

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Вибір матеріалу та способу відновлення вторинного валу КПП
всюдиходу»

Рівень вищої освіти другий магістерський
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 132 Матеріалознавство
Освітня програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів

Шифр КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ

Виконав студент 2 курсу група МТВАм-24-1



Підпис

Назарій НЕМИРОВИЧ

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Олександр РУДИК

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Олег МАКОВКІН

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ

05.12.25 р

Дата



Підпис

Олександр ДИХА

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

2025 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Немировичу Назарію Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи): Вибір матеріалу та способу відновлення веденого валу КПП всюдиходу

керівник проекту (роботи) Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом університету від 25.08.2025 р. № 65 (Д 27)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваної деталі; нормативно-технологічна документація з технології відновлення веденого валу КПП всюдиходу

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

1. Загальні відомості та основні технічні характеристики командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118

2. Будова, технічні характеристики, несправності та ремонт КПП КамАЗ-43118

3. Розробка технологічного процесу відновлення веденого валу коробки передач всюдиходу КамАЗ-43118

4. Застосування SolidWorks Simulation для дослідження працездатності відновленого веденого валу коробки передач всюдиходу КамАЗ-43118

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

Графічну частину проекту представити у вигляді презентації на слайдах (12-15) шт.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 15 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд	30.09.2025	
2	Технологічний розділ	25.10.2025	
3	Дослідницький розділ	15.11.2025	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2025	
5	Оформлення презентації проєкту	1.12.2025	
6	Нормоконтроль проєкту	05.12.2025	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	05.12.2025	

Студент


Підпис

Керівник проєкту (роботи)

Н.В. Немирович
Ініціали, прізвище

О.Ю. Рудик
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 88 сторінок, кількість рисунків – 37, таблиць – 16, додатків – 2, кількість джерел згідно із переліком посилань – 30.

Студент гр. МТВАм-24-1 Немирович Назарій Володимирович

Тема «Вибір матеріалу та способу відновлення веденого валу КПП всюдиходу».

Дана кваліфікаційна робота магістранта присвячена вибору матеріалу та способу відновлення веденого валу КПП командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118.


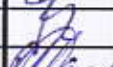


У кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

1. Навести загальні відомості та основні технічні характеристики командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118.
2. Представити будову, технічні характеристики, несправності та описати ремонт КПП КамАЗ-43118.
3. Розробити технологічний процес відновлення веденого валу коробки передач всюдиходу.
4. Застосувати SolidWorks Simulation для дослідження працездатності відновленого веденого валу коробки передач всюдиходу.

Перелік ключових слів: КАМАЗ-43118, КПП, ВЕДЕНИЙ ВАЛ, ВІДНОВЛЕННЯ, SOLIDWORKS SIMULATION.

ЗМІСТ

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	10
1 Загальні відомості та основні технічні характеристики	
командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118	11
1.1 Загальні відомості про командно-штабний всюдихід.....	11
1.2 Основні технічні характеристики всюдиходу.....	16
2 Будова, технічні характеристики, несправності та ремонт	
КПП КамАЗ-43118.....	19
2.1 Будова й технічні характеристики КПП КамАЗ-43118.....	19
2.2 Можливі несправності КПП КамАЗ-43118 і способи їх усунення.....	30
2.3 Ремонт КПП КамАЗ-43118.....	32
2.3.1 Технологія знімання КПП зі всюдиходу.....	32
2.3.2 Технологія установки КПП на всюдихід	33
2.4 Технічне обслуговування КПП КамАЗ-43118	35
3 Розробка технологічного процесу відновлення веденого валу коробки	
передач всюдиходу КамАЗ-43118	37
3.1 Вибір матеріалу веденого валу	37
3.2 Конструкція веденого валу у зборі.....	40
3.3 Проектування ТП відновлення веденого валу КПП.....	42
3.4 Розробка карти ескізів ТП відновлення веденого валу КПП	46
3.5 Вибір обладнання для ТП.....	60

КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Немирович			
Перевір.	Рудик			
Н. Контр.	Маковкін			
Затверд.	Диха			
Вибір матеріалу та способу відновлення веденого валу КПП всюдиходу				
		Літ.	Арк.	Акрушів
		4	88	
ХНУ гр.МТВАм-24-1				

ЗМІСТ

Анотація.....	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	10
1 Загальні відомості та основні технічні характеристики	
командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118	11
1.1 Загальні відомості про командно-штабний всюдихід	11
1.2 Основні технічні характеристики всюдиходу	16
2 Будова, технічні характеристики, несправності та ремонт	
КПП КамАЗ-43118.....	19
2.1 Будова й технічні характеристики КПП КамАЗ-43118.....	19
2.2 Можливі несправності КПП КамАЗ-43118 і способи їх усунення.....	30
2.3 Ремонт КПП КамАЗ-43118	32
2.3.1 Технологія знімання КПП зі всюдиходу	32
2.3.2 Технологія установки КПП на всюдихід	33
2.4 Технічне обслуговування КПП КамАЗ-43118	35
3 Розробка технологічного процесу відновлення веденого валу коробки	
передач всюдиходу КамАЗ-43118	37
3.1 Вибір матеріалу веденого валу	37
3.2 Конструкція веденого валу у зборі.....	40
3.3 Проектування ТП відновлення веденого валу КПП.....	42
3.4 Розробка карти ескізів ТП відновлення веденого валу КПП.....	46
3.5 Вибір обладнання для ТП	60

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Немирович				Вибір матеріалу та способу відновлення веденого валу КПП всюдиходу	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Рудик						4	88
Н. Контр.	Маковкін				ХНУ гр.МТВАм-24-1			
Затверд.	Диха							

3.6 Вибір пристосувань для ТП	60
3.7 Вибір різального та допоміжного інструменту для ТП	61

4 Застосування SolidWorks Simulation для дослідження працездатності відновленого веденого валу коробки передач всюдиходу КамАЗ-43118.64

4.1 Побудова у SolidWorks твердотільної моделі веденого валу	63
4.2 Дослідження напружено-деформованого стану веденого валу за допомогою SWS	64
4.2.1 Призначення властивостей матеріалу веденого валу після відновлення	65
4.2.2 Вибір кріплення веденого валу	66
4.2.3 Прикладення навантажень до веденого валу	67
4.2.4 Створення сітки скінченних елементів 3D-моделі веденого валу ..	68
4.2.5 Розрахунок напружено-деформованого стану веденого валу	71

Висновки	76
-----------------------	-----------

Список використаних джерел	79
---	-----------

Додатки	82
----------------------	-----------

Анотація

Командно-штабний всюдихід, створений на базі шасі КАМАЗ-43118, призначений для оперативного розгортання штабних структур, організації процесів управління та забезпечення стійкого зв'язку у надзвичайних ситуаціях, під час проведення військових операцій. Його простої, викликані відмовами КПП, характеризуються зносом веденого валу, що призводить до необхідності його відновлення. Тому розроблені технологічні процеси дугового наплавлення під шаром флюсу, нормалізації, механічної обробки та зміцнювального накочування з призначенням відповідного устаткування, пристосування, різального та допоміжного інструменту.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The command and staff all-terrain vehicle, created on the basis of the KAMAZ-43118 chassis, is intended for the operational deployment of staff structures, the organization of control processes and ensuring stable communication in emergency situations, during military operations. Its downtime, caused by gearbox failures, is characterized by wear of the driven shaft, which leads to the need for its restoration. Therefore, technological processes of arc surfacing under a layer of flux, normalizing, mechanical processing and strengthening rolling have been developed with the appointment of appropriate equipment, fixtures, cutting and auxiliary tools.

					КВРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

КШВ – командно-штабний всюдихід.

ШМ – штабна машина.

ШК – штабний комплекс.

КЗА – комплекс засобів автоматизації.

ЗСУ – збройні сили України.

КіС – команди і сигнали.

ОТІ – оперативно-тактична інформація.

ПУ – пункт управління.

КП – командний пункт.

РПУ – рухомий пункт управління.

КПП – коробка перемикання передач.

ТП – технологічний процес.

ТО – технічне обслуговування.

С – вуглець.

Fe – залізо.

Cr – хром.

Mn – марганець.

Cu – мідь.

Ni – нікель.

Si – кремній.

S – сірка.

P – фосфор.

РДС — ручне дугове зварювання.

КТС контактне точкове зварювання.

As₁ – критична точка перетворення перліту в аустеніт.

As₃ (Asm)– критична точка кінця розчинення фериту в аустеніті.

Ar₃ – критична точка початку виділення фериту з аустеніту.

Ar₁ – критична точка перетворення аустеніту в перліт.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

σ_{-1} – межа витривалості на стиск-розтяг (симетричний цикл), [МПа].

σ_b – межа короточасної міцності, [МПа].

$\sigma_{0,2}$ – номінальна межа текучості з допуском навантаження 0,2% від величини пластичної деформації.

НВ – твердість за Брінеллем, [МПа].

HRC_c – твердість за Роквеллом, шкала С [МПа].

E – модуль пружності першого роду, [МПа].

ψ – відносне звуження, [%].

KCU – ударна в'язкість, [кДж/м²].

SW – SolidWorks.

SWS – SolidWorks Simulation.

НДС – напружено-деформований стан.

CE – скінченний елемент.

MCE – метод скінченних елементів.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Командно-штабний всюдихід, створений на базі шасі КАМАЗ-43118, призначений для оперативного розгортання штабних структур, організації процесів управління та забезпечення стійкого зв'язку у надзвичайних ситуаціях, під час проведення військових операцій. Його простої, викликані відмовами КПП, характеризуються зносом веденого валу, що призводить до необхідності його відновлення.

Новизна роботи. Наведені загальні відомості та основні технічні характеристики командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118. Представлена будова, технічні характеристики, несправності та описаний ремонт КПП КамАЗ-43118. Розроблений технологічний процес відновлення веденого валу коробки передач всюдиходу. Застосовано SolidWorks Simulation для дослідження його працездатності.

Достовірність отриманих результатів та обґрунтованість висновків і рекомендацій забезпечена застосуванням сучасних методів досліджень, достатнім об'ємом експериментально-розрахункової частини роботи, використанням комп'ютерної техніки для розв'язання задач.

Результати досліджень були представлені на:

– V Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка», (м. Полтава, 20–21 лютого 2025 року). – Полтава: ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2025.

Можливість використання висновків і рекомендацій на практиці: застосувати запропоновані технологічні процеси відновлення та механічної обробки веденого валу коробки передач всюдиходу на шасі КамАЗ-43118.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Загальні відомості та основні технічні характеристики командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118

1.1 Загальні відомості про командно-штабний всюдихід

Всюдихід на шасі КамАЗ-43118 – це спеціалізований автомобільний комплекс призначений для організації процесів управління та забезпечення безперервного зв'язку командного складу під час проведення масових заходів, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного чи природного характеру, а також у разі виникнення стихійних лих [1-5] – рис. 1, 2.



Рисунок 1.1 – Командно-штабний комплекс на шасі КамАЗ-43118

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

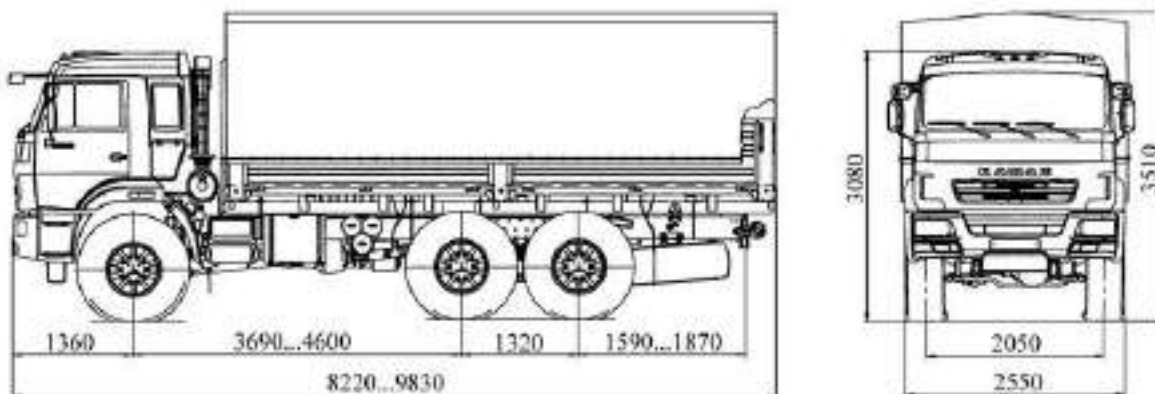


Рисунок 1.2 – Розміри всюдиходу на шасі КамАЗ-43118

Конструктивно транспортний засіб обладнаний утепленим фургоном, виготовленим із багатошарових сендвіч-панелей, у якому передбачені трансформовані робочо-побутові місця, які забезпечують можливість як виконання службових функцій, так й організації відпочинку особового складу.

Фургон виконаний із п'ятишарових сендвіч-панелей за безкаркасною технологією. Такий метод виготовлення дозволяє досягти високої жорсткості та надійності конструкції, підвищує рівень експлуатаційної безпеки, а також гарантує морозостійкість та довговічність у процесі функціонування. Завдяки вказаним технічним характеристикам забезпечується можливість експлуатації машини у широкому діапазоні кліматичних зон – від регіонів з підвищеними температурами до умов низькотемпературного середовища.

Внутрішній простір фургону оснащений панеллю контролю обладнання, яка забезпечує керування системами освітлення, відображенням рівня води, контролем зарядки акумуляторних батарей та підтриманням необхідного температурного режиму. Додатково встановлені генератор, конвертор, електричні розетки та освітлювальні прилади, які відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Внутрішні й зовнішні поверхні обшиті армованим пластиком, що підвищує зносостійкість та захист від механічних пошкоджень. Конструктивно приміщення розподілене на чотири функціональні відсіки:

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

житловий блок, відсік для проведення службових нарад, кухонний модуль та санітарно-гігієнічний вузол.

З метою реалізації функцій вузла зв'язку передбачена можливість інтеграції додаткових систем: радіотелефонного, радіорелейного, супутникового та внутрішнього виборчого зв'язку. Це забезпечує передачу мовних команд і сигналів, організацію моніторингу навколишнього середовища та виконання інших завдань, які визначаються умовами експлуатації та поставленими організаційними чи тактичними вимогами.

Для координації та керування підрозділами артилерії механізованої бригади в процесі підготовки і безпосереднього ведення бойових дій формуються спеціалізовані ПУ начальника артилерії бригади. Вони становлять функціональну частину основного КП і відрізняються за призначенням, набором технічного та оперативного обладнання, а також за вимогами до розташування. Відповідно до тактичної обстановки та завдань вони можуть бути реалізовані у вигляді стаціонарних комплексів, мобільних (рухомих) груп або комбінованих рішень, які поєднують елементи обох підходів та забезпечують безперервність управління і зв'язку [3].

Основні характеристики ШМ зі штабним причепом наведено у табл. 1.1 [3].

Таблиця 1.1 – Основні характеристики ШМ з кузовом-контейнером постійного об'єму з штабним причепом

Характеристики	Значення
Температурний режим	від -40°C до +50°C
Внутрішній клімат	20±5°C
Час розгортання ШМ	до 20,0 хв.
Кількість робочих місць для відпочинку у причепі	9
Кількість автоматизованих робочих місць у ШМ	2

Оснащення вказаного пункту управління сучасними КЗА створює умови для значного підвищення ефективності діяльності посадових осіб штабів. Це досягається завдяки комплексному багатофакторному врахуванню даних тактичної та оперативної обстановки, що дозволяє скоротити часові витрати на

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опрацювання інформації, прискорити процес прийняття управлінських рішень та оптимізувати координацію дій підрозділів. У табл. 1.2 наведено приклад основних часових параметрів вирішення управлінських завдань, які можуть бути досягнуті в результаті впровадження та практичного застосування автоматизованих систем у процесах управління артилерійськими підрозділами [3].

Таблиця 1.2 – Основні часові параметри вирішення задач управління

Найменування процесу	Час
Передавання КіС підрозділам	< 10 с
Контроль доведення КіС	< 15 с
Документування КіС	< 20 с
Формування повідомлень з ОТІ	(45–60) с
Передача ОТІ підпорядкованим штабам	< 2 хв.
Контроль доведення ОТІ	< 2 хв.
Документування текстових і табличних документів	< 1 хв.
Планування бойових дій з доведенням розпоряджень	< 30 хв.
Планування артилерійського вогню з доведенням команд до дивізіону	(8-10) хв.

Для потреб ЗСУ розроблено ШМ у різних модифікаціях з кузовами постійного та змінного об'ємів. На рис. 1.3 представлено ШМ, оснащено кузовом-фургоном змінного об'єму розкладного типу. Даний зразок спеціальної техніки призначений для оперативного розгортання на місцевості з метою організації робочих місць керівного складу та забезпечення ефективної діяльності органів управління. Конструктивні особливості кузова забезпечують збільшення внутрішнього простору після розкладання, що дозволяє створити належні умови для роботи з документацією, проведення нарад, а також для організації життєзабезпечення особового складу у складних польових умовах, коли відсутні стаціонарні засоби інфраструктури.

Основними перевагами кузова-фургона розкладного типу є його висока мобільність та універсальність. Завдяки можливості зміни об'єму внутрішнього простору у стислі терміни забезпечується швидке розгортання робочих місць безпосередньо на місцевості, що особливо важливо в умовах динамічної бойової чи навчально-польової обстановки.



Рисунок 1.3 – ШМ на шасі КамАЗ 43118 з кузовом-контейнером змінного об'єму [3]

Конструкція дозволяє транспортувати кузов у компактному вигляді, зменшуючи габарити під час руху та полегшуючи маневрування на пересіченій місцевості. Після розкладання створюється значно збільшена корисна площа, що забезпечує комфортні умови для роботи керівного складу, проведення нарад і розміщення технічних засобів. Крім того, розкладний кузов відзначається високим рівнем функціональності, оскільки поєднує компактність у транспортному положенні з просторістю у розгорнутому, а також сприяє підвищенню автономності та ефективності функціонування пунктів управління у польових умовах.

Робочі місця у кузові-контейнері розташовані центрально та забезпечують нормальні умови для одночасної роботи щонайменше 8-ми осіб оперативного складу. У випадку необхідності ліва та права секції контейнера розсуваються в сторони, що дозволяє збільшити корисний внутрішній простір та організувати додаткові робочі місця у кількості не менше 4-х. Таким чином, у розгорнутому положенні РПУ здатний забезпечувати повноцінну діяльність щонайменше 12-ти службових осіб, що істотно підвищує його функціональні можливості в умовах польового розгортання.

Кузов-контейнер закріплюється на спеціалізованій універсальній платформі, яка відзначається високою гнучкістю використання: за потреби вона може бути змонтована на інший автомобіль аналогічного класу або демонтована та

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлена на стаціонарні опори. Енергозабезпечення РПУ реалізується за допомогою підключення до зовнішніх джерел електроенергії, використання акумуляторних батарей або автономного електрогенератора, що входить у штатний комплект поставки.

