини, а також способу її подачі в зону наплавлення. Регулювання цих параметрів дає змогу керувати процесом кристалізації та отримувати необхідні властивості металу.

Електрод у процесі роботи здійснює коливальні рухи з частотою приблизно $\varepsilon = (25-100)$ Гц. У результаті цього відбуваються часті короточасні замикання електрода з поверхнею деталі, що супроводжується виникненням переривчастої електричної дуги. Такий режим сприяє стабілізації процесу наплавлення, покращенню якості шару та зменшенню ймовірності дефектів.

Метал під час наплавлення наноситься на поверхню валу невеликими порціями, що забезпечує рівномірніше формування шару та кращий контроль процесу. Одночасно електрод і зона наплавлення безперервно охолоджуються спеціальною емульсією, яка відводить тепло та стабілізує температурний режим.

Завдяки таким умовам деформації валу після наплавлення практично відсутні або мають мінімальне значення, що є важливою перевагою цього методу відновлення. Наплавлення може виконуватися як в один шар, так і у кілька послідовних шарів залежно від необхідної товщини відновлення.

За один прохід зазвичай формується шар металу товщиною до $h = 2,0$ мм. При багатошаровому наплавленні перед нанесенням наступного шару рекомендується виконати механічну обробку попереднього, що дозволяє покращити зчеплення шарів і підвищити якість відновленої поверхні.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Вибір устаткування, пристосування та інструменту для відновлення вторинного валу КПП

Для виконання операції правки центрів використовується токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62, який забезпечує необхідну точність встановлення та обробки деталі.

Шліфування шийки валу під підшипник виконується на круглошліфувальному верстаті М1332, що дозволяє досягти високої точності розмірів і необхідної якості поверхні.

Як технологічне оснащення для напавлення застосовується напавлювальна головка а-580. З вібратором ОКС-6569, які забезпечують стабільність процесу відновлення поверхонь методом вібродугового напавлення.

Ріжучий інструмент використовується зі змінними твердосплавними пластинами, виготовленими з швидкорізальної сталі Р18 та твердого сплаву Т5К10, що дає можливість здійснювати обробку на підвищених швидкостях різання та підвищує продуктивність ТП.

Для виконання шліфувальної операції застосовується шліфувальний круг ПП 600x80x305 14А 40СМ, який забезпечує необхідну точність та якість обробленої поверхні після відновлення деталі.

Вимірювальний інструмент застосовується для проведення міжопераційного та остаточного контролю геометричних параметрів валу з метою забезпечення відповідності встановленим технічним вимогам.

У процесі контролю використовуються такі засоби вимірювання та калібрування:

- штангенциркуль ШЦ 1-125-0.1 ДСТУ 166-2008, який забезпечує вимірювання лінійних розмірів з точністю до 0,1 мм;
- мікрометр ШЦ 1-125-01 ДСТУ 166-2008, призначений для точного контролю діаметрів і товщин деталей;
- кільце-калібр для перевірки шліцьових з'єднань, яке використовується для

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оцінки відповідності посадкових розмірів;

– калібри для контролю граничних розмірів.

Застосування зазначеного вимірювального інструменту дозволяє забезпечити стабільну якість обробки та точність відновлених поверхонь деталі на всіх етапах ТП.

5.4 Розрахунок режимів і норм часу при відновленні вторинного валу КПП

Операція 005 Токарна

Правити центруванню отвору з двох сторін осі. Інструмент – свердло центрове. Розміри отвору $D = 7,50$ мм, $l = 3,60$ мм

Режим різання [17-20]:

– подача $S_r = 0,08$ мм/об;

– швидкість різання $V_T = 20$ м/хв.

Подачу коригуємо за паспортом верстата 1К62: $S_\phi = 0,074$ мм/об.

Число оборотів шпинделя:

$$n = (1000 * T) / (\pi * D); \text{ об/хв.} \quad (5.1)$$

$$n_T = (1000 * 20) / (3,14 * 7,5) = 849 \text{ об/хв.}$$

Число оборотів коригуємо за паспортом верстата 1К62: $n_a = 800$ об/хв.