Усередині кузова-контейнера передбачено встановлення стійки-шафи закритого типу, призначеної для монтажу та надійного функціонування апаратури зв'язку, обміну даними та допоміжних технічних засобів. Основні технічні характеристики і параметри зазначеного РПУ наведені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні характеристики ШМ на шасі КамАЗ 43118 з кузовом-контейнером змінного об'єму [3]

Характеристики	Значення
Базове шасі	КамАЗ 43118-3090-46 (6x6)
Кузов-контейнер	змінного об'єму на універсальній платформі
Температурний режим використання, °С	від -50 до +50
Внутрішній клімат, °С	20±5
Кількість робочих місць, чол.:	
– кузов-контейнер у згорнутому положенні	не < 8
– кузов-контейнер у розгорнутому положенні,	не < 12
Час розгортання, хв.	не > 20
Площа внутрішнього простору у розгорнутому положенні, м ²	29
Енергозабезпечення, В:	
– від штатної електромережі базового шасі	24-27
– від автономного джерела електроживлення	220/380
– від зовнішнього джерела живлення	220/380

1.2 Основні технічні характеристики всюдиходу

Основні технічні характеристики всюдиходу КамАЗ-43118 наведені у табл. 1.4, а узагальнені параметри для рухомого ПУ на базі КамАЗ-43118 – у табл. 1.5 [6–9],

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Основні технічні характеристики всюдиходу КамАЗ-43118

Параметр	Значення	Перевага
Зносостійкість	Висока, відповідає підвищеним вимогам	Забезпечує тривалий термін експлуатації у складних умовах
Прохідність	Тривісне повнопривідне шасі, бортова платформа	Дає змогу пересуватися по складній місцевості та бездоріжжю
Довжина вантажної платформи	Встановлена впритул до кабіни	Максимально ефективне використання довжини авто для перевезення вантажів
Система тиску в шинах	Автоматична централізована регуляція	Підтримка стабільного тиску на всіх осях; можливість зниження тиску на бездоріжжі; керування без виходу з кабіни
Витрата палива	30 л на 100 км	Оптимальний показник для повнопривідного авто
Паливні баки, л	350 і 210	Довготривалий пробіг без дозаправки, що підвищує автономність експлуатації
Платформа для спеціальних надбудов	Універсальна конструкція, сумісна з різними надбудовами та модифікаціями	Дозволяє швидко встановлювати або змінювати спеціальні кузови, штабні модулі, технічне обладнання, забезпечуючи гнучкість та адаптивність техніки

Таблиця 1.5 – Узагальнені параметри для рухомого ПУ на базі КамАЗ-43118

Параметр	Значення	Перевага
Робочі місця	Центральне розташування, базова кількість – 8 осіб, з можливістю розширення до 12 осіб	Забезпечує ефективну роботу штабу з достатньою кількістю персоналу, можливість масштабування під час розгортання
Конструкція кузова	Розкладний фургон змінного об'єму, модульна структура з лівою та правою секціями	Мобільність і швидке розгортання, збільшення внутрішнього простору за потреби
Платформа	Універсальна, може бути змонтована на інший автомобіль подібного класу або встановлена на опори	Гнучкість використання та адаптація до різних умов експлуатації

Параметр	Значення	Перевага
Енергозабезпечення	Зовнішні джерела електроенергії, акумуляторні батареї, автономний електрогенератор	Забезпечує автономну роботу в польових умовах та незалежність від зовнішніх мереж
Обладнання	Стійка-шафа закритого типу для монтажу засобів зв'язку та обміну даними	Надійне розміщення технічних засобів, захист від пошкоджень, організація ефективної роботи штабу
Призначення	Організація командного пункту, робота керівного складу, життєзабезпечення особового складу	Забезпечує комплексне управління підрозділами, можливість проведення нарад та планування дій у польових умовах

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2 Будова, технічні характеристики, несправності та ремонт КПП всюдиходу КамАЗ-43118

2.1 Будова й технічні характеристики КПП

На всюдихід КамАЗ-43118 встановлюється 10-ступенева КПП моделі 15, яка конструктивно складається з основної п'ятиступеневої КПП 1 та переднього двоступінчастого редуктора-дільника 4 (рис. 2.1). Дільник забезпечує наявність 2-х діапазонів — вищого та нижчого (прямого) передач. У поєднанні з основною п'ятиступеневою КПП це дозволяє реалізувати 10-ть передач переднього ходу і 2-і передачі заднього ходу, що значно розширює діапазон робочих швидкостей і тягових характеристик всюдиходу [10-20].

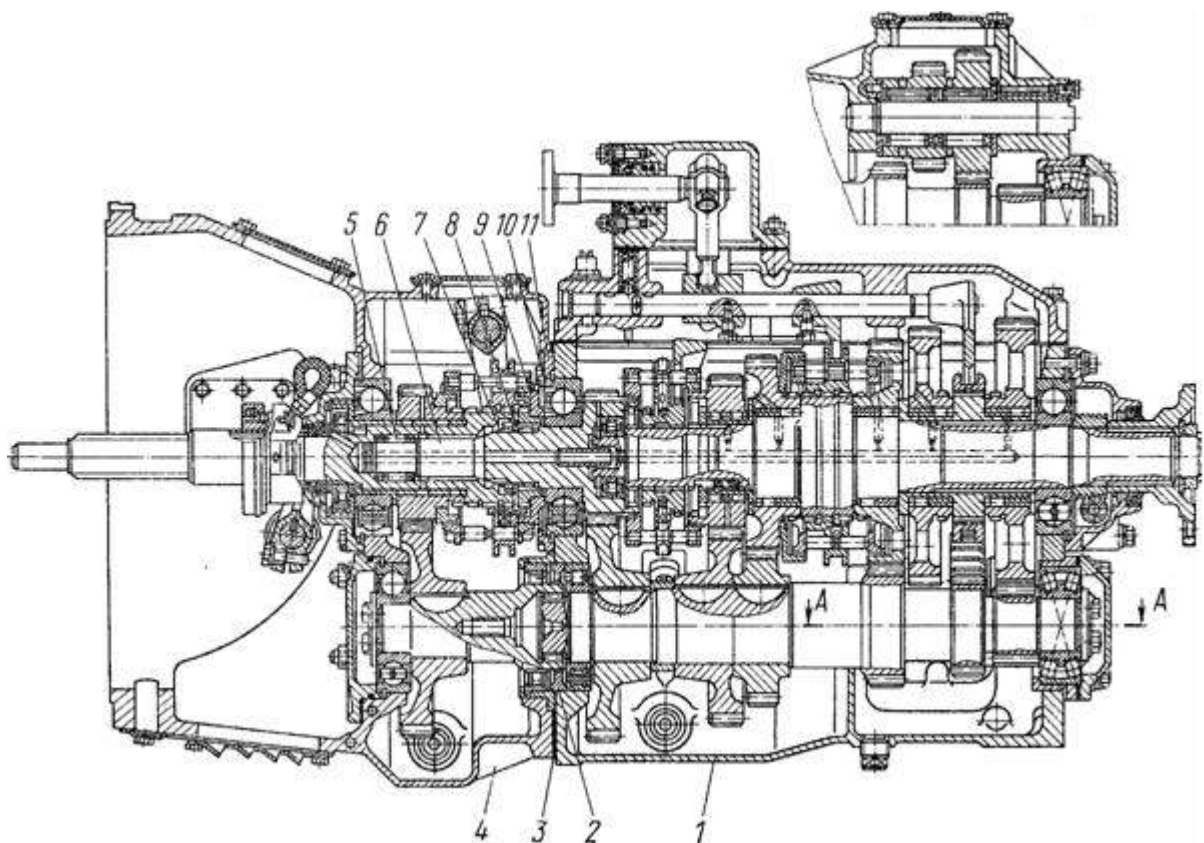


Рисунок 2.1 – КПП КамАЗ-43118:

1 - КПП основна п'ятиступінчаста; 2 - розпірна втулка; 3 – прокладка-ушільнювач; 4 - дільник передач; 5 - передній підшипник ведучого валу; 6 - ведучий вал; 7 - кільцева гайка; 8 - шайба; 9 - синхронізаторна муфта; 10 - регулювальні прокладки; 11 - кришка заднього підшипника ведучого валу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ

Арк.

19

Застосування дільника передач істотно підвищує тягово-економічні якості всюдиходу, а також спрощує процес керування, оскільки при його використанні знижується необхідність у частому перемиканні передач основним важелем. Це особливо важливо під час руху у складних дорожніх умовах та при транспортуванні важких вантажів [10-12].

Для забезпечення спільної роботи вузлів, масляні ванни КПП і дільника з'єднані між собою за допомогою 2-х спеціальних отворів. Один з них виконаний у нижній частині переднього торця картера КПП, а другий — у задній стінці дільника. Завдяки такому рішенню забезпечується єдина система мащення, яка підтримує оптимальний температурний режим і зменшує знос тертьових деталей.

Осьове переміщення ведучого валу регулюється за допомогою сталевих регулювальних прокладок 10 (див. рис. 2.1) товщиною $h = 0,20$ та $h = 0,30$ мм. Це дає можливість точно витримувати необхідний робочий зазор і підвищує довговічність підшипників і шестерень.

Порожнина змінних шестерень ізольована від загальної масляної ванни КПП, а їх змащування здійснюється консистентним мастилом типу ЦИАТИМ-201, яке закладається на етапі складання. Витіканню мастила запобігають спеціальна мастило-згінна різьба, виконана на поверхні валика, а також ущільнювальна манжета.

Для забезпечення правильності показань спідометра кількість зубців змінних циліндричних шестерень підбирається залежно від передаточного числа головної передачі (табл. 2.1). Таким чином, система привода спідометра поєднує механічну надійність, точність роботи та оптимальні умови змащення, що гарантує стабільність показань при різних режимах експлуатації всюдиходу.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Залежність кількості зубців змінних циліндричних шестерень від передаточного числа головної передачі

Кількість зубів змінних циліндричних шестерень	Передавальне число головної передачі			
	6,53	7,22	5,94	5,40
Ведучої/Веденої	24/24	23/26	25/23	26/23

Заправка мастила в КПП здійснюється через горловину, розташовану на правій стінці картера. Горловина закривається пробкою зі вбудованим масляним щупом, що дає можливість контролювати рівень мастила. У нижній частині картера, у спеціальні бобишки, загвинчені зливні пробки, в одну з яких вмонтовано магніт, призначений для уловлювання металевих частинок, які можуть міститися в мастилі внаслідок зношування деталей [13-15].

З обох боків картера передбачені люки для встановлення коробок відбору потужності, які у разі невикористання закриваються кришками 5 з ущільнювальними прокладками 6. Допустимий відбір потужності становить 22064,97 Вт з кожного люка. При цьому відбір потужності під час руху всюдиходу не допускається.

У внутрішній порожнині картера (у передній частині лівої стінки) відлито маслоскопичувач, у який під час обертання шестерень закидається мастило. Далі воно по спеціальному отвору у передній стінці картера надходить у порожнину задньої кришки ведучого валу та на мастилонаправляюче кільце.

У верхній правій частині задньої стінки картера виконано масляний карман, у який мастило також закидається обертанням шестерень. З кармана мастило по каналу у стінці картера надходить у порожнину задньої кришки веденого валу, забезпечуючи змащування черв'ячної пари привода спідометра.

Шестерні КПП комплектуються попарно з відповідними спряженими шестернями з урахуванням плями контакту та рівня шуму, що забезпечує надійну роботу і зниження шумових характеристик у процесі експлуатації.

Дільник передач (рис. 2.2) є механічним редуктором, конструктивно виконаним у вигляді однієї пари циліндричних шестерень. Основними елементами вузла є ведучий вал 2, проміжний вал 11, синхронізатор 7 інерційного типу та механізм перемикання передач. Керування механізмом перемикання здійснюється пневматичним приводом, що забезпечує швидкість та зручність переключення діапазонів [14-16].

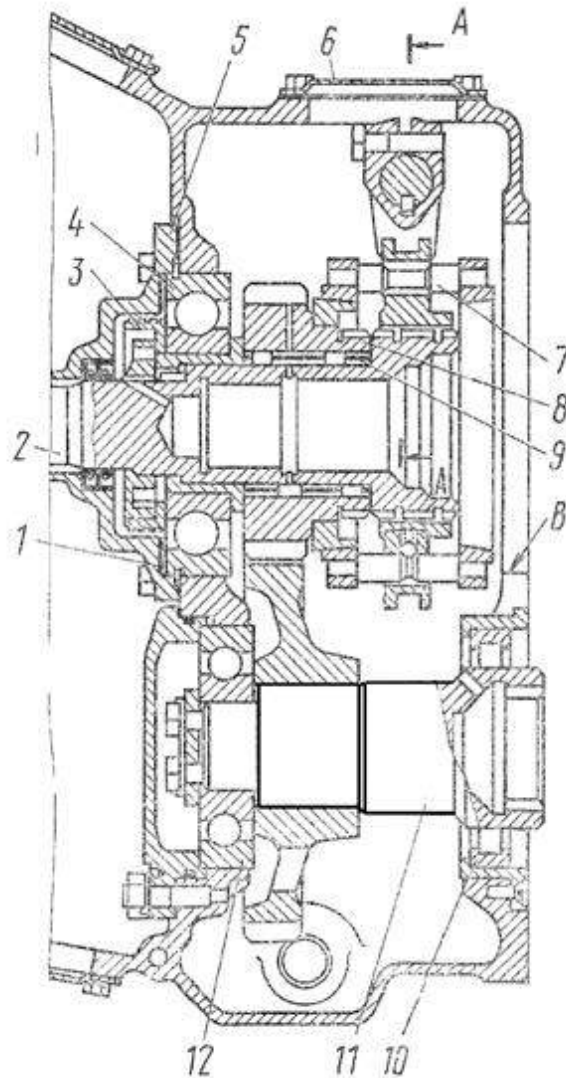


Рисунок 2.2 – Дільник передач КПП:

1 - прокладки регулювальні; 2 - вал ведучий; 3 - кільце мастилонагнітаюче; 4 - шарикопідшипник; 5 - задня кришка підшипника ведучого валу; 6 - кришка люка; 7 - синхронізатор дільника; 8 - шестерня ведучого валу; 9 - підшипники шестерні ведучого валу; 10 - задній підшипник; 11 - проміжний вал

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осьовий хід ведучого валу регулюється набором металевих прокладок 1 товщиною $h = 0,20$ мм та $h = 0,30$ мм., які встановлюються між задньою кришкою 5 та зовнішньою обоймою кулькового підшипника. Таке рішення дозволяє витримувати необхідні монтажні зазори та підвищує ресурс роботи вузла.

На передньому кінці валу виконані евольвентні шліци, розділені 2-ма проточками на три окремі вінці. Зуби крайніх вінців виконані тоншими відносно зубів середнього вінця, що створює ефект «замка», який запобігає мимовільному вимиканню передач у дільнику. На цих шліцах встановлений рухомий пальчиковий синхронізатор 7, що забезпечує плавне й безударне перемикавання [16-18].

Ведуча шестерня 8 обертається на двох роликів підшипниках 9, що гарантує високу надійність та довговічність у процесі експлуатації. Для мастильного забезпечення використовується мастилонаправляюче кільце 3, яке подає мастило по похилих отвори з ведучого валу у його внутрішню порожнину. Звідти мастило надходить у канали ведучого та веденого валів основної КПП, формуючи єдину систему змащування.

Проміжний вал 11 дільника, на якому напресована шестерня привода проміжного валу, обертається на двох підшипниках: передньому 12 та задньому 10. Таке конструктивне виконання забезпечує точне центрування та стійкість при передаванні навантажень.

Механізм перемикавання дільника закріплений на картері дільника з лівого боку, що полегшує доступ для ТО і ремонту.

Дистанційний привід керування основною коробкою передач (рис. 2.3) конструктивно складається з низки елементів, які забезпечують передачу сили від важеля перемикавання до механізму КПП. Основним елементом є важіль 4 перемикавання передач, який хитається, змонтований в опорі 2 важеля, яка закріплена на передньому торці блоку циліндрів ДВЗ.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

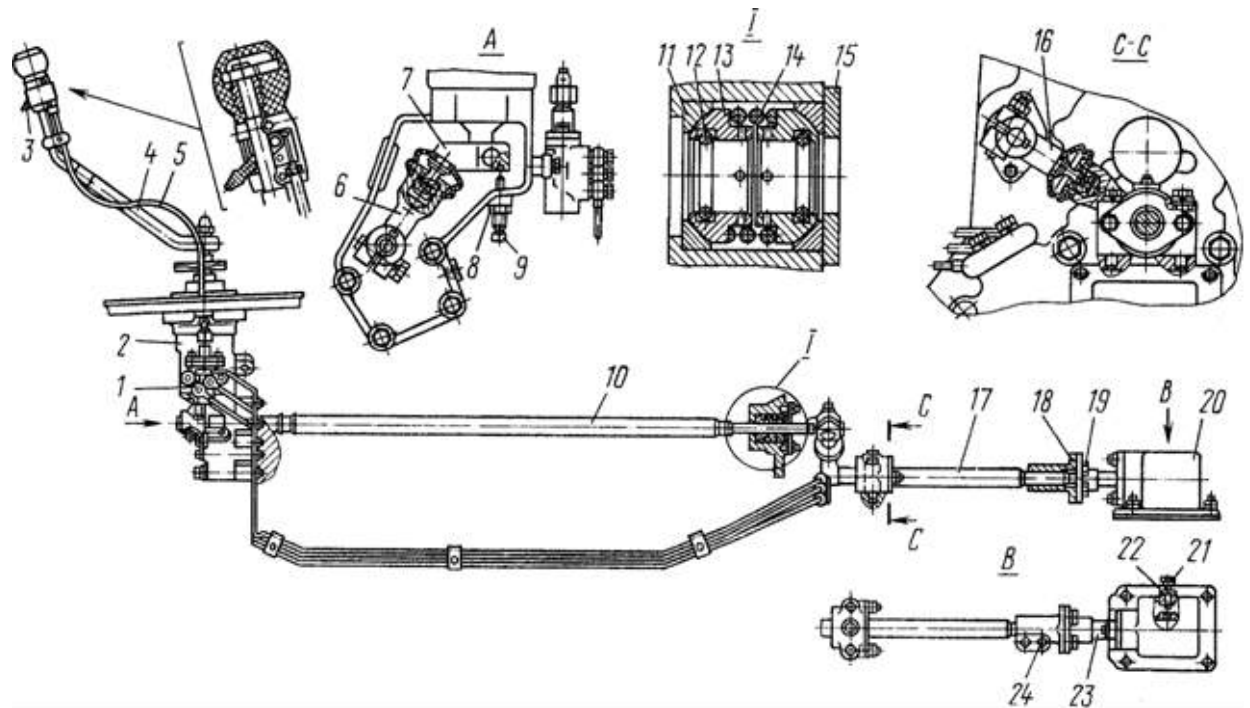


Рисунок 2.3 – Привод керування механізмом перемикання передач КПП:

1 - кран керування дільником; 2 - опора важеля перемикання передач; 3 - перемикач крану; 4 - важіль перемикання передач; 5 - трос крану керування з обплетенням; 6 - голівка передньої тяги керування; 7 - важіль наконечника; 8, 22 - контргайки; 9 і 21 - настановні гвинти; 10 - передня тяга керування; 11 - сухар кульової опори; 12 – кільце-ущільнювач; 13 - втулка кульової опори; 14 - пружина; 15 - кришка; 16 - важіль передньої тяги; 17 - проміжна тяга; 18 - стяжний регульовальний фланець; 19 - болт; 20 - опора; 23 - шток важеля перемикання передач; 24 - болт кріплення регульовального фланця

Привід включає передню тягу 10 та проміжну тягу 17 керування, які переміщуються у сферичних втулках 13, виготовлених з металокераміки. Таке конструктивне рішення забезпечує високу зносостійкість та плавність руху. Втулки ущільнені гумовими кільцями 12, а для збереження стабільного положення вони підтиснуті пружиною 14 до сухаря 11.

Сферичні опори передньої тяги розташовані у спеціальній розточці кронштейна опори 2 та в картері маховика. Опора проміжної тяги встановлена безпосередньо на картері зчеплення, що підвищує жорсткість і точність роботи системи.

										Арк.
										24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

На задньому кінці проміжної тяги змонтовано регулювальний фланець 18, який накручений на різьбі та додатково зафіксований 2-ма стяжними болтами 24. Це забезпечує можливість точної регулювання довжини тяги, необхідної для правильного перемикавання передач і синхронізації роботи приводу з механізмом КПП.

Опора важеля перемикавання передач (рис. 2.4) конструктивно складається з кількох основних елементів, які забезпечують фіксацію та стабільну роботу важеля. Базою вузла є кронштейн 1, на якому закріплено гофрований ущільнювач люка 5 разом із пружиною ущільнювача 6, що гарантують герметичність і захист від проникнення пилу та вологи [13-15].

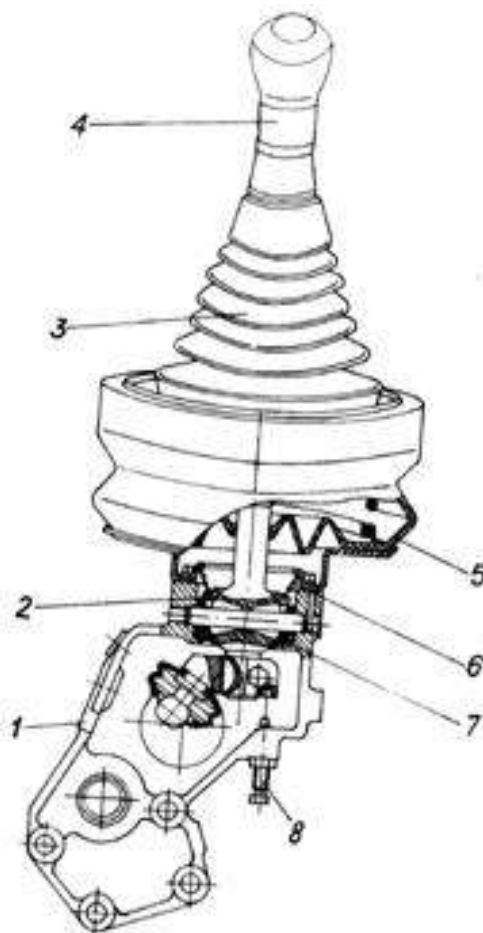


Рисунок 2.4 – Опора важеля перемикавання передач КПП:

1 - кронштейн; 2 - шайба опорна; 3 - чохол; 4 - важіль кінцевика; 5 - ущільнювач люка; 6 - пружина; 7 - втулка поліуретанова; 8 - гвинт настановний

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Укорочений важіль перемикавання передач 4 сферичною частиною спирається на поліуретанову втулку 7, яка виконує функцію демпфера та знижує рівень вібрацій, що передаються на важіль. Зверху сферична частина важеля підтиснута опорною шайбою 2 та пружиною, завдяки чому забезпечується пружність ходу і повернення важеля у вихідне положення.

Настановний гвинт 8 служить для фіксації важеля в нейтральному положенні під час регулювання приводу. У робочому режимі цей гвинт необхідно викрутити та застопорити контргайкою, щоб уникнути його мимовільного зміщення.

Особливістю дистанційного приводу керування основною КПП моделі 15 є відмінність від аналогічного приводу КПП моделі 14. Вона полягає у застосуванні подовженої проміжної тяги та рукоятки перемикавання передач із вбудованим перемикачем 3 крана керування дільником (див. рис. 2.3). Таке рішення забезпечує можливість інтегрованого керування не лише основною КПП, а й дільником, що підвищує ергономічність та зручність експлуатації всюдиходу.

Пневматична система перемикавання передач дільника включає в себе декілька основних вузлів (рис. 2.5). При цьому стиснене повітря від ресивера IV контуру приводу допоміжної гальмівної системи під тиском $p = (608,0-736,0)$ кПа надходить на вхід редукційного клапана 4. На виході з клапана підтримується стале робоче тиск у діапазоні $p = (387,0-436,0)$ кПа, величина якого регулюється за допомогою прокладок, встановлених під корпусом пружини.

Кран керування дільником 3 (див. рис. 2.5) залежно від положення золотника направляє повітря, яке надходить із редукційного клапана, в одну з робочих порожнин під поршнями повітророзподільника 6. Це забезпечує переміщення золотника повітророзподільника в одне з 2-х крайніх положень, готуючи подачу повітря в порожнину А або С силового циліндра. Таким чином реалізується керування роботою дільника в автоматизованому режимі.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

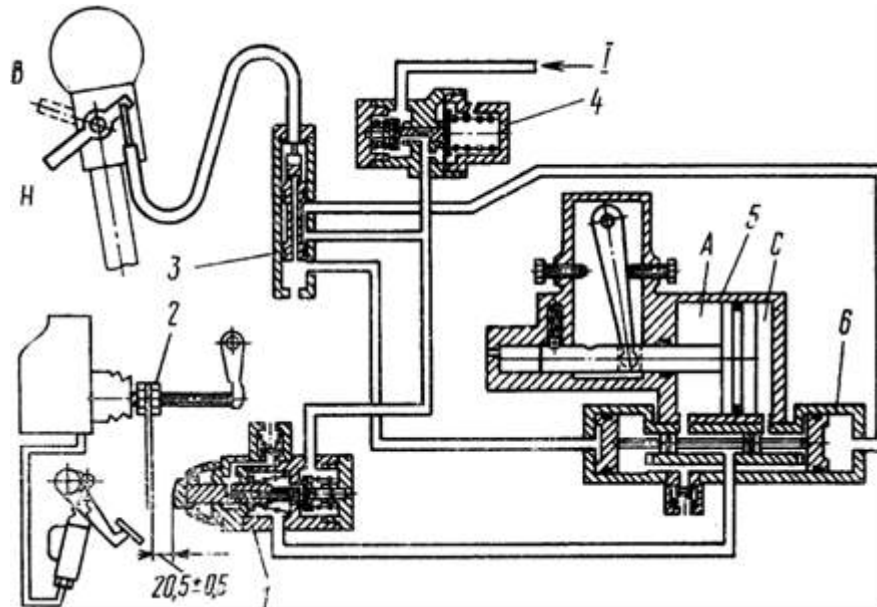


Рисунок 2.5 – Пневматична схема системи керування дільником передач КПП:

1 - клапан включення дільника; 2 - упор штока клапана; 3 - кран керування дільником; 4 - клапан редуційний; 5 - механізм перемикання передач дільника; 6 - розподільник повітря;

I - з пневмопривода гальм; H, B - нижча і вища передачі в дільнику

Попередній вибір передачі у дільнику здійснюється переміщенням важеля перемикача крана у положення «Н» (нижча) або «В» (вища). Цей рух через трос у гнучкій оплітці передається на золотник крана, забезпечуючи зручність і точність керування.

Перевірка та регулювання редуційного клапана дільника здійснюється в умовах стенду, обладнаного пневмосистемою з робочим тиском стисненого повітря у межах $p = (6,0-7,0)$ МПа, яке подається на вхід клапана. На виході з клапана необхідно встановити манометр, що забезпечує точність вимірювання не гірше $p = 0,05$ МПа. У процесі перевірки контролюється вихідний тиск, величина якого повинна становити $p = (3,95-4,45)$ МПа [18-20].

У випадку невідповідності зазначеним параметрам потрібно:

- зняти пломбу;
- викрутити пробку 12 (рис. 2.6);

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

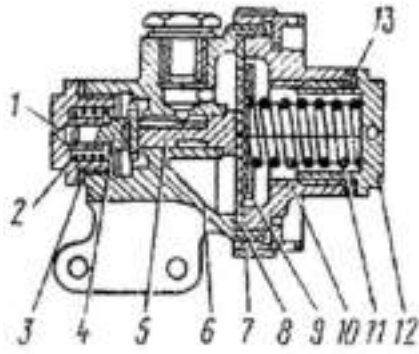


Рисунок 2.6 – Редукційний клапан КПП:

1 - корпус пружини; 2 - пружина впускного клапана; 3 - прокладки; 4 - впускний клапан; 5 - шток впускного клапана; 6 - корпус; 7 - накидна гайка; 8 - мембрана; 9 - шайба; 10 - кришка корпусу; 11 - урівноважувальна пружина; 12 - пробка; 13 - регулювальна шайба

– шляхом підбору необхідної кількості регулювальних шайб 13 виконати регулювання клапана;

– після чого здійснити повторне пломбування вузла.

Демонтаж та розбирання крана керування дільником під час ремонту здійснюється у такій послідовності:

1. Викрутити болти кріплення 3-х повітропроводів та від'єднати кран керування дільником 3 (рис. 2.5) від опори.

2. Викрутити гвинти кріплення хомута троса до важеля перемикача передач і від'єднати трос від важеля перемикача.

3. Вийняти гумову втулку з корпусу опори ущільнювача люка.

4. Викрутити гвинти кріплення кришки перемикача крана керування, після чого обережно зняти кришку разом з фіксаторами та пружиною, звертаючи особливу увагу на збереження кулькових елементів.

5. Остаточоно від'єднати трос від важеля перемикача для повного демонтажу вузла.

Таке поетапне виконання операцій забезпечує збереження усіх деталей та безпечний демонтаж крана керування для подальшого ремонту або регулювання.

Роботи при частковому розбиранні крана керування дільником наступні:

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Викрутити болти 2 (рис. 2.7) кріплення кришки 3 з тросом до корпусу крана 5.

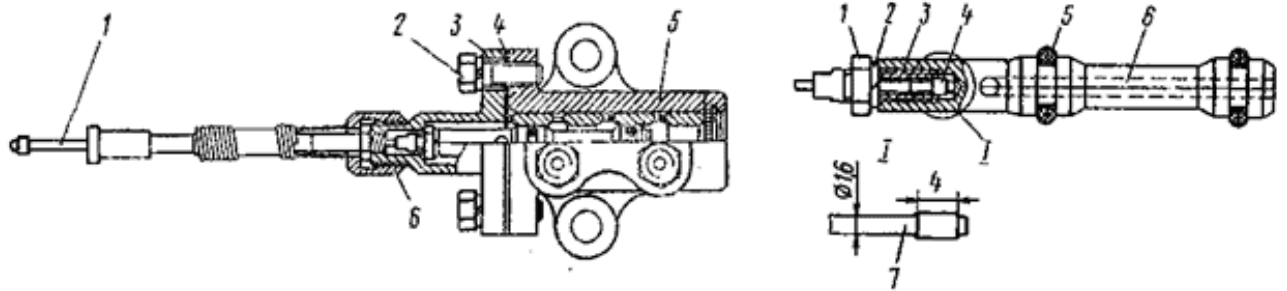


Рисунок 2.7 – Кран керування дільником передач КПП:

1 - трос крана із золотником; 2 - болт; 3 - кришка корпусу крана; 4 - ущільнююча прокладка; 5 - корпус крана; 6 - сполучна гайка

2. Промити деталі крана та змастити робочі поверхні спеціальним мастилом Літол-24.

3. Зібрати кран керування у первинне положення.

4. Витягнути трос до упору та виміряти довжину виступаючої частини троса з обплетення. При цьому трос має перебувати у вирівняному стані. Нормативна величина виступаючої частини троса до вигину $l = (24,50-26,50)$ мм.

5. Змастити трос 1, заливши в обплетення (10,0–15,0) г мастила ТСП-15к за допомогою маслянки.

6. У випадку обриву троса або невідповідності довжини виступаючої частини номінальному значенню $l = (24,50-26,50)$ мм виконати повне розбирання крана та заміну троса:

- від'єднати трос крана разом із кришкою 3, як описано вище;
- розпрямити вигнутий кінець троса 1;
- відкрутити накидну гайку 6 та витягнути трос із золотником у зборі з обплетення;
- вставити новий трос у золотник;
- вкрутити наконечник троса, забезпечивши вільне осьове переміщення троса та можливість його ручного обертання від руки;
- зібрати кран керування повністю та перевірити правильність встановлення.

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

Демонтаж та розбирання опори важеля перемикання передач:

1. Нахилити кабіну всюдиходу для забезпечення доступу до важеля перемикання.
2. Зняти шумоізоляційний чохол важеля перемикання та деталі ущільнювача опори.
3. Від'єднати повітропроводи пневмосистеми дільника, кронштейн кріплення генератора, тяги та троси керування паливним насосом.
4. Зняти головку передньої тяги.
5. Викрутити болти кріплення кронштейна опори до ДВЗ та зняти опору.
6. Від'єднати кран керування дільником та важіль перемикання передач для повного демонтажу вузла.

Розбирання та обслуговування опори:

1. Розібрати опору та промити всі деталі.
2. Змастити тертьові поверхні спеціальним мастилом Літол-24.
3. Порожнину опори заповнити мастилом Літол-24 для забезпечення постійного змащування.

Після складання опори:

1. Наконечник важеля повинен обертатися у взаємно перпендикулярних напрямках під дією сили $F = (24,50-34,30) \text{ N}$, прикладеної до конусної поверхні наконечника. Це забезпечує правильну роботу важеля та оптимальний люфт у вузлі.

2.2 Можливі несправності КПП КамАЗ-43118 і способи їх усунення

Можливі несправності КПП і способи їх усунення наведені у табл. 2.2 [17-19].

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Можливі несправності КПП і способи їх усунення

Тип несправності	Приклади несправностей	Методи усунення
Механічні	Ускладнене включення усіх передач, включення 1-ї передачі та заднього ходу із скреготом (неповне виключення зчеплення)	Відрегулювати вільний хід муфти виключення зчеплення
	Велика сила на важелі перемикання передач (забруднені опори дистанційного керування, недостатнє змащення)	Промити опори та заповнити свіжим мастилом
	Включення 2-5 передач з ударом і скреготом (зношення конусних кілець синхронізатора, блокуючих фасок)	Замінити синхронізатор
	Мимовільне перемикання передач під час руху (знос лапок, сухарів, послаблення кріплення, розрегулювання приводу)	Підтягти кріплення, замінити зношені деталі, відрегулювати привід
	Руйнування підшипників або зубів шестерень	Замінити несправні деталі
	Витікання мастила через зношені сальники (або втрата їх еластичності)	Замінити сальники
	Неповне виключення зчеплення при перемиканні передач (зношення синхронізаторів)	Замінити синхронізатори, перевірити роботу зчеплення
Пневматичні	Включення передач у дільнику з ударом і скреготом (підвищений тиск у пневмосистемі керування дільником)	Відрегулювати редукційний клапан
	Розрив мембрани редукційного клапана	Замінити мембрану
	Засмічення пневмосистеми керування дільником	Промити і продути дросель, повітропроводи і клапани
	Обрив троса крана керування дільником	Замінити трос
	Розрегульоване положення упору клапана включення дільника	Відрегулювати положення упору
	Поломка упору клапана	Замінити упор
Електричні / датчикові	Не працює шліцьовий замок веденого валу	Замінити вал і відповідний синхронізатор
	Не включаються передачі через зношення деталей дистанційного приводу керування КПП	Відрегулювати привід, замінити зношені деталі, підтягти кріплення
	Порушення з'єднань або несправність датчиків (тахометр, спідометр, датчики падіння тиску)	Перевірити підключення, замінити несправні елементи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3 Ремонт КПП КамАЗ-43118

2.3.1 Технологія знімання КПП зі всюдиходу

Процедура демонтажу КПП наступна.

1. Підготовчі операції:

- злити мастило з картера КПП;
- нахилити кабіну та зняти плити підлоги платформи, забезпечивши доступ до КПП;
- від'єднати акумуляторні батареї від електричної мережі (зняти клему, яка з'єднує вимикач маси з рамою; від'єднати провід, який з'єднує реле стартера з плюсовою клемою батареї).

2. Від'єднання допоміжних систем:

- зняти шланг, який з'єднує впускний трубопровід ДВЗ з трубою повітроочисника, відкрутивши гайки та болти стяжних хомутів;
- роз'єднати штекерні з'єднання: тахометр, спідометр, розетка причепа, датчик включення сигналу гальмування, фара заднього ходу, датчики падіння тиску у ресиверах.
- від'єднати кронштейни кріплення глушника до картера дільника;
- зняти пневмопідсилювач гідроприводу зчеплення.

3. Від'єднання карданного валу та трубопроводів:

- а) від'єднати фланець-вилку карданного валу середнього мосту від фланця веденого валу КПП:
- відкрутити гайки, зняти пружинні шайби та болти;
 - ослабити стяжні стрічки та зняти з'єднувальний шланг труби ежектора;
 - від'єднати повітропроводи від крана керування гальмами причепа з двопровідним приводом.

4. Від'єднання опор силового агрегату:

- ослабити болти кріплення передніх опор силового агрегату;
- відкрутити гайки болтів кріплення задніх опор ДВЗ та вийняти болти.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Демонтаж підтримуючих опор КПП:

- викрутити болти кріплення балки підтримуючої опори до рами;
- викрутити болти кріплення підтримуючої опори КПП до поперечної балки.

6. Підвішування та опускання силового агрегату:

- підвісити силовий агрегат за рим-болти КПП;
- підкласти дерев'яні бруски під передню та задню половини 2-ої поперечини рами (товщина брусків повинна забезпечити відстань 50,0 мм між кронштейнами задніх опор і подушками задніх опор при опусканні агрегату).