Основний час [18]:

$$T_o = (L * j) / (S_\phi * n_\phi); \text{ хв.} \quad (5.2)$$

де L – довжина проходу свердла;

j – число проходів;

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S_{ϕ} – фактична подача;

n_{ϕ} – фактичне число оборотів

l – довжина оброблюваної деталі;

l_1 – величина урізування.

Тоді:

$$l_1 = t * \operatorname{ctg} \alpha \quad (5.3)$$

де t – глибина різання;

$$t = D / 2 = 7,50 / 2 = 3,75 \text{ мм.} \quad (5.4)$$

половина кута свердла $\alpha/2 = 60^\circ$.

Тоді:

$$L_1 = 3,75 * \operatorname{ctg} 60 = 3,75 * 0,58 = 2,2 \text{ мм} \quad (5.5)$$

$$T_o = (3,60 + 2,20) / (0,074 * 800) = 0,10 \text{ хв.}$$

Допоміжний час [18]:

$$T_{\text{доп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}}, \text{ хв.} \quad (5.6)$$

де $t_{\text{уст}} = 0,87$ хв. – час на установку і зняття деталі;

$t_{\text{пер}} = 0,16$ хв. – допоміжний час, пов'язаний з переходом.

Тоді:

$$T_{\text{доп}} = 0,87 + 0,16 = 2,47 \text{ хв.}$$

Додатковий час [18]:

$$T_{\text{дод}} = (T_o + T_{\text{доп}}) / 100 * k, \quad (5.7)$$

де $k = 8\%$ – відсоток додаткового часу для токарних робіт.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:

$$T_{\text{дод}} = (0,1 + 2,47) / 100 * 8 = 0,21 \text{ хв.}$$

Штучний час [18]:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}} = 0,1 + 2,47 + 0,21 = 2,78 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час $T_{\text{пз}} = 4 \text{ хв.}$ [18].

Операція 010. Шліфування

Шліфувати шийку під наплавлення.

Початкові дані: деталь – вторинний вал КПП: $D = 65,0 \text{ мм}$; $d = 64,90 \text{ мм}$;
 $l = 493,0 \text{ мм}$.

Матеріал – сталь 12Х2Н4А.

Маса валу – 2,75 кг.

Устаткування – круглошліфувальний верстат М1332.

Різальний інструмент – шліфувальний круг ПП 600х80х305 14А 40СМ.

Установка валу – в центрах.

Умови обробки – з охолодженням.

Вид шліфування – кругле зовнішнє з виходом шліфувального круга в один бік.

Зміст операції – встановити вал; шліфувати шийку; виміряти шийку; зняти вал.

Припуск на обробку [18]:

$$t = (D - d) / 2 = (65,0 - 64,90) / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Поперечна подача (глибина шліфування) [18]:

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_t = (0,005-0,010) \text{ мм/хід стола}$$

Приймаємо за паспортом верстата М1332:

$$S_t = 0,0075 \text{ мм/хід стола}$$

Швидкість різання визначаємо по [20] за прийнятою подачею, глибиною шліфування та діаметром шліфованої поверхні валу:

$$v = 20,0 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число оборотів шпинделя [18]:

$$n_T = (1000 * 20) / (\pi * D) = (1000 * 20,0) / (3,14 * 29,94) = 211,0 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо n_ϕ , коригуючи n_T за паспортом верстата:

$$n_\phi = 210 \text{ об/хв.}$$

Основний час [18]:

$$T_o = Z / (n_\phi * S_t) * k \quad (5.8)$$

де $Z = 0,1$ – припуск на шліфування;

n_ϕ – фактичне число оборотів шпинделя

S_t – поперечна подача;

$k = (1,1-1,4)$ – коефіцієнт, який враховує знос круга при шліфуванні; при чорновому шліфуванні приймаємо $k = 1,30$.

$$T_o = 0,1 / (210 * 0,0075) * 1,30 = 0,12 \text{ хв.}$$

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний час [18] при $k = 9,0$:

$$T_{\text{доп}} = ((T_o + T_{\text{дод}}) / 100) * k; \quad (5.9)$$

$$T_{\text{доп}} = ((0,12 + 1,45) / 100) * 9,0 = 0,14 \text{ хв.}$$

Штучний час [18]:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{дод}} + T_{\text{доп}}; \quad (5.10)$$

$$T_{\text{шт}} = 0,12 + 1,45 + 0,14 = 1,71 \text{ хв.}$$

Підготовчо–завершальний час:

$$T_{\text{пз}} = 9,0 \text{ хв.}$$

Операція 015. Наплавлювальна.

Зміст операції:

- встановити деталь;
- направити шийки;
- зняти деталь.

Устаткування: модернізований токарно-гвинторізний верстат 1К62-М, випрямляч ВС-300Б, головка для наплавлення а-580, вібратор ОКС-6569.

Пристосування: кусачки комбіновані ДСТУ 11516:2014.

Матеріал наплавлення : електродний дріт НП-30 ХГСА.

Розміри наплавлених поверхонь:

- шийка під підшипник $d_1 = 29,74$ мм; $D_1 = 31,01$ мм; $l_1 = 42,0$ мм;
- $H_{\text{max}} = 4,92$ мм; $H_{\text{min}} = 4,88$ мм; $l_2 = 40,0$ мм;
- $H_{\text{напл}} = 6,24$ мм

Режим наплавлення:

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- діаметр електродного дроту НП-30 ХГСА $d_e = 1,60$ мм;
- щільність струму $J = 85,0$ А/м²;
- сила зварювального струму, А [16]:

$$I = 0,785 * d_e * J, \quad (5.11)$$

$$I = 0,785 * 1,60 * 85,0 = 170,0 \text{ А};$$

- напруга дуги $U = 27,0$ В;

Маса розплавленого металу:

$$G_{p,m} = (I * \eta) / 60 = (170,0 * 7,50) / 60 = 21,30 \text{ г.} \quad (5.12)$$

- де – коефіцієнт наплавлення $\eta = 7,50$;

Об'єм розплавленого металу [16]:

$$V_{p,m} = G_{p,m} / 7,812 = 21,30 / 7,812 = 2,70 \text{ см}^3. \quad (5.13)$$

Швидкість подачі електродного дроту НП-30 ХГСА:

$$V_{п.др} = G_{p,m} / (0,785 * d_e) = 2,7 / (0,785 * (1,6)) = 1,35 \text{ м/хв.} \quad (5.14)$$

Подача (крок наплавлення) [16]:

$$S = (1,2-2,0) * d_e, \text{ мм/об}; \quad (5.15)$$

$$S = (1,2-2,0) * 1,60 = (1,92-3,20) \text{ мм/об.}$$

Коригуємо подачу за паспортом верстата 1К62-М:

$$S = 2,80 \text{ мм/об.}$$

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість наплавлення [16]:

$$v = (0,785 * d_e * v_{п.др} * k * a) / (t * S), \quad (5.16)$$

де $t = 0,68$ мм – товщина шару;

– $k = 0,90$;

– $a = 0,96$.

Тоді:

$$v = (0,785 * (1,60) * 1,35 * 0,90 * 0,96) / (0,68 * 2,80) = 1,23 \text{ м/хв.} = 123,0 \text{ мм/хв.}$$

Частота обертання валу [16]:

$$n = (1000 * v) * (\pi * D) = (1000/1,23) / (3,14 * 30,0) = 13,05 \text{ об/хв.} \quad (5.17)$$

Коригуємо n за паспортом верстата: $n_{\phi} = 13,00$ об/хв.

Технічне нормування автоматичного наплавлення.

Основний час, хв. [16]:

$$T_o = (L / (n_{\phi} * S)) * ш, \quad (5.18)$$

де $L = 42$ мм – довжина наплавлення;

$n_{\phi} = 13,00$ об/хв. – частота обертання валу;

$S = 12,5$ мм/об – крок наплавлення;

$ш = 1$ – кількість шарів наплавлення.