7. Від'єднання важелів та тяг:

- викрутити стяжний болт важеля передньої тяги приводу керування КПП;
- роз'єднати передню тягу з важелем, зняти гумовий чохол, витягти кульку та пружину з кульової головки наконечника тяги.

8. Від'єднання повітропроводів та кріплень стартера:

- від'єднати три болти кріплення повітропроводів керування дільником від колодки зі сторони ДВЗ;
- викрутити болти кріплення стартера.

9. Зняття КПП:

- встановити ланцюгові захвати підйомного пристрою за рим-болти КПП;
- викрутити болти кріплення зчеплення або картера дільника до картера маховика ДВЗ;
- відвести КПП назад до виходу ведучого валу з кожуха зчеплення;
- зняти КПП та встановити на транспортувальний візок.

2.3.2 Технологія установки КПП на всюдихід

Процедура установки КПП на ДВЗ наступна.

Підготовка перед стикуванням:

1. У порожнину переднього підшипника ведучого валу, розташованого в розточці колінчастого валу, внести 15 г мастила Літол-24.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Підійняти КПП та встановити її на місце, попередньо встановивши муфту вимкнення зчеплення, шланг підведення мастила до вижимного підшипника, відтяжні пружини.

Кріплення та з'єднання механізмів:

1. Вкрутити болти кріплення картера дільника до картера маховика ДВЗ.
2. Вкрутити болти кріплення стартера.
3. Під'єднати трубопроводи керування дільником до з'єднувальної колодки.
4. З'єднати передню тягу з важелем, попередньо вставивши кульку і пружину у кульову головку важеля.

5. Вкрутити стяжний болт важеля передньої тяги приводу керування механізмом передач.

6. Відрегулювати дистанційний привід керування механізмом перемикання передач.

Щоб підвісити та опустити силовий агрегат:

1. Підвісити силовий агрегат за рим-болти КПП.
2. Вкрутити болти кріплення підтримуючої опори КПП до поперечної балки.
3. Витягнути дерев'яні бруски з-під другої поперечини рами та опустити силовий агрегат на опори.
4. Вкрутити болти кріплення балки підтримуючої опори до рами.
5. Вставити болти у отвори задніх опор силового агрегату, закрутити самоконтруючі гайки.
6. Затягнути болти кріплення передніх опор силового агрегату.

Для підключення допоміжних систем:

1. Під'єднати повітропроводи до крана керування гальмами причепа з двопровідним приводом.
2. Надягнути з'єднувальний шланг труби ежектора, закріпивши його стяжними стрічками.
3. Сумістити отвори фланця-вилки карданного валу середнього моста з отворами фланця ведучого валу КПП; вставити болти, надягти пружинні шайби та закрутити гайки.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Встановити пневмопідсилювач гідроприводу зчеплення.
5. Приєднати кронштейн кріплення глушника до картера КПП, вкрутивши болти.
6. З'єднати штекерні роз'єми: тахометр, тахограф (спідометр), розетка напівпричепа, датчик сигналу гальмування, фара заднього ходу, датчики падіння тиску в ресиверах.

Для підключення повітряних та електричних систем ДВЗ:

1. Надягнути шланг, який з'єднує впускний трубопровід ДВЗ з трубою повітроочисника, закріпити стяжними хомутами та вставити болти з гайками.
2. Під'єднати провід-реле стартера до плюсової клеми батареї.
3. Під'єднати вимикач маси до рами всюдиходу.
4. З'єднати акумуляторні батареї з електричною мережею.
5. Встановити плити підлоги кабіни.

Для завершальної операції:

1. Залити мастило в картер КПП.
2. Опустити кабіну.
3. Перевірити та, при необхідності, відрегулювати вільний хід педалі зчеплення.

2.4 Технічне обслуговування КПП КамАЗ-43118

Методика ТО-2 КПП КамАЗ-43118 наведена у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – ТО-2 КПП КамАЗ-43118

Операція	Інструмент / матеріал	Норматив / Примітка
Перевірка справності троса крана керування дільником	Набір ключів, викрутка	Трос справний, без обривів та деформацій
Перевірка герметичності (відсутність підтікання мастила)	Ліхтар, ганчір'я	Масляні патьоки не допускаються
Регулювання зазору між упором і штоком клапана дільника	Ключі, щуп/лінійка, замкові шайби	Зазор $20,50 \pm 0,50$ мм
Змащування опор передньої та проміжної тяг дистанційного приводу	Прес-маслянка, мастило Літол-24	Заповнити до появи свіжого мастила

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція	Інструмент / матеріал	Норматив / Примітка
Очищення сапунів	Ганчір'я, бензин або дизпаливо	Повна відсутність забруднень
Перевірка рівня мастила у картері КПП	Ключ для пробки, щуп (вбудований)	Рівень – у межах міток щупа
Доливання мастила (при необхідності)	Лійка, трансмісійне мастило ТСП-15к або аналог	Рівень по верхній мітці щупа

Методика ТО КПП КамАЗ-43118 при С-сервісі наведена у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – ТО КПП КамАЗ-43118 при С-сервісі

Операція	Інструмент / матеріал	Норматив / Примітка
Закріпити важелі тяг дистанційного приводу КПП	Набір ключів	Відсутність люфтів, надійне кріплення
Закріпити фланець введеного валу КПП	Ключі, динамометричний ключ	Момент затягування згідно з тех. документацією
Заміна мастила в КПП	Ключ для пробки, ємність для зливу, дизпаливо/мастило для промивки, лійка	Виконувати на гарячому двигуні; 12 л
Очищення магнітів зливних пробок	Чиста ганчірка, розчинник	Повне видалення бруду та металевої стружки
Промивка картера КПП і дільника моторним мастилом	Моторне мастило, ємність для зливу	Прокрутити ДВЗ 10 хв. у нейтралі, після чого злити
Заливка основного мастила	Мастило ТСП-15К, лійка	Залити до верхньої мітки щупа; об'єм залежно від моделі КПП
Прокрутка КПП двигуном	ДВЗ, нейтральне положення важеля	(3,0–5,0) хв. роботи на холостих обертах
Контроль рівня мастила	Щуп рівня мастила	Рівень – по верхній мітці; при необхідності долити
Змащування троса крана керування дільником	Мастило (Літол-24 або аналог), мастильний шприц	Забезпечити рівномірне змащування по всій довжині троса

3 Розробка технологічного процесу відновлення веденого валу коробки передач всюдиходу КамАЗ-43118

3.1 Вибір матеріалу веденого валу

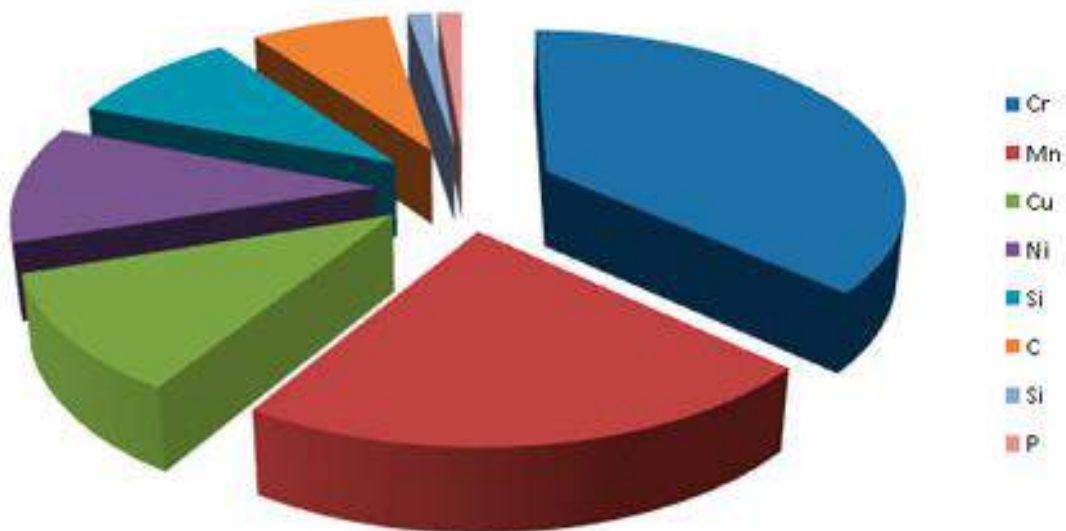
Для виготовлення веденого валу КПП приймаємо конструкційну леговану хромисту сталь 20Х [21-23]. Замінники: сталі 18ХГТ, 20ХН, 12ХН2, 15Х.

Сталь 20Х широко використовується у машинобудуванні та суміжних галузях завдяки поєднанню хорошої оброблюваності, достатньої в'язкості та можливості отримання високої твердості поверхневого шару після цементації. Її застосовують для виготовлення гарячекатаного товстолистого прокату різного призначення, а також таких деталей, як втулки, шестерні, обойми, гільзи, диски, плунжери, важелі та інші відповідальні елементи, що проходять поверхневу термічну обробку. Особливо доцільним є використання цієї сталі у виробках, до яких висуваються вимоги підвищеної зносостійкості контактних поверхонь при збереженні відносно невисокої, але достатньої за міцністю серцевини. Сталь 20Х також застосовується для деталей, які працюють в умовах інтенсивного тертя, у елементах трубопровідної арматури виготовлених із сортового прокату, а також у штампованих заготовках і поковках різного типу. За необхідності забезпечення оптимальних механічних властивостей рекомендується проведення термічної обробки, що включає гартування у воді та подальший відпуск на повітрі.

Питома вага матеріалу складає 7830 кг/м³. Термообробка здійснюється за допомогою нормалізації. Твердість матеріалу по Бринеллю досягає 179 МПа.

Хімічний склад сталі 20Х відповідно до ДСТУ 7806:2015 представлений на рис. 3.1.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Cr	Mn	Cu	Ni	Si	C	S	P
0,7-1	0,5-0,8	< 0,3	< 0,3	0,17-0,37	0,17-0,23	< 0,035	< 0,035

Рисунок 3.1 – Хімічний склад сталі 20X

Технологічні властивості сталі 20X наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технологічні властивості сталі 20X

Зварюваність	Зварюється без обмежень (окрім ХТО деталей). Способи зварювання : РДС, КТС.
Схильність до відпускнуї крихкості	Не схильна.
Температура кування	Початку - $t = 1260$ °С, кінця - $t = 760$ °С. Заготівки перерізом до 200 мм охолоджуються на повітрі, 201-700 мм піддаються низькотемпературному відпалу.
Флокеночутливість	Малочутлива.

Температура критичних точок наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Температура критичних точок сталі 20X

Критична точка	Температура, °C
Ac ₁	750
Ac ₃	825
Ar ₃	755
Ar ₁	665

Межа витривалості наведена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Межа витривалості сталі 20X

Термообробка, стан сталі	σ_{-1}	σ_B	$\sigma_{0,2}$
	(МПа)	(МПа)	(МПа)
Нормалізація. HB 143-179	235	450-590	295-395
Загартування. Висока відпустка. HB 217-235	295	690	490
Цементация. Загартування. Низька відпустка. HRCe 57-63	412	930	790

Cr значно покращує властивості сталі, зокрема підвищує її твердість та міцність. Він також запобігає крихкому руйнуванню та покращує стійкість до зносу, утворюючи на поверхні сталі захисний шар оксиду Cr.

Механічні властивості сталі 20X наведені у табл. 3.4.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Механічні властивості сталі 20Х

σ_T $\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	s (%)	ψ (%)	КСУ (кДж/м ²)
Загартування у воду від 880-900 °С (витримка 2,5-4,0 год., залежно від товщини і маси заготовки) + Відпустка 500-560 °С, охолодження на повітрі, НВ 174-21				
≥345	≥590	≥16	≥45	≥588
Загартування у воду від 880-900 °С (витримка 2,5-4,0 год., залежно від товщини і маси заготовки) + Відпустка 500-560 °С, охолодження на повітрі, НВ 174-217				
≥635	≥780	≥11	≥40	≥579
Загартування у воду від 880-900 °С (витримка 2,5-4,0 год, залежно від товщини і маси заготовки) + Відпустка 500-560 °С, охолодження на повітрі, НВ 174-217				
≥390	≥640	≥13	≥40	≥481

3.2 Конструкція веденого валу у зборі

Конструкція веденого валу у зборі наведена на рис. 3.2.

Ведений вал 16 (рис. 3.2), разом зі встановленими на ньому шестернями та синхронізаторами, розміщується співвісно з ведучим валом. На передній частині валу закріплено підшипник 2 зі знімним внутрішнім кільцем. Усі шестерні веденого валу обертаються на роликівих підшипниках; при цьому підшипник шестерні четвертої передачі є насипним, тобто не має сепаратора. Шестерні 18 та 7, що відповідають за четверту й третю передачі, фіксуються в осьовому напрямку за допомогою упорного кільця 4 з внутрішніми шліцами. Це кільце встановлене у спеціальній проточці валу таким чином, щоб його шліци точно збігалися зі шліцами валу. Від провертання кільце захищене замковою шпонкою 21, яка утримується пружиною.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

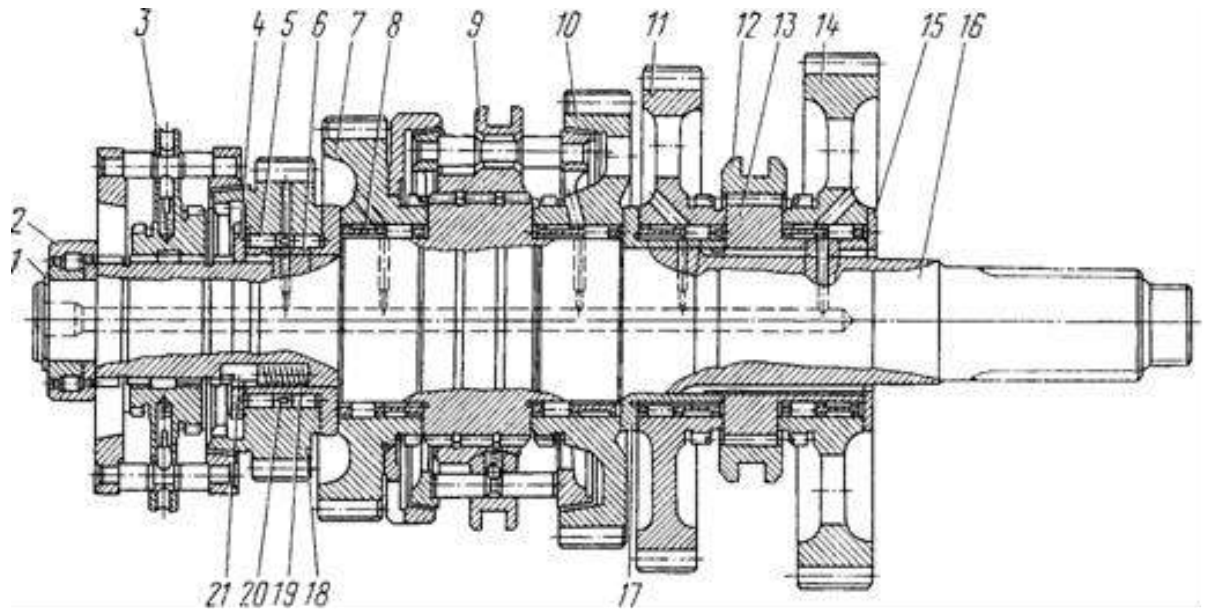


Рисунок 3.2 – Ведений вал у зборі:

1 - стопорне кільце; 2 - передній роликовий підшипник; 3 - синхронізатор IV і V передач; 4 - упорне кільце; 5 - ролики підшипника IV передачі; 6 - втулка шестерні IV передачі; 7 - шестерня III передачі; 8 - роликовий підшипник; 9 - синхронізатор II і III передач; 10 - шестерня II передачі; 11 - шестерня заднього ходу; 12 - муфта включення I передачі і заднього ходу; 13 - втулка шестерні I передачі; 14 - шестерня I передачі; 15 - шайба упорна; 16 - ведений вал; 17 - втулка шестерні заднього ходу; 18 - шестерня IV передачі; 19 - пружина; 20 - втулка проміжна; 21 - шпонка замкова

Усередині веденого валу просвердлено канал, через який мастило подається до підшипників шестерень через радіальні отвори. Подача мастила в цей канал здійснюється мастилоподавальним механізмом, який розташований на ведучому валу. Для забезпечення плавного та безударного перемикавання 2-ї, 3-ї, 4-ї та 5-ї передач у конструкції передбачено два пальчикових синхронізатори інерційного типу — елементи 3 і 9. Завдяки їх роботі стає можливим узгодження кутових швидкостей деталей перед зчепленням, що значно підвищує комфорт і надійність перемикавання передач у трансмісії.

Вал має дві проточки та шліци різної товщини в зоні встановлення синхронізатора 4–5-ї передач. Така конструктивна особливість забезпечує надійну

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

фіксацію механізму та запобігає мимовільному вимкненню передач під час роботи трансмісії.

3.3 Проктування ТП відновлення веденого валу КПП

Початковими даними для розробки ТП відновлення є робоче креслення веденого валу – рис. 3.3 (твердотільна модель валу на ведена на рис. 3.4, а його 3-D розробка у SW – на рис. 3.5).