Тоді:

$$T_o = (42 / (13,00 * 12,5)) * 1 = 1,2 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, хв. [16]:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} + T_{d3}, \quad (5.19)$$

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{д1} = 0,30$ хв. – час, пов'язаний на установку і зняття валу, хв.

$T_{д2} = 0,75$ хв. – час, пов'язаний з переходом (на один погонний метр валу).

$T_{д3} = 0,46$ хв. – час на один поворот валу;

Тоді:

$$T_{д} = 0,30 + 0,75 + 0,46 = 1,51 \text{ хв.}$$

Додатковий час, хв. [16]:

$$T_{дод} = ((T_o + T_{д}) / 100) * k; \quad (5.20)$$

де $k = 15,0$.

Тоді:

$$T_{дод} = ((1,2 + 1,51) / 100) * 15,0 = 0,41 \text{ хв.}$$

Штучний час [16]:

$$T_{шт} = T_o + T_{д} + T_{дод} = 1,2 + 1,51 + 0,41 = 3,12 \text{ хв.} \quad (5.21)$$

Підготовчо-завершальний час [16]:

$$T_{пз} = 8,0 + 1,0 + 0,8 + 0,1 + 1,3 + 4,5 = 16,6 \text{ хв.}$$

Наплавлення шліців подовжнім способом.

Основний час [16]:

$$T_o = (L / n) * ш = \text{хв.} \quad (5.22)$$

$$T_o = (42,00 / 13,00) * 1 = 0,26 \text{ хв. на один шліц}$$

$$T_{ош} = T_o * z_{ш} = 0,26 * 6 = 1,56 \text{ хв.,} \quad (5.23)$$

де $z_{ш} = 6$ – кількість шліців на валу.

Допоміжний час [18]:

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} + T_{d3}, \quad (5.24)$$

де $T_{d1} = 0,29$ хв. – час на установку, закріплення і зняття валу;

T_{d2} – час, пов'язаний з переходом, який визначається, виходячи з норми 1,40 хв. на 1 погонний метр валу [18].

Тоді:

$$T_{d1} = (1,40 * 32,00) / 1000 = 0,05 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на поворот деталі на 180° і установки наплавлювальної головки на параметр 0,46 [18]:

$$T_{d3} = 0,46 * 6 = 2,76 \text{ хв.}$$

$$T_d = 0,29 + 0,05 + 2,76 = 3,10 \text{ хв.}$$

$$T_{доп} = ((T_o + T_d) / 100) * k = ((1,56 + 3,10) / 100) * 15 = 0,70 \text{ хв.}$$

Штучний час [16]:

$$T_{шт} = T_o + T_d + T_{доп} = 1,56 + 3,10 + 0,70 = 5,36 \text{ хв.} \quad (5.25)$$

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{пз} = 8,0 + 1,0 + 0,8 + 0,1 + 1,3 + 5,4 = 16,6 \text{ хв.}$$

Загальний штучний час на операцію:

$$T_{шт} = 3,12 + 5,36 = 8,48 \text{ хв.}$$

Загальний підготовчий час на операцію:

$$T_{пз} = 16,60 + 16,60 = 33,20 \text{ хв.}$$

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 020. Шліфування.

Шліфувати шийку підшипник після наплавлення.

Початкові дані: деталь – вторинний вал КПП:

$D = 31,10$ мм; $d = 42,0$ мм.

Матеріал – сталь 12Х2Н4А.

Маса валу – 2,75 кг.

Устаткування – круглошліфувальний верстат М1332.

Різальний інструмент – шліфувальний круг ПП 600х80х305 14А 40СМ.

Установка валу – в центрах.

Умови обробки – кругле зовнішнє шліфування.

Зміст операції: встановити вал в центрах, попередньо шліфувати шийку, остаточно шліфувати шийку, виміряти шийку, зняти вал.

Чорнове шліфування.

Режими різання: припуск на обробку $\delta = 0,50$ мм.

Поперечна передача (глибина шліфування S_t) [18]:

$$S_t = (0,005-0,010) \text{ мм/хід стола.}$$

Приймаємо за паспортом верстата М1332:

$$S_t = 0,0075 \text{ мм/хід стола.}$$

Швидкість різання $v = 20,0$ м/хв.

Число оборотів шпинделя [18]:

$$n_{ш} = (1000 * 20,0) / (\pi * D) = (1000 * 20,0) / (3,14 * 31,10) = 204,80 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо $n_{ш}$ по паспорту верстата М1332:

$$n_{ф} = 210 \text{ об/хв.}$$

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний час [18]:

$$T_o = (\delta / (n_\phi * S_t)) * k, \text{ хв.} \quad (5.25)$$

де $\delta = 0,05$ – припуск на шліфування;

$k = 1,30$.

Тоді:

$$T_o = (0,05 / (210 * 0,0075)) * 1,30 = 0,60 \text{ хв.}$$

Допоміжний час [18]:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} + T_{d3} = 0,80 + 0,30 + 0,25 = 1,35 \text{ хв.} \quad (5.27)$$

Додатковий час [18]:

$$T_{\text{дод}} = ((T_o + T_d) / 100) * k = ((0,60 + 1,35) / 100) * 1,30 = 0,18 \text{ хв.} \quad (5.28)$$

Штучний час [18]:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_d + T_{\text{дод}} = 0,60 + 1,35 + 0,18 = 2,13 \text{ хв.} \quad (5.29)$$

Підготовчо-завершальний час [18]:

$$T_{\text{пз}} = 7,0 \text{ хв.}$$

Операція 025. Шліфування чистове.

Приймаємо параметри режиму різання:

– $n_\phi = 159$ об/хв.,

– $v = 20,0$ м/хв.;

– $S_t = 0,0075$ мм/хід стола.

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– припуск на обробку $Z = 0,05\text{мм}$.

Основний час [18]:

$$T_o = (\delta / (n_\phi * S_t)) * k = (0,05 / (210 * 0,0075)) * 1,30 = 0,08 \text{ хв.} \quad (5.30)$$

Допоміжний час:

$$T_{\text{доп}} = 0,60 + 0,35 + 0,25 = 1,20 \text{ хв.}$$

Додатковий час [18]:

$$T_{\text{дод}} = ((T_o + T_{\text{доп}}) / 100) * k = ((0,08 + 1,20) / 100) * 1,30 = 0,12 \text{ хв.} \quad (5.32)$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 0,08 + 1,20 + 0,12 = 1,40 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{\text{пз}} = 7,0 \text{ хв.}$$

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Розглянуті загальні відомості про бортовий повнопривідний вантажний армійський автомобіль КамАЗ-43502 та його КПП (технічне обслуговування та ремонт).

Для вторинного валу представлені: конструкція вузла, рекомендації щодо складання та розбирання, дефектація.

Призначений матеріал вторинного валу – сталь 12Х2Н4А (хімічний склад і властивості, термічна обробка, застосування, особливості при роботі, переваги та недоліки).

Вибраний та обґрунтований спосіб відновлення вторинного валу КПП – вібродугове наплавлення, для якого вибрані режими, устаткування, пристосування та інструмент:

- напруга $U = 27,0$ В;
- сила струму $I = 170,0$ А;
- щільність струму $J = 85,0$ А/м²;
- електродний дріт НП-30 ХГСА;
- діаметр електродного дроту $d = 1,60$ мм;
- швидкість подачі електродного дроту $v_{п.др} = 1,35$ м/хв;
- частота коливальних рухів електродного дроту $\varepsilon = 50$ Гц;
- швидкість наплавлення $v = 123,0$ мм/хв.;
- крок наплавлення $S = 2,80$ мм/об;
- амплітуда вібрації $a = (1,80-2,00)$ мм;
- модернізований токарно-гвинторізний верстат 1К62-М;
- випрямляч ВС-300Б;
- головка для наплавлення а-580;
- вібратор ОКС-6569.

Розроблений технологічний маршрут з усунення дефектів вторинного валу.