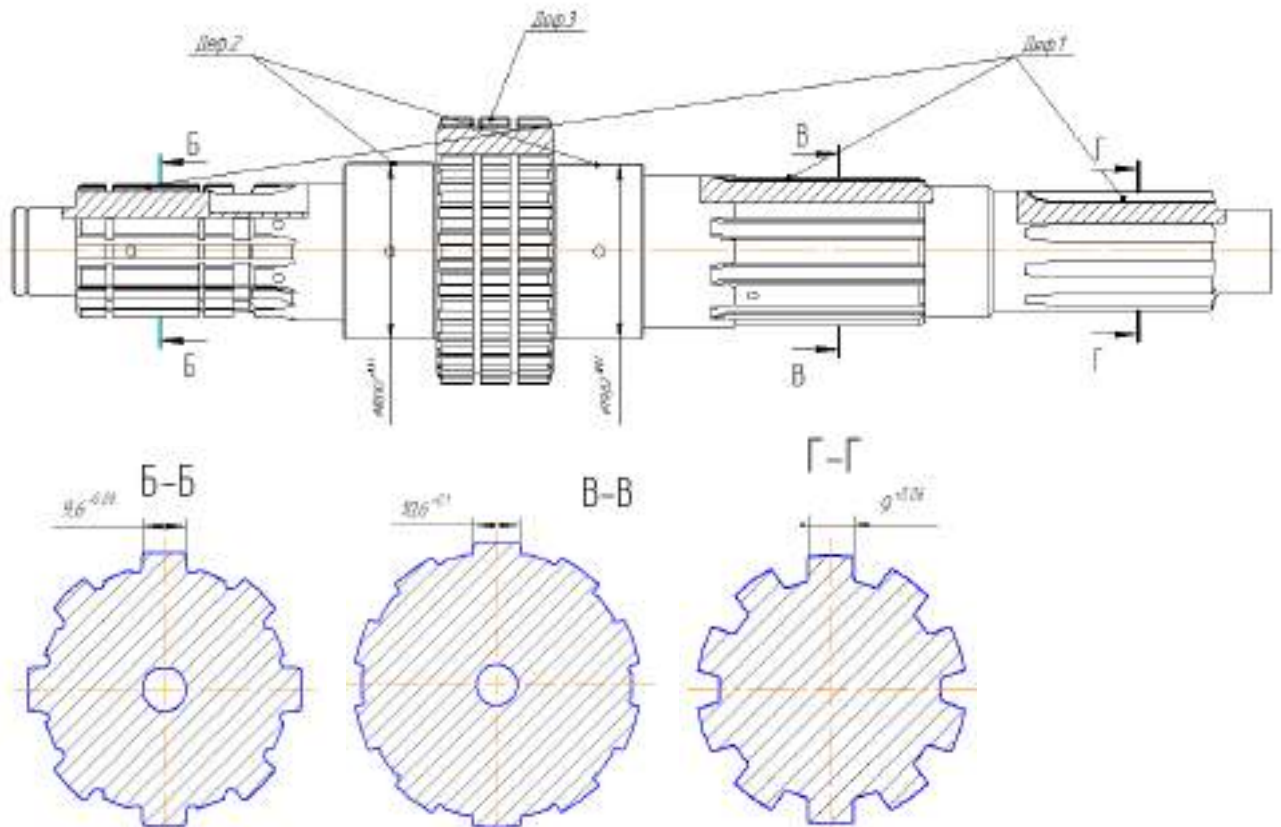


Рисунок 3.3 – Основні дефекти веденого валу (HRCe 59-63)



Рисунок 3.4 – Твердотільна модель веденого валу [24]

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

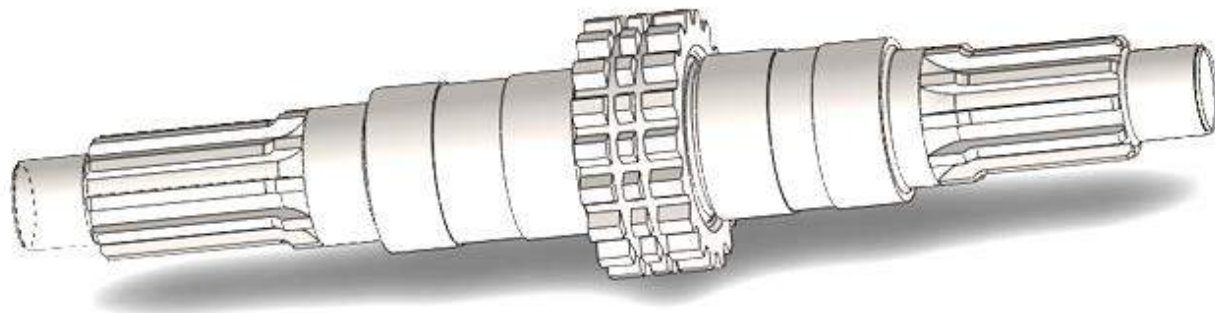


Рисунок 3.5 – 3-D модель веденого валу (SW)

Карта дефектації веденого валу КПП наведена у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Карта дефектації веденого валу КПП (див. рис. 3.3)

Позначення по ескізу	Можливий дефект	Розміри, мм		Спосіб усунення дефекту
		Номінальний	Гранично допустимий без ремонту	
Деф.1	Знос шліців по товщині	9,06-9,072 9,68-9,74 10,70- 10,78	8,94 9,58 10,12	Наплавлення
Деф.2	Знос шийки під роликівий підшипник шестерень II і III передач	80,82-62	61,98	Наплавлення, гальваніка, напилення
Деф.3	Знос зубів шестерні по товщині	5,32-5,31	5,18	Наплавлення

Відновлення зношеного веденого валу є сукупністю технологічних операцій, спрямованих на усунення пошкоджень і дефектів, які виникли під час роботи або зберігання всюдиходу. Результатом таких робіт має бути повернення веденого валу до рівня працездатності та надійності, який дорівнює або перевищує параметри нового веденого валу. Вибір оптимального способу відновлення за критерієм його придатності здійснюється поступово, у кілька стадій.

1-й етап. На цьому етапі розглядають усі можливі технологічні методи, здатні забезпечити необхідні характеристики відновленої поверхні — відповідну товщину шару, достатню твердість, надійну адгезію та потрібний рівень

шорсткості. Для відновлення шліців можуть бути застосовані такі методи: дугове наплавлення під флюсом, вібродугове наплавлення, наплавлення у середовищі CO₂, електроконтактне наплавлення стрічкою, нормалізація як різновид термічної обробки, токарна та фрезерна обробка, подальша термообробка, хромування, осталювання та зміцнювальне накочування.

Перелічені технології дозволяють отримати відновлену поверхню з необхідними експлуатаційними властивостями та забезпечують довговічність веденого валу під час подальшої роботи.

2-й етап. На цьому етапі проводять оцінку кожного методу з огляду на його можливий вплив на ті поверхні веденого валу, які не підлягають відновленню, а також визначають, як відновлена зона може позначитися на показниках надійності деталей, що з нею взаємодіють. Враховуючи значний нагрів і потенційну небезпеку появи деформацій, термічну обробку як спосіб зміцнення після фрезерування виключають із подальшого розгляду.

У результаті перелік придатних методів звужується до таких: дугове наплавлення під флюсом, вібродугове наплавлення, наплавлення у середовищі CO₂, електроконтактне наплавлення стрічкою, нормалізація, токарна та фрезерна обробка, хромування, осталювання та зміцнювальне накочування.

3-й етап. На цьому етапі проаналізовані способи оцінюють з позиції їх технологічної придатності для використання в умовах поточно-механізованої лінії, призначеної для відновлення ведених валів. Відбирають лише ті методи, які можуть бути стабільно та ефективно застосовані в автоматизованому або механізованому виробничому процесі.

У підсумку залишають такі способи: дугове наплавлення під шаром флюсу, нормалізація як вид термічної обробки, токарна й фрезерна обробка, хромування, осталювання та зміцнювальне накочування.

4-й етап. На цьому етапі здійснюється аналіз доступності ремонтних матеріалів і необхідного технологічного обладнання, яке використовується під час відновлення ведених валів. Особливу увагу приділяють тому, наскільки реально забезпечити стабільне постачання матеріалів та безперебійну роботу обладнання в

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умовах ремонтного виробництва. У процесі оцінювання з'ясовано, що обладнання, необхідне для проведення хромування, є дефіцитним, малодоступним або економічно не вигідним для впровадження на поточній ремонтній дільниці, тому цей метод доводиться виключити з подальшого розгляду.

Після відсіву малодоступних технологій залишається перелік методів, які можуть бути ефективно застосовані в реальних умовах ремонтного підприємства. До них належать:

- дугове наплавлення під шаром флюсу;
- нормалізація як різновид термічної обробки;
- токарна та фрезерна обробка;
- осталування;
- зміцнювальне накочування.

Ці способи забезпечують як технологічну сумісність із наявною виробничою базою, так і можливість отримання відновлених поверхонь з високими експлуатаційними характеристиками.

5-й етап. На завершальному етапі враховують вплив кожного зі способів відновлення на умови праці персоналу та на стан навколишнього природного середовища. Оцінюється рівень шкідливих викидів, можливість утворення токсичних речовин, а також безпечність ТП для працівників ремонтного виробництва.

У ході аналізу встановлено, що процес осталування супроводжується використанням реагентів та операцій, які можуть створювати небезпечні умови, а також становлять підвищений екологічний ризик. Тому цей метод виключають із подальшого розгляду як менш придатний з точки зору безпечності.

З урахуванням нормативних вимог, санітарних стандартів та екологічних критеріїв остаточно приймаються такі способи відновлення:

- дугове наплавлення під шаром флюсу;
- нормалізація як вид термічної обробки;
- токарна та фрезерна обробка;
- зміцнювальне накочування.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сукупність цих методів забезпечує міні негативний вплив на довкілля та створює безпечні умови для працівників без втрати якості виконання ремонтних робіт.

Остаточний вибір найбільш раціонального способу відновлення веденого валу здійснюється на основі техніко-економічного критерію, який дозволяє визначити оптимальне поєднання ефективності, вартості та трудомісткості ремонтних операцій. При цьому розглядаються лише ті технологічні процеси, що безпосередньо стосуються відновлення шліців.

Таке обмеження пов'язане з тим, що на проєктовану ділянку надходять виключно первинні вали з дефектами саме у зоні шліцевого з'єднання. Вали з іншими видами пошкоджень або відхиленнями від нормативних параметрів не приймаються до ремонту, оскільки їх відновлення виходить за межі спеціалізації ділянки та потребує інших ТП. Такий підхід дозволяє зосередитися на оптимізації конкретних операцій та забезпечити високу якість відновлення шліцевих поверхонь.

3.4 Розробка карти ескізів ТП відновлення веденого валу КПП

005 Очисна

Необхідно очистити ведений вал та промити його в розчині миючого засобу МС-8 з концентрацією 20 г/л при температурі $t = (75-85)^\circ\text{C}$. Під час виконання операції поверхня валу повинна бути повністю очищена від смолистих відкладень, забруднень та залишків мастила — їх наявність неприпустима.

Для проведення роботи використовують спеціалізовану мийну машину ОМ-5288м. Кваліфікаційний розряд робіт — 2. Трудомісткість виконання операції становить $\tau = 4,60$ хв..

Процес очищення є обов'язковим підготовчим етапом перед відновлювальними роботами, оскільки забезпечує надійне зчеплення наступного шару наплавлення або обробленої поверхні та гарантує високу якість відновлення.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

010 Дефектувальна

Необхідно провести ретельний візуальний огляд веденого валу для виявлення наявних дефектів, тріщин, зношених ділянок та інших пошкоджень. Паралельно визначають геометричні параметри валу за допомогою відповідних вимірювальних інструментів, щоб оцінити його придатність до відновлення та точність подальших операцій.

Кваліфікаційний розряд робіт — 5. Трудомісткість операції становить 8,4 хв..

Дефектування є ключовим етапом підготовки веденого валу, оскільки від точності виявлення дефектів та правильного вимірювання залежить ефективність усіх наступних ремонтних процесів та якість відновлення шліцьових поверхонь.

015 Дугове наплавлення під шаром флюсу (рис. 3.5)

На цьому етапі виконується відновлення шліців шляхом дугового наплавлення, що забезпечує відновлення необхідної товщини та геометричної форми поверхні. Процес дозволяє усунути зношені ділянки та повернути шліцам експлуатаційну придатність. Обладнання: універсальна установка РМ-15.WeldIn [25].

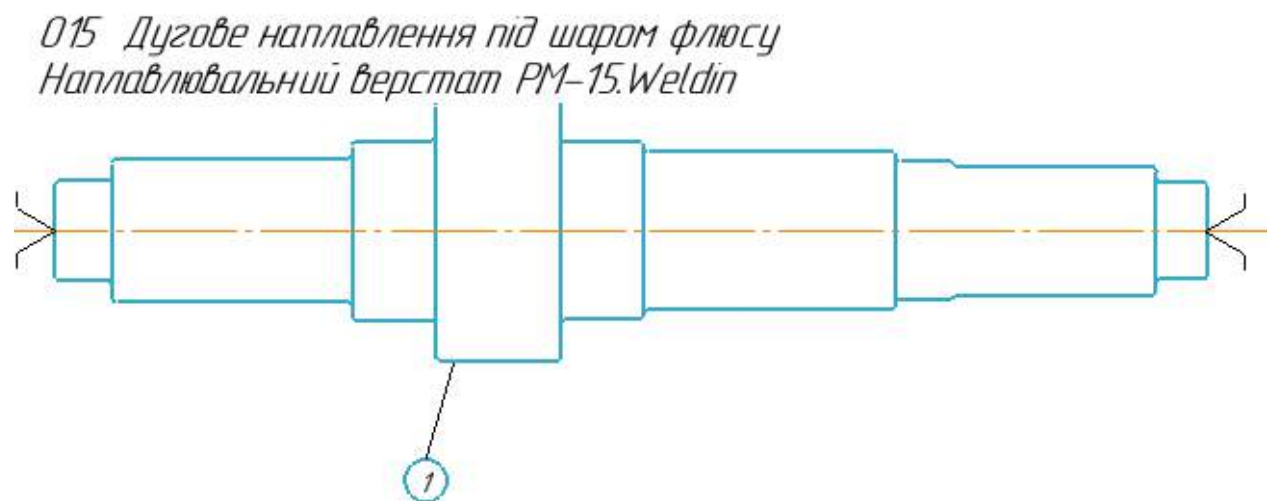


Рисунок 3.5 – Карта ескізів «Дугове наплавлення під шаром флюсу»

Установка РМ-15.WeldIn призначена для виконання електродугового наплавлення та зварювання під флюсом, у середовищі захисних газів, а також за допомогою самозахисного порошкового дроту. Обладнання використовується для

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки деталей типу «диск», «циліндр», «плита» та «пластина», забезпечуючи високу якість наплавлення й стабільність ТП.

Комплект установки включає стаціонарну поворотну колону, на рухомій консолі якої закріплено автомат для наплавлення. На нижньому майданчику цієї колони розміщені шафа керування та зварювальний випрямляч, які гарантують надійне електроживлення та простоту ТО.

Наплавлення веденого валу коробки передач всюдиходу КамАЗ-43118 проводимо з використанням зварного сталюого дроту ER70S-6 діаметром $\varnothing 1,2$ мм [28] і флюсу АН-348АП [29]. Перед наплавленням шийки підігрівають полум'ям газового пальника до $t = (230-240)^\circ\text{C}$.

Окремо, у спеціально облаштованому приямку, встановлено універсальний зварювальний обертач, на планшайбу якого фіксуються циліндричні деталі, які підлягають наплавленню. Поруч із обертачем, безпосередньо під зоною обробки, знаходиться пристрій для збирання та просіювання відпрацьованого флюсу. Після очищення флюс за допомогою ежекційної подачі автоматично транспортується назад у флюсобункер наплавлювального автомата, що дозволяє раціонально використовувати матеріал і зменшувати витрати.

Крім того, на одній висоті з колоною, у межах зони досяжності автомата (з урахуванням можливості повороту колони на 360°), розташований стіл для наплавлення деталей типу «плита» та «пластина». Така компоновка підвищує універсальність обладнання, дає змогу працювати з деталями різних розмірів і форм та покращує зручність оператора під час виконання технологічних операцій.

Дугове наплавлення під шаром флюсу є ефективним методом відновлення шліців, оскільки забезпечує надійне зчеплення нового металевго шару з основним матеріалом валу та високі механічні характеристики відновленої поверхні.

Режим роботи.

Число проходів:

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{D - d}{2t}, \quad (3.1)$$

де $D = 46,0$ мм - діаметр до якого наплавляють ведений вал;

$d = 30,0$ мм - діаметр поверхні, яка наплавляється;

$h = 2,0$ мм - товщина шару, що наплавляється, за один прохід.

$$i = \frac{46 - 30}{2 \cdot 2} = 4, \text{ мм}$$

Приймаємо силу струму $I_{\text{св}} = 140$ А при діаметрі електроду $d_{\text{пр}} = 1,2$ мм.

Напруга U , В:

$$U = 21 + 0,04I_{\text{св}}, \quad (3.2)$$

$$U = 21 + 0,04 \cdot 140 = 26,6 \text{ В.}$$

Коефіцієнт наплавлення $K_{\text{н}}$ (характеризує питоме значення швидкості наплавлення):

$$K_{\text{н}} = 2,3 + 0,065 \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{пр}}}, \text{ г / А * год.} \quad (3.3)$$

$$K_{\text{н}} = 2,3 + 0,065 \frac{140}{2} = 6,85 \text{ г / А * год.}$$

Швидкість переміщення дуги та швидкість наплавлення $V_{\text{н}}$, м/год. (обумовлюється шириною валиків і глибиною проплавлення):

$$V_{\text{н}} = \frac{K_{\text{н}} I_{\text{св}}}{100 F \gamma}, \quad (3.4)$$

де $F = 0,20$ см² - площа поперечного перерізу валика, що наплавляється;

					КВРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

γ - щільність металу шва, г/см³.

Тоді частота обертання веденого валу:

$$n = \frac{1000V_H}{60\pi d}, \text{ хв.}^{-1}.$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{\text{пр}}$, м/год.:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4K_H I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{пр}}^2 \gamma}, \quad (3.5)$$

Приймаємо $V_{\text{пр}} = 50$ м/год. Тоді щільність металу шва:

$$\gamma = \frac{4K_H I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{пр}}^2 V_{\text{пр}}}, \quad (3.6)$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 6,85 \cdot 140}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 50} = 6,11 \text{ г / см}^3,$$

$$V_H = \frac{6,85 \cdot 140}{100 \cdot 0,2 \cdot 6,11} = 7,85 \text{ м / год.},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 7,85}{60 \cdot 3,14 \cdot 30} = 1,39 \text{ хв.}^{-1}.$$

Виліт електроду наступний:

$$H = (10 - 15) d_{\text{пр}} = 20 \text{ мм}, \quad (3.7)$$

Крок наплавлення наступний:

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = (2,0 - 2,5)d_{\text{пр}} = 4 \text{ мм}, \quad (3.8)$$

Зміщення електроду:

$$l = (0,05 - 0,07)d = 1,5 \text{ мм}. \quad (3.9)$$

Основний час наплавлення T_o , хв.:

$$T_o = \frac{L * i}{\eta * s}, \quad (3.10)$$

$$T_o = \frac{140 * 4}{1,39 * 4} = 100,72 \text{ хв.}$$

Розряд робіт – 5. $T_o = 100,720$ хв., $T_B = 0,80$ хв., $T_{\text{доп}} = 11,30$ хв., $T_{\text{пз}} = 16,0$ хв.

020 Термічна обробка (нормалізація) – рис. 3.6

На цьому етапі проводять термічну обробку валу з метою нормалізації структури металу, що забезпечує підвищення його міцності, зносостійкості та стабільності геометричних розмірів після наплавлення або механічної обробки.

Обладнання: піч для відпуску СНО-5.10.5/10 [26].

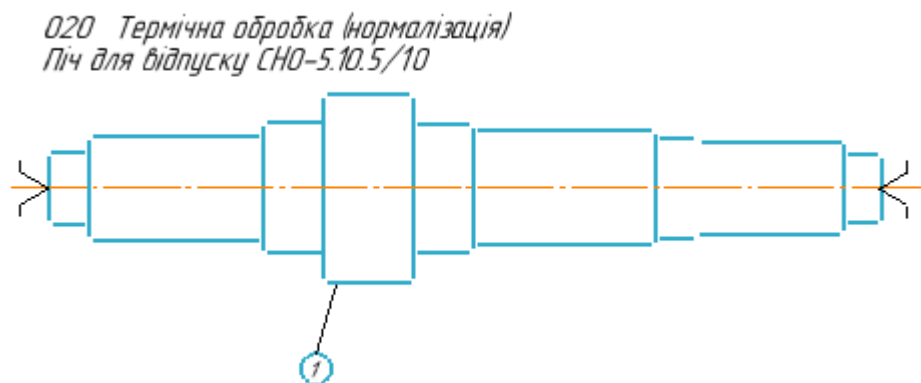


Рисунок 3.6 – Карта ескізів «Термічна обробка (нормалізація)»

Кваліфікаційний розряд роботи — 5. Трудомісткість операції $\tau = 80$ хв.

					КВРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормалізація є важливим етапом технологічної обробки металів, оскільки вона забезпечує формування однорідної внутрішньої структури матеріалу та суттєво знижує ймовірність появи залишкових напружень. Завдяки цьому значно підвищується надійність і тривалий ресурс відновлених шліцьових поверхонь.

Етапи процесу нормалізації:

1. Нагрівання заготовки до температури аустенізації (920 °С).
2. Витримка заготовки при цій температурі протягом $\tau = 35$ хв., щоб забезпечити повну аустенізацію (перетворення структури на аустеніт).
3. Охолодження заготовки на повітрі протягом $\tau = 45$ хв.

025 Токарна обробка (рис. 3.7)

Устаткування: універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20.

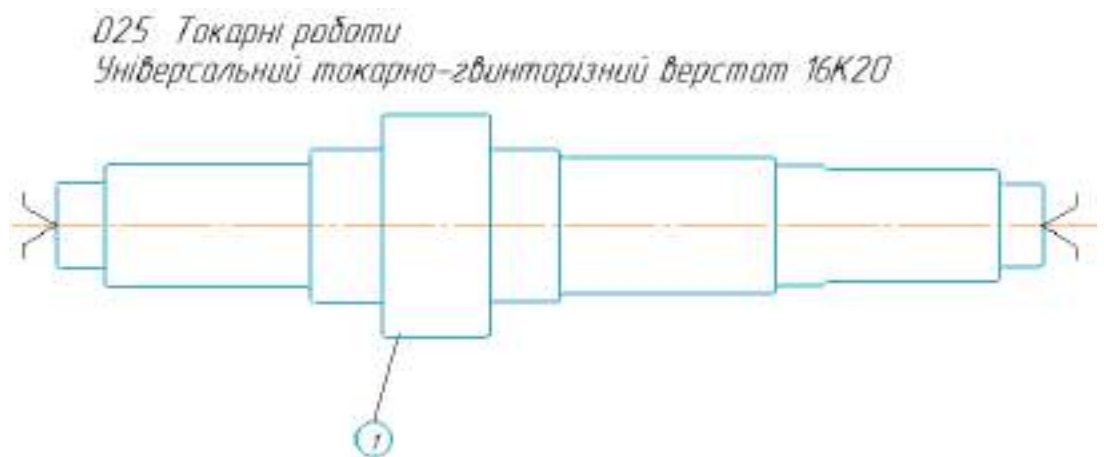


Рисунок 3.7 – Карта ескізів «Токарні роботи»

Режим роботи на токарному верстаті.

Розрахунок глибини різання t , мм:

$$t = (d - d_1) / 2, \quad (3.11)$$

де d – діаметр поверхні веденого валу до обробки, мм;

d_1 – діаметр поверхні веденого валу після обробки, мм.

$$t = (46 - 42) / 2 = 2 \text{ мм.}$$

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зріз необхідного шару проводиться в три проходи різця: два проходи чорнової обробки із залишенням припуску 0,01 мм на чистову обробку.

Розрахунок основного часу T_o , хв:

$$T_o = \frac{L}{S_\phi n_\phi} i, \quad (3.12)$$

де S_ϕ – табличне значення подачі верстата мм/об.;

n_ϕ – табличне значення частоти обертання шпинделя об./хв.;

L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

i – число проходів.

Розрахунок основного часу на чистову обробку:

$$T_o = \frac{140}{0,1 * 500} = 2,8 \text{ хв.},$$

Розрахунок основного часу на чорнову обробку:

$$T_o = \frac{140 * 2}{1 * 1000} = 0,28 \text{ хв.}$$

Розряд робіт – 6. $T_o = 3,08$ хв., $T_v = 1,0$ хв., $T_{доп} = 0,17$ хв., $T_{пз} = 16,0$ хв.

030 Фрезерна обробка (рис. 3.8).

Фрезерні операції відіграють вирішальну роль у процесі відновлення шліцьових валів, оскільки саме вони забезпечують необхідну геометричну точність профілю та оптимальну взаємодію відновленої поверхні з іншими елементами механізму. Завдяки правильно виконаному фрезеруванню підвищується надійність, стійкість до навантажень і загальна довговічність відновленого веденого валу, що позитивно впливає на ефективність роботи всього агрегату.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цьому етапі здійснюється обробка шліців на валу методом фрезерування для відновлення їх точної геометричної форми, профілю та розмірів відповідно до нормативних вимог. Процес забезпечує високу точність шліцьових поверхонь та підготовку до подальшого зміцнення або експлуатації.

Використовуємо універсальний зубофрезерний верстат ЕЗ-218 (рис. Б1 – [27]), який ЕЗ-208 призначений для обробки та фрезерування циліндричних зубчатих коліс із прямими, косими та черв'ячними зубцями. Він може ефективно використовуватися як в умовах одиничного виробництва, так і при серійному виготовленні деталей. Нарізання зубчастих коліс здійснюється за методом обкатування, який передбачає взаємодію черв'ячної фрези та заготовки, що забезпечує високу точність профілю зубів.

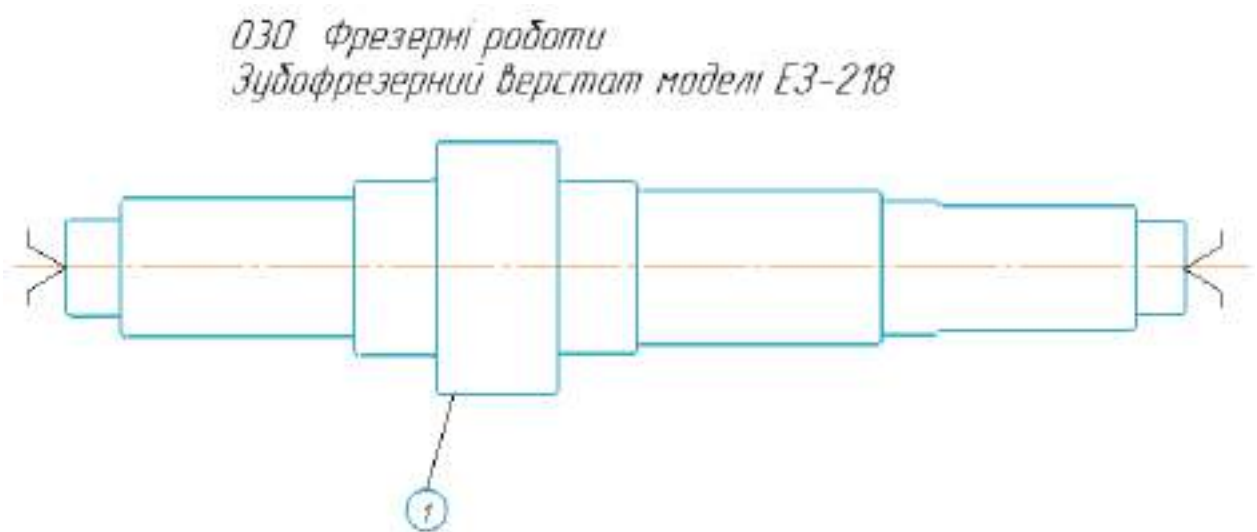


Рисунок 3.8 – Карта ескізів «Фрезерні роботи»

Верстат моделі ЕЗ-218 працює в закритому напівавтоматичному циклі, а також має режим наладки, що дозволяє оператору точно налаштувати необхідні параметри перед виконанням обробки. Конструкція передбачає нерухомий стіл і рухому стійку, що забезпечує стабільність обробки та зручність позиціонування інструмента відносно заготовки.

Особливістю моделі ЕЗ-218 є наявність додаткових механізмів, які в автоматичному режимі виконують гідравлічний затиск траверси та кронштейна контрольної підтримки під час робочого циклу. Крім того, у конструкцію

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інтегровано систему контрольної підтримки вертикального переміщення кронштейна, що підвищує функціональність верстата та забезпечує точніше встановлення заготовки при обробці різних типів зубчастих коліс.

Пристосування та інструмент: черв'ячна фреза для шліцьових валів з прямим профілем 10×72×78 згідно з ДСТУ 2233-93.

Режим роботи.

Подача на один зуб фрези S_z , мм/зуб при чистовому фрезеруванні:

$$S_z = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ мм / зуб}, \quad (3.13)$$

Подача на один зуб фрези при чорновому фрезеруванні:

$$S_z = \frac{2,5}{10} = 0,25 \text{ мм / зуб}. \quad (3.14)$$

Хвилинна подача S_M , мм/хв.:

$$S_M = S_z Z n_f, \quad (3.15)$$

де n_f - фактична частота обертання фрези (узята з параметрів верстата, хв^{-1}) – [27],

Хвилинна подача при чистовому фрезеруванні:

$$S_M = 0,05 * 10 * 60 = 30 \text{ мм / хв.},$$

Хвилинна подача при чорновому фрезеруванні:

$$S_M = 0,25 * 10 * 100 = 250 \text{ мм / хв.}$$

Основний час T_0 , хв.:

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{L}{S_M} i, \quad (3.16)$$

де L - довжина шляху прохідного інструментом, мм;

i - число проходів фрези.

Розрахунок основного часу при чистовому фрезеруванні:

$$T_o = \frac{115}{30} 1 = 3,8 \text{ хв.},$$

Розрахунок основного часу при чорновому фрезеруванні:

$$T_o = \frac{115}{250} 1 = 0,45 \text{ хв.}$$

Розряд робіт – 6. $T_o = 4,29$ хв., $T_B = 1,0$ хв., $T_{\text{доп}} = 0,23$ хв., $T_{\text{пз}} = 16,0$ хв.

035 Зміцнювальне наочування (рис. 3.9)

*035 Зміцнювальне наочування
Універсальний токарно-звинторізний верстат 16К20 модернізований*

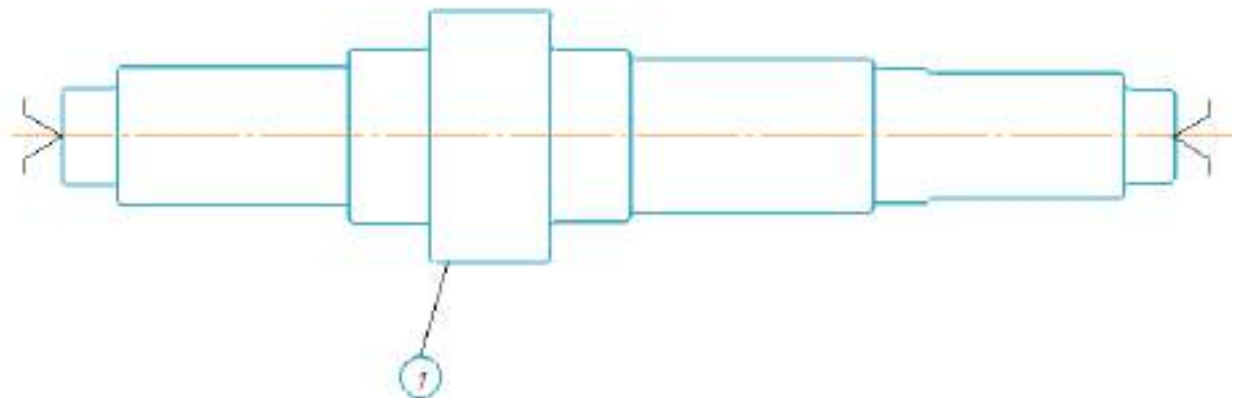


Рисунок 3.9 – Карта ескізів «Зміцнювальне наочування»

На цьому технологічному етапі здійснюється зміцнювальне наочування шліцьових поверхонь валу — процес, який дає змогу підвищити твердість, зносостійкість і довговічність веденого валу без зняття матеріалу з його поверхні.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У результаті накочування формується тонкий, але дуже міцний поверхневий шар, який ефективно розподіляє навантаження під час роботи механізму та істотно покращує експлуатаційні властивості шліців. Такий метод зміцнення не лише стабілізує геометрію профілю, а й дозволяє продовжити ресурс деталі навіть за умов інтенсивної роботи.

Обладнання: універсальний модернізований токарно-гвинторізний верстат 16K20.

Пристосування та інструмент: подільна головка ST 130, спеціальне пристосування для зміцнювального накочування, гідростанція серії 108.

Зміцнювальне накочування є одним із найрезультативніших способів підвищення експлуатаційної надійності шліцьових валів, оскільки під час процесу формується рівномірний, щільний і високостійкий поверхневий шар. Така структура значно знижує ймовірність передчасного зношування, появи тріщин чи локальних деформацій, що особливо важливо при тривалій та інтенсивній роботі механізмів. Завдяки цьому шліцьовий вал отримує підвищену міцність, краще витримує циклічні навантаження та зберігає стабільність геометрії протягом тривалого строку експлуатації.

Режим роботи:

Визначення швидкості подовжнього переміщення установки $V_{\text{пр}}$, мм/хв.:

$$v_{\text{пр}} = S_{\text{пр}} n, \quad (3.17)$$

де $S_{\text{пр}}$ - подовжня подача, узята з характеристик верстата, мм/об.;

n - частота оборотів шпинделя, узята з характеристик верстата, об./хв.

$$v_{\text{пр}} = 2 * 1000 = 2000 \text{ мм / хв.}$$

Визначення швидкості поперечного переміщення установки $V_{\text{поп}}$, мм/хв.:

$$v_{\text{поп}} = S_{\text{поп}} n, \quad (3.18)$$

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $S_{\text{поп}}$ - поперечна подача, узята з характеристик верстата, мм/об.

$$v_{\text{поп}} = 1 * 1000 = 1000 \text{ мм / хв.}$$

Накат кульки здійснюється через кожні 0,25 мм.; виходячи з цього, визначаємо число подовжніх проходів:

$$i = \frac{h}{0,25}, \quad (3.19)$$

$$i = \frac{5}{0,25} = 20.$$

де $h = 5$ мм– висота зуба.

Розрахунок основного часу зміцнюючого накочення:

Основний час:

$$T_o = 2Z_{\text{ш}} \left(\frac{h}{v_{\text{поп}}} + \frac{1}{v_{\text{пр}}} i \right), \quad (3.20)$$

$$T_o = 2 * 10 \left(\frac{5}{1000} + \frac{110}{2000} 20 \right) = 22,10 \text{ хв.}$$

Розряд робіт – 6. $T_o = 22,10$ хв., $T_v = ,01$ хв., $T_{\text{доп}} = 3,48$ хв., $T_{\text{пз}} = 19,0$ хв.

040 Контрольна операція (рис. 3.10)

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

040 Контрольна

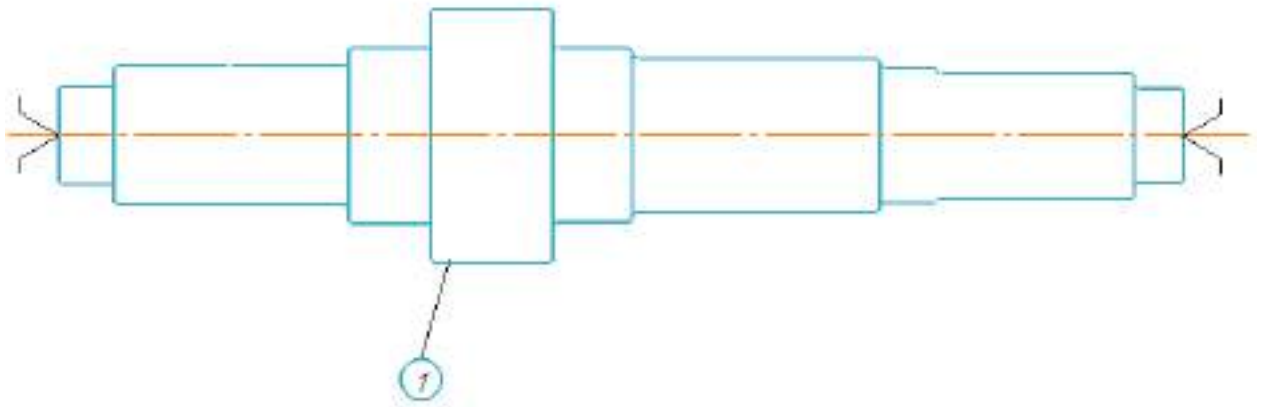


Рисунок 3.10 – Карта ескізів «Контрольна операція»

На завершальному етапі проводиться ретельний контроль відновленого веденого валу згідно з технічними вимогами, які регламентують якість вторинних валів після виконання ремонтних робіт.

У процесі перевірки детально оцінюють геометричні параметри, точність та чистоту шліцьових поверхонь, перевіряють відсутність механічних пошкоджень, мікротріщин та інших можливих дефектів. Окрему увагу приділяють відповідності відновленого веденого валу чинним нормативним стандартам і допускам, що гарантує його безпечну, надійну та тривалу подальшу експлуатацію у складі механізму.

Кваліфікаційний розряд роботи — 5. Трудомісткість виконання операції становить $\tau = 8,0$ хв.

Контрольна операція є невід’ємним та обов’язковим завершальним етапом ТП, оскільки саме вона підтверджує, що відновлений вал повністю відповідає встановленим вимогам щодо якості, точності та експлуатаційної надійності. Під час контролю перевіряють правильність геометрії, відповідність шліцьових поверхонь нормативам та відсутність прихованих дефектів, які можуть знизити робочі характеристики деталі. Завдяки такій перевірці гарантується безпечна, стабільна та довготривала робота веденого валу у складі механізму навіть за умов підвищених навантажень.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Вибір обладнання для ТП

Номенклатура та кількість обладнання на кожному робочому місці визначаються відповідно до прийнятого ТП, трудомісткості виконуваних операцій та наявного фонду робочого часу. При цьому враховується, щоб оснащення забезпечувало безперервність виробничого процесу, максимальну ефективність використання верстатів та пристосувань, а також відповідало нормам безпеки та організації праці.

Повний перелік обладнання, яке застосовується на дільниці, наведений у табл. 3.6. Він включає всі верстати, пристосування та допоміжні засоби, необхідні для виконання відновлювальних робіт згідно з технологічним регламентом.