Шліфування шийки валу під підшипник виконується на круглошліфувальному верстаті М1332, що дозволяє досягти високої точності

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розмірів і необхідної якості поверхні.

Ріжучий інструмент використовується зі змінними твердосплавними пластинами, виготовленими з швидкорізальної сталі P18 та твердого сплаву T5K10, що дає можливість здійснювати обробку на підвищених швидкостях різання та підвищує продуктивність ТП.

Для виконання шліфувальної операції застосовується шліфувальний круг ПП 600x80x305 14А 40СМ, який забезпечує необхідну точність та якість обробленої поверхні після відновлення деталі.

У процесі контролю використовуються такі засоби вимірювання та калібрування:

- штангенциркуль ШЦ 1-125-0.1 ДСТУ 166-2008, який забезпечує вимірювання лінійних розмірів з точністю до 0,1 мм;
- мікрометр ШЦ 1-125-01 ДСТУ 166-2008, призначений для точного контролю діаметрів і товщин деталей;
- кільце-калібр для перевірки шліцьових з'єднань, яке використовується для оцінки відповідності посадкових розмірів;
- калібри для контролю граничних розмірів.

Розраховані режими і норми часу при відновленні вторинного валу КПП.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. КамАЗ-4350 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/КАМАЗ_4350
2. КамАЗ 43502: технічні характеристики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gruzovik.biz/articles/kamaz-43502-tehnicheskie-kharakteristiki>
3. Технічні характеристики КамАЗа 43502 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamaz.market/articles/tehnicheskie-kharakteristiki-kamaza-43502/>
4. Шасі КАМАЗ- 43502 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kievspecteh.com/catalog/kamaz/kamaz-43502?srsItd=AfmBOorM6FUvv_bVmn_f0ZGnyF9afpXZwhY4FXyGHv_epZdCE1lxTfmr
5. КамАЗ 43502 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.vnalichii.info/info/gruz/kamaz/kamaz_766.html
6. Бортовий автомобіль КамАЗ-43502 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamaz.kz/avto/bortovoy/43502/>
7. Документація КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamaz.kz/inform/literatura/#ZF9>
8. Коробка передач, ремонт КПП [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kama-avtodetal.ru/tehspravochnik/rukovodstvo-po-remontu-i-tehnicheskomu-obsluzhivaniyuavtomobilej/korobka-peredach-remont-kpp/>
9. Будова автомобіля КАМАЗ: коробка передач та її комплектуючі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://b2b.rumotors.com/useful/review/ustroistvo-avtomobilya-kamaz-korobka-peredach-i-ee-komplektuyuschie>
10. Характеристика матеріалу 12Х2Н4А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=181
11. Зарубіжні аналоги матеріалу 12Х2Н4А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=181#1
12. Сталь 12Х2Н4А [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

					КВРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://olbi.su/12kh2n4a>

13. Характеристика сталі 12Х2Н4А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metal.place/ua/wiki/12kh2n4a/>

14. Сталь 12Х2Н4А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auremo.org/materials/stal-12h2n4a-ei83.html>

15. Випрямляч зварювальний ВС-300Б [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://svarka.kr.ua/svarochnoe-oborudovanie/svarochnye-apparaty/vypriamiteli-svarochnye/vypriamiteli-dlya-poluavtomatov/vypriamitel-svarochnyj-vs-300b>

16. Вібродугове наплавлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9016104/page:9/>

17. Теорія різання [Електронний ресурс]: Підручник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка / О.В. Глоба, В.В. Вовк, Д.А. Красновид, В. І. Солодкий. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 248 с.

18. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазура. – 2-е вид. перероб. і доп. – Львів: Новий світ-2000, 2011. – 422 с.

19. Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб. / А. І. Грабченко, М. Д. Узунян, Н. В. Зубкова та ін. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – 88 с.

20. Мощенок В. Основи обробки металів різанням : навч. посіб. / Василь Мощенок, Ігор Пімонов, Микола Скрипник. – London: LAMBERT Academic Publishing, 2025. – 264 с.

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					КвРМТВА. 23112.02.11.00	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		