Таблиця 3.6 – Устаткування для відновлення веденого валу на дільниці

№ п/п	Устаткування	К-ть	Габарити, м	Площа, м ²	N, кВт.
1	Універсальний токарно-гвинторізний верстат 16K20 модернізований	2	2,795x1,198	3,35	40,0
2	Прес гідравлічний CP250 для правки валів	1	0,20x0,070	0,01	
3	Зубофрезерний верстат моделі E3-218	2	2,518x1,304	3,272	5,05
4	Верстак слюсарний металевий 2-тумбовий 41 2M2Б/2M2Б	1	0,85x0,18x0,62	1,36	-
5	Верстат вертикально-свердлувальний 2Т125	1	0,96x0,57	0,52	2,20

3.6 Вибір пристосувань для ТП

Тип підйимально-транспортного обладнання добирають на основі довідкових таблиць, ураховуючи номенклатуру деталей, які підлягають відновленню, характер та тип виробництва, а також частоту, масу й відстань переміщення ремонтваних об'єктів. З огляду на ці параметри приймаємо до використання ручний візок для довгомірних вантажів РПТ-008Д-125М (вантажопідйомність –

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

300 кг, розмір платформи та висота – 500x750x770 мм), який забезпечує зручність транспортування витягнутих та габаритних деталей у межах ремонтної ділянки.

Для виконання комплексу ремонтно-відновлювальних робіт також обираємо ділильну головку УРГ-400, яка дозволяє точно орієнтувати деталі під час механічної обробки, гідронасос RXP108, який забезпечує необхідний тиск і стабільну роботу гідравлічних приводів, а також пристрій для зміцнювального наочування, призначений для формування зміцненого поверхневого шару на шліцьових та інших відповідальних поверхнях деталей. Такий комплекс обладнання підвищує точність, ефективність та якість відновлювального процесу.

3.7 Вибір різального та допоміжного інструменту для ТП

Підбір різального та допоміжного інструменту є важливим етапом організації ТП обробки веденого валу, оскільки від цього залежить точність, якість поверхні, продуктивність робіт та довговічність як самого інструменту, так й оброблюваних деталей.

При виборі різального інструменту враховують матеріал заготовки, тип обробки (точіння, фрезерування, свердління, шліфування), розміри деталі, режим різання та особливості робочого обладнання.

До допоміжного інструменту та обладнання відносять пристосування, які забезпечують правильне розташування та фіксацію заготовки, стабільність обробки і безпеку праці:

Правильний вибір та комбінація різального й допоміжного інструменту дозволяють підвищити продуктивність, забезпечити стабільну якість обробки та продовжити ресурс деталей та інструменту, а також гарантувати безпеку робіт на виробництві.

Рекомендації з вибору різального та допоміжного інструменту для відновлення веденого валу КПП всюдиходу наведені у табл. 3.7.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Рекомендації з вибору різального та допоміжного інструменту для відновлення веденого валу КПП всюдиходу

Тип деталі / операція	Різальний інструмент	Матеріал / марка	Розмір / діаметр	Швидкість різання	Допоміжний інструмент / пристосування
Шліцьові вали (точіння)	Профільні токарні різці	P6M5, твердий сплав	Залежить від діаметра валу	50–120 м/хв.	Тиски, центрувальні кондуктори, планшайба
Циліндричні деталі (фрезерування)	Циліндричні фрези, кінцеві фрези	HSS-Co, тврдосплавні	16–50 мм	60–100 м/хв	Фіксатори, тиски, гідравлічні затиски
Диски, плити (фрезерування)	Дискові фрези	Твердий сплав, HSS	50–200 мм	40–80 м/хв.	Плити-основи, центрувальні елементи
Отвори та циліндричні порожнини (свердління / розвертання)	Свердла, розвертки, зенкери	HSS, твердий сплав	6–50 мм	30–70 м/хв.	Напрямні втулки, патрони свердлильних верстатів
Шліцьові поверхні (накочування / зміцнення)	Пристрій для накочування, ролики	Сталь 45Г, інструментальна сталь	Залежить від діаметра	Подача 0,1–0,3 мм/об.	Підкладки, направляючі, фіксатори
Фінішна обробка (шліфування / полірування)	Шліфувальні круги, полірувальні насадки	Абразиви (SiC, Al ₂ O ₃), пасти	100–200 мм	20–50 м/с	Шаблони, підкладки, системи подачі рідини

4 Застосування SolidWorks Simulation для дослідження працездатності відновленого веденого валу коробки передач всюдиходу КамАЗ-43118

4.1 Побудова у SolidWorks твердотіЛЬНОЇ моделі веденого валу

SW – це високоефективна система автоматизованого проектування та водночас ключовий елемент інтегрованого комплексу автоматизації підприємства. Вона забезпечує повну підтримку виробу на всіх фазах його життєвого циклу – від початкової концепції й конструкторської розробки до підготовки виробництва, експлуатації та модернізації, цілком відповідаючи принципам і вимогам сучасних CALS-технологій [30].

Основна функціональність SW полягає у створенні наскрізного процесу проектування, який охоплює моделювання деталей і складальних одиниць, проведення інженерних розрахунків різної складності, а також формування технологічної документації для виробництва виробів будь-якого масштабу та призначення. Окрім цього, програмний пакет дає змогу генерувати інтерактивну технічну документацію, організувати ефективний обмін даними між підрозділами підприємства та підтримувати спільну роботу кількох користувачів над одним проектом у реальному часі, що значно підвищує точність, узгодженість і якість інженерних рішень.

Рішення, запропоновані SW, базуються на сучасних методах гібридного параметричного моделювання, а також інтегрованих можливостях системи електронного документообігу SW Enterprise PDM. Пакет містить широкий спектр спеціалізованих модулів, орієнтованих на різні напрями інженерії – від машинобудування та приладобудування до промислового дизайну та розробки складних технологічних систем. Інтерфейс програми доступний українською мовою, а працює вона на платформах Windows XP і Vista, що забезпечує зручність використання в широкому колі підприємств.

Створення конструкторської та супровідної документації в SW відбувається у повній відповідності до вимог ЄСКД, що гарантує стандартизований підхід до

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оформлення та уніфікацію технічної інформації. Завдяки широкому функціоналу, гнучким можливостям налаштування, доступній вартості й швидкій адаптації до реальних виробничих умов ця система легко інтегрується в робочі процеси сучасного підприємства. Це дозволяє істотно підвищити продуктивність проектування, скоротити терміни створення нових виробів, оптимізувати взаємодію між різними службами та зробити розвиток інженерних проєктів більш керованим і передбачуваним.

Метою даної роботи ставилось дослідження НДС веденого валу КПП всюдиходу КамАЗ-43118 за допомогою SWS. Для цього спочатку у SW побудували твердотільну (геометричну) модель веденого валу (рис. 3.5). Інформація про 3D-модель веденого валу КПП наведена на рис. 4.1.

Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Solid Body	Mass:13,7078 kg Volume:0,00175741 m ³ Density:7 800 kg/m ³ Weight:134,336 N	D:\Nemyrovych_SW\2val_SW1\VedenyiVal1.SLDPRT Nov 18 15:24:56 2025

Рисунок 4.1 – Інформація про 3D-модель веденого валу КПП

4.2 Дослідження напружено-деформованого стану веденого валу за допомогою SWS

Для цього на панелі SWS вибираємо *Нове дослідження* та його тип (рис. 4.2).

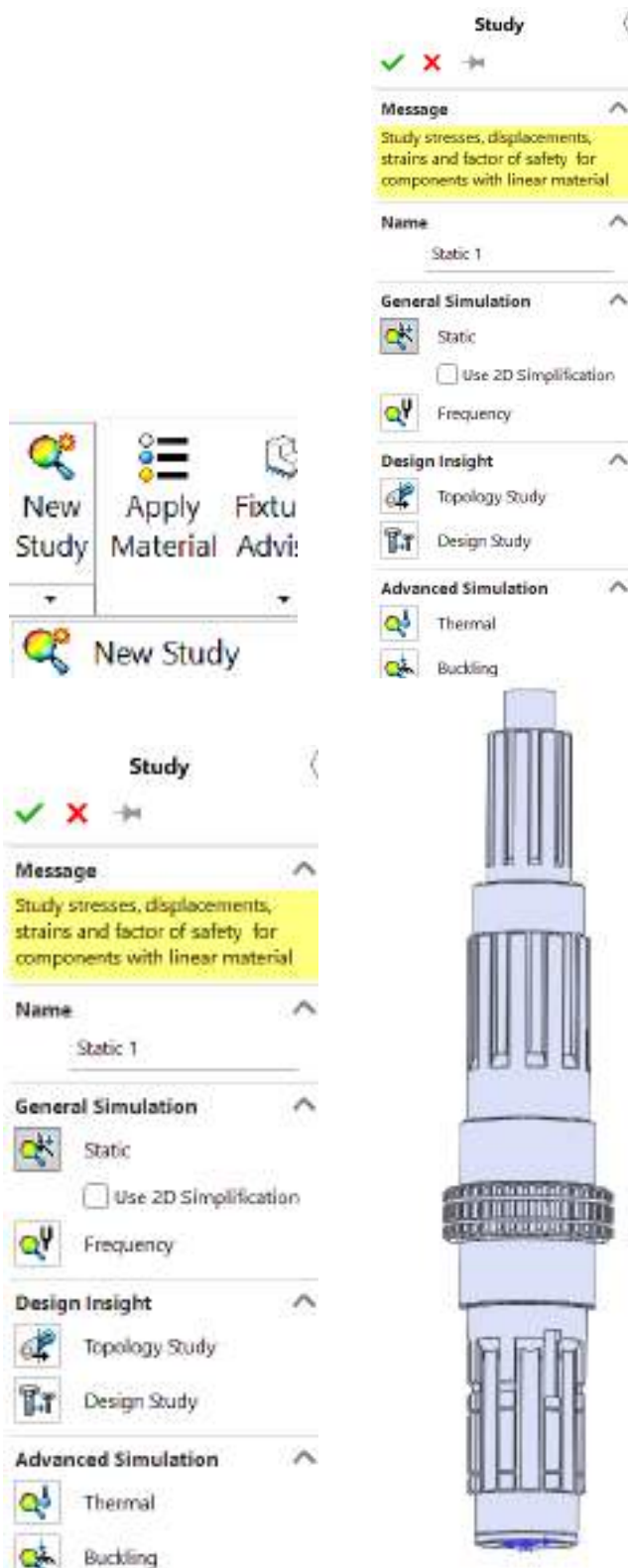


Рисунок 4.2 – Створення у SWS нового дослідження та вибір його типу

4.2.1 Призначення властивостей матеріалу веденого валу після відновлення

Вказуємо властивості матеріалу веденого валу після відновлення (рис. 4.3).

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


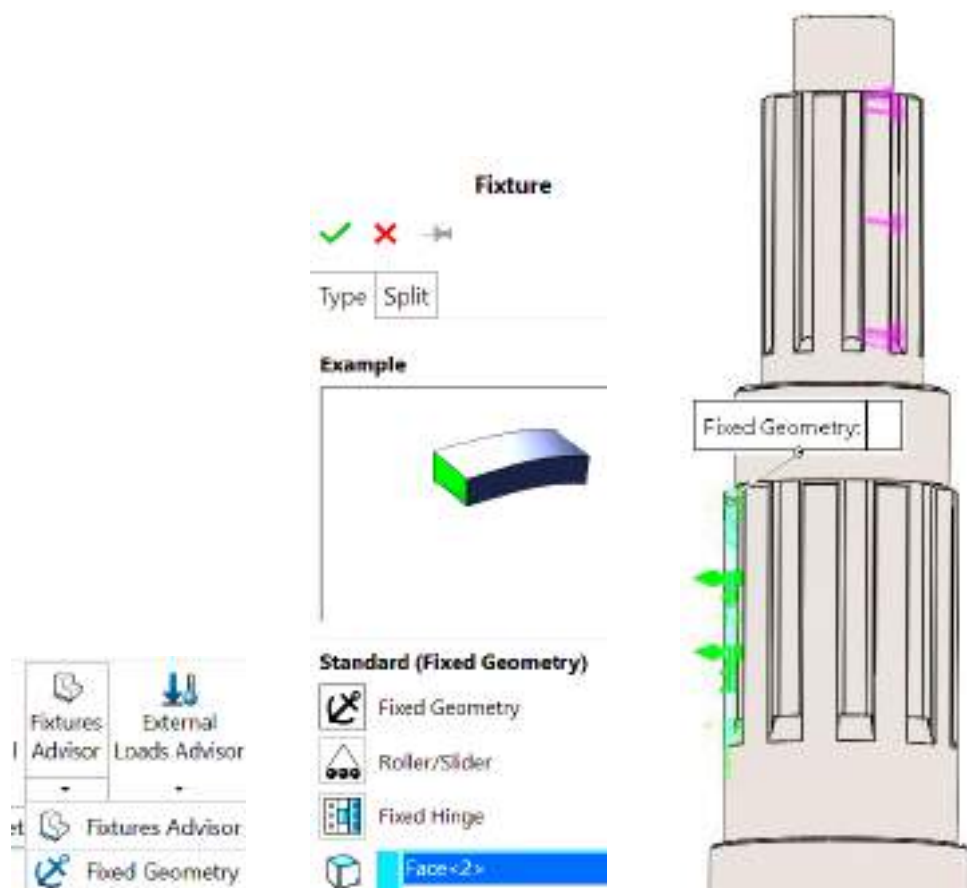
Material Properties	
Model Reference	Properties
	Name: 1.7320 (20MoCr3)
	Model type: Linear Elastic Isotropic
	Default failure criterion: Max von Mises Stress
	Yield strength: 2,95594e+08 N/m ²
	Tensile strength: 9,00826e+08 N/m ²
	Elastic modulus: 2,1e+11 N/m ²
	Poisson's ratio: 0,28
	Mass density: 7 800 kg/m ³
	Shear modulus: 7,9e+10 N/m ²
	Thermal expansion coefficient: 1,1e-05 /Kelvin

Рисунок 4.3 – Призначення властивостей матеріалу веденого валу після відновлення

4.2.2 Вибір кріплення веденого валу

Для фіксування веденого валу на вкладці SolidWorks Simulation Консультант по кріпленням обираємо *Фіксована геометрія* (рис. 4.4) і вказуємо поверхню шліца, який передає навантаження шестерні I передачі (рис. 3.2).



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Рисунок 4.4 – Вибір методу кріплення веденого валу

4.2.3 Прикладення навантажень до веденого валу

На вкладці *Консультант по зовнішнім навантаженням* обираємо *Сила* (рис. 4.5) і вказуємо їх величину і напрямок.

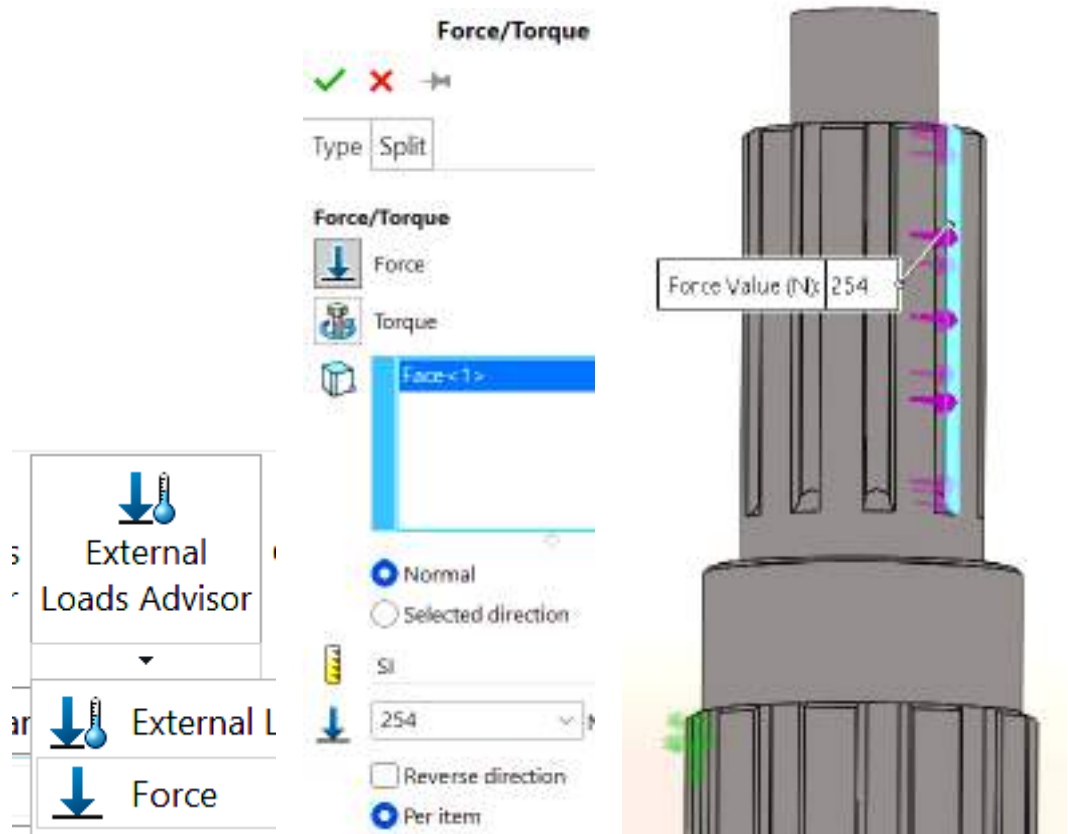


Рисунок 4.5 – Прикладення навантаження до веденого валу

Результуючі сили та моменти, діючі на 3D-модель веденого валу, наведені на рис. 4.6.

Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	205,474	149,294	0,00871944	253,985
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-2		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 254 N

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	205,474	149,294	0,00871944	253,985

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

Free body forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0,124225	0,00698807	-0,023611	0,126642

Free body moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	1e-33

Рисунок 4.6 – Результуючі сили та моменти, діючі на 3D-модель веденого валу

4.2.4 Створення сітки скінченних елементів 3D-моделі веденого валу

Наступним етапом дослідження є процес, у якому програмне забезпечення розбиває просторову 3D-модель проміжного валу на велику кількість дрібних елементів простої геометричної форми – так званих СЕ, що поєднуються між собою у вузлових точках. Під час такого поділу програма для СЕ-аналізу інтерпретує модель не як суцільний об'єкт, а як дискретну сітку, тобто мережу пов'язаних між собою елементів, котрі взаємодіють відповідно до заданих матеріальних та геометричних характеристик. МСЕ прогнозує механічну поведінку проміжного валу шляхом узагальнення та порівняння інформації,

отриманої від кожного окремого елемента, що дозволяє визначити напруження, деформації й інші важливі параметри конструкції.

Формування сітки SE є одним з найважливіших етапів аналізу конструкції проміжного валу, оскільки саме якість сітки визначає точність розрахунків. Її побудова ґрунтується на виборі певного розміру елемента, допустимого відхилення та параметрів локального керування сіткою. Такі параметри дають можливість встановлювати різні розміри елементів для ребер, граней або окремих ділянок моделі, що дозволяє більш точно описати складні геометричні області. Розмір елементів програма визначає автоматично з урахуванням об'єму моделі, площі поверхонь, характерних радіусів кривизни та інших геометричних показників.

Кінцевий розмір сітки, тобто кількість вузлів і SE, безпосередньо залежить від габаритів і форми моделі, характеристик контактної взаємодії, обраного допуску сітки та заданих параметрів її контролю. На ранніх етапах моделювання, коли необхідно отримати приблизне уявлення про поведінку конструкції або швидко перевірити кілька варіантів, зазвичай застосовують більший розмір елемента. Це дозволяє суттєво зменшити обчислювальні витрати та пришвидшити процес розрахунку, хоча і з певною втратою точності. У подальших і більш детальних розрахунках сітку уточнюють, зменшуючи розмір елементів у критичних зонах, що дає можливість отримати достовірніші результати та краще оцінити реальну поведінку проміжного валу під навантаженням.

Запускаємо *Створення сітки* (рис. 4.7), яка необхідна для розбиття поверхні 3D-моделі веденого валу на маленькі ділянки для отримання результатів силового розрахунку.

Параметри сітки та її відображення на 3D-моделі веденого валу наведені на рис. 4.8.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

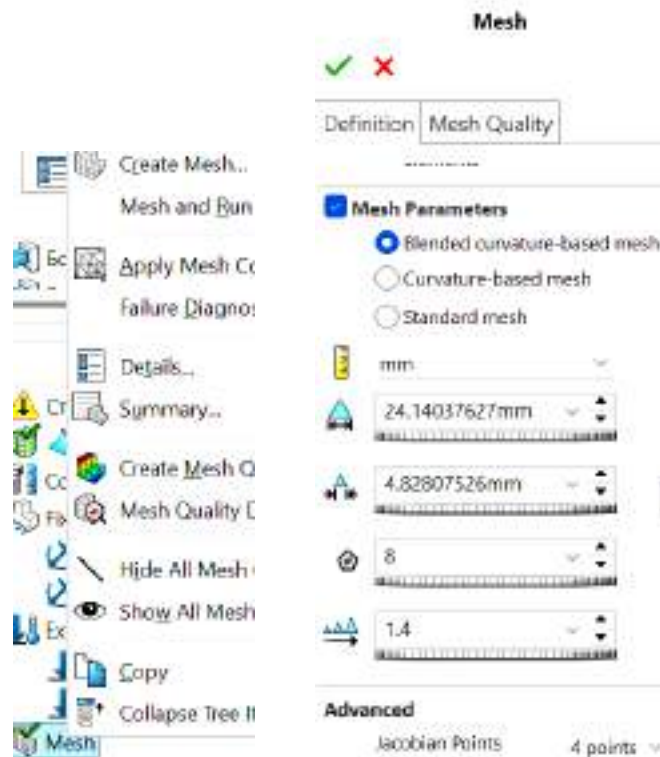


Рисунок 4.7 – Методика розділення 3D-моделі веденого валу на СЕ

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Blended curvature-based mesh
Jacobian points for High quality mesh	4 Points
Maximum element size	24,1404 mm
Minimum element size	4,82808 mm
Mesh Quality	High

Mesh Information - Details

Total Nodes	144101
Total Elements	96776
Maximum Aspect Ratio	1 160,2
% of elements with Aspect Ratio < 3	90,9
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	1,83
Percentage of distorted elements	0,391
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:11
Computer name:	



а

б

Рисунок 4.8 – Параметри сітки (а), її відображення на 3D-моделі веденого валу (б)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.2.5 Розрахунок напружено-деформованого стану веденого валу

Для розрахунку НДС веденого валу в інструменті Запустити це дослідження вибираємо відповідну вкладку (рис. 4.9).

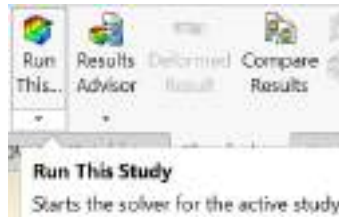


Рисунок 4.9 – Запуск розрахунку НДС веденого валу

Для відображення min та max значень досліджуваних міцнісних параметрів веденого валу вибираємо Show min annotation Show max annotation (рис. 4.10).

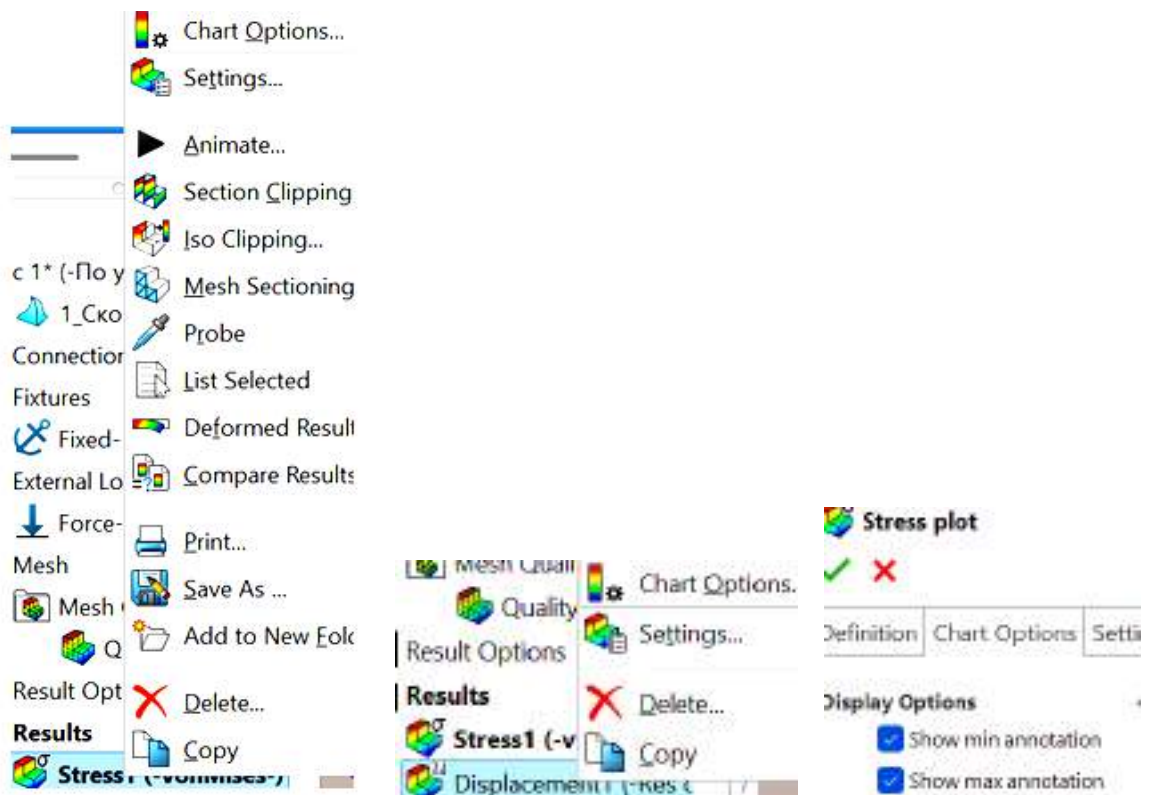


Рисунок 4.10 – Методика вибору відображення max та min значень досліджуваних параметрів 3D-моделі веденого валу

Аналіз результатів розрахунків, виконаних у середовищі SWS, дав змогу виявити ділянки 3D-моделі проміжного валу, в яких під дією зовнішніх силових навантажень формуються максимальні та мінімальні значення внутрішніх напружень. У процесі розрахунку програмний модуль детально моделює розподіл напружено-деформованого стану по всій геометрії валу, що дозволяє точно визначити зони потенційного перевантаження, а також області, де матеріал зазнає мінімального впливу.

Після завершення статичного аналізу система генерує комплекс графічних і числових результатів, серед яких — епюри напружень, переміщень, деформацій та коефіцієнта запасу міцності. Кожна з цих епюр забезпечує наочне уявлення про те, яким чином змінюються відповідні параметри в різних точках моделі, дозволяючи інженеру оцінити стан елемента як в цілому, так і в окремих локальних зонах.

Отримані дані дали змогу встановити, що для проміжного валу максимальні значення напружень і переміщень формуються в тих частинах конструкції, які зазнають найбільшого згинального або крутного впливу. Зазвичай це ділянки поблизу переходів з однієї товщини на іншу, місця різких змін перерізу або зони, де прикладені найбільші зовнішні сили. Мінімальні ж напруження спостерігаються в рівномірних і геометрично стабільних частинах валу, де навантаження розподіляється більш рівномірно. Таким чином, для проміжного валу максимальні:

– вузлові напруження Von Mises складають 126,4 МПа (рис. 4.11),

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Type	Min	Max
VON: von Mises Stress	3,191e-07N/mm ² (MPa) Node: 129657	1,264e+02N/mm ² (MPa) Node: 50824

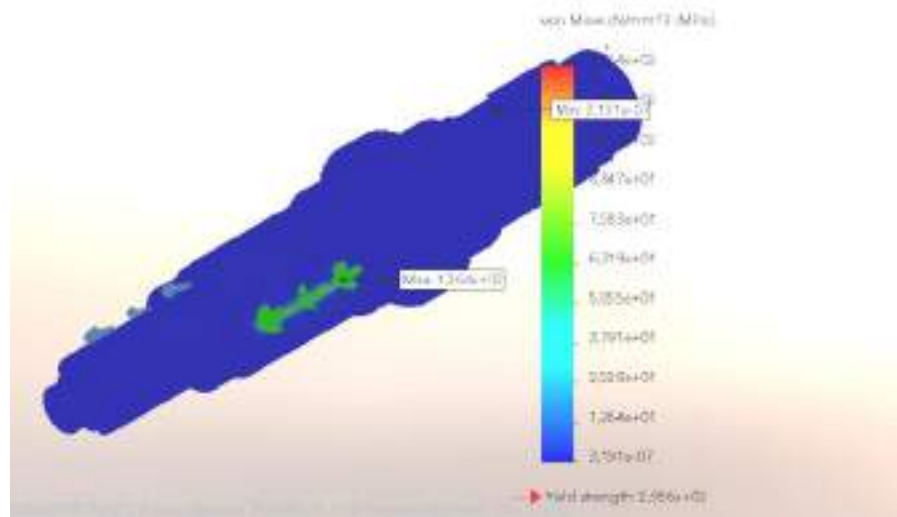


Рисунок 4.11 – Результати розрахунку і контурний графік сумарних напружень von Mises 3D-моделі проміжного валу

– переміщення URES складають 0,07994 мм (рис. 4.12),

Type	Min	Max
URES: Resultant Displacement	0,000e+00mm Node: 1347	7,994e-02mm Node: 35308

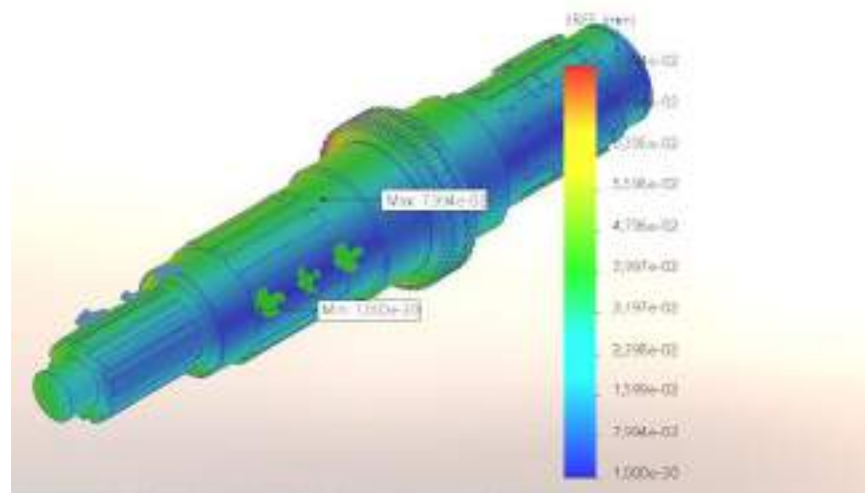


Рисунок 4.12 – Результати розрахунку і контурний графік сумарних переміщень URES 3D-моделі проміжного валу

– деформації ESTRN складають 0,0002941 мм (рис. 4.13), тобто не перевищують допустимих значень.

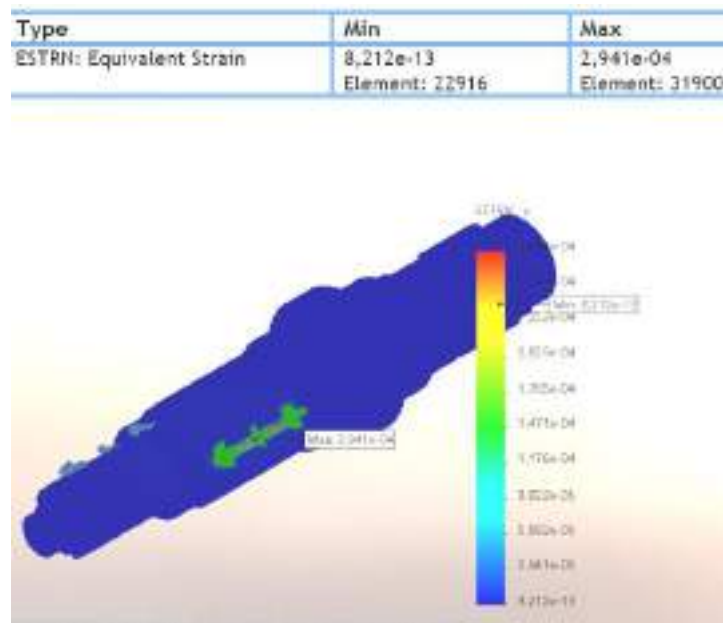


Рисунок 4.13 – Результати розрахунку і контурний графік сумарних деформацій ESTRN 3D-моделі проміжного валу

Так як міні коефіцієнт запасу міцності проміжного валу становить $n_{min} = 2,339$ (рис.4.14), що більше допустимого $[n_{min}] = 1,5$, то розрахунки гарантують його статичну міцність.

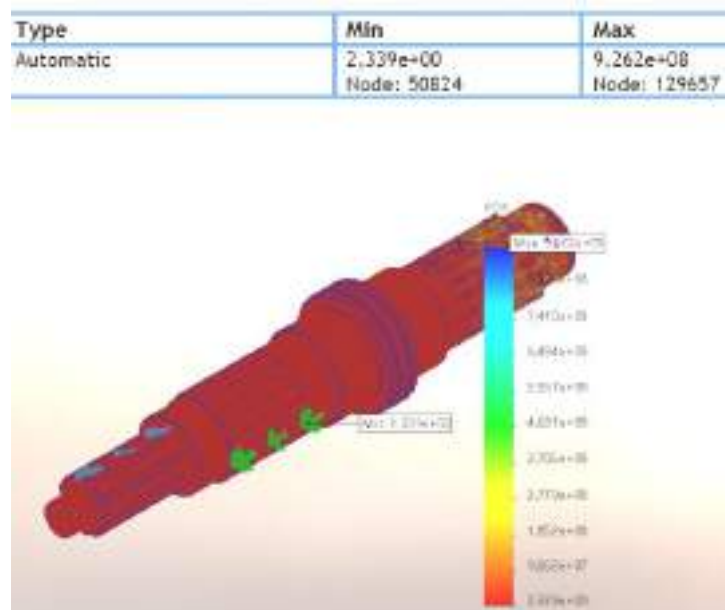


Рисунок 4.14 – Результати розрахунку і контурний графік запасу міцності 3D-моделі проміжного валу

Таким чином, результати аналізу не лише підтверджують правильність геометричного проектування, а й дозволяють сформулювати рекомендації щодо можливого підсилення слабких ділянок, оптимізації форми або матеріалу, що підвищує надійність та довговічність проміжного валу в реальних умовах експлуатації.

Для створення звіту розрахунків вибраний параметр Report SW (рис. 4.15).



Рисунок 4.15 – Створення звіту розрахунків

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Командно-штабний всюдихід, створений на базі шасі КАМАЗ-43118, призначений для оперативного розгортання штабних структур, організації процесів управління та забезпечення стійкого зв'язку у надзвичайних ситуаціях, під час проведення військових операцій. Його простої, викликані відмовами КПП, характеризуються зносом веденого валу, що призводить до необхідності його відновлення.

Тому метою та завданням роботи ставилось:

1. Навести загальні відомості та основні технічні характеристики командно-штабного всюдиходу на шасі КамАЗ-43118.
2. Представити будову, технічні характеристики, несправності та описати ремонт КПП КамАЗ-43118.
3. Розробити технологічний процес відновлення веденого валу коробки передач всюдиходу.
4. Застосувати SolidWorks Simulation для дослідження працездатності відновленого веденого валу коробки передач всюдиходу.

Перед відновленням ведений вал та промивають у розчині миючого засобу МС-8 з концентрацією 20 г/л при температурі $t = (75-85)^\circ\text{C}$ протягом $\tau = 4,60$ хв.. Для проведення роботи використовують спеціалізовану мийну машину ОМ-5288м.

З урахуванням нормативних вимог, санітарних стандартів та екологічних критеріїв прийнята наступна технологія відновлення, яка забезпечує мінімальний негативний вплив на довкілля та створює безпечні умови для працівників без втрати якості виконання ремонтних робіт:

015 відновлення шліців шляхом дугового наплавлення:

- універсальна установка РМ-15.WeldIn (перед наплавленням вал підігривають полум'ям газового пальника до $t = (230-240)^\circ\text{C}$;
- зварний стальний дріт ER70S-6 діаметром $\varnothing 1,20$ мм;
- флюс АН-348АП;

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- товщина шару, що наплавляється за один прохід, $h = 2,0$ мм;
- силу струму $I_{св} = 140$ А;
- напруга $U = 26,6$ В;
- коефіцієнт наплавлення $K_H = 6,85$ г/А*год.;
- швидкість наплавлення $V_H = 7,85$ м/год.;
- площа поперечного перерізу валика, що наплавляється, $F = 0,20$ см²;
- частота обертання веденого валу $n = 1,39$ хв⁻¹;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{пр} = 50,0$ м/год.
- щільність металу шва $\gamma = 6,11$ г/см³;
- виліт електроду $H = 20,0$ мм;
- крок наплавлення $S = 4,0$ мм;
- зміщення електроду $l = 1,50$ мм;
- основний час наплавлення $T_o = 100,72$ хв.

020 Термічна обробка (нормалізація):

- піч для відпуску СНО-5.10.5/10;
- нагрівання заготовки до температури аустенізації $t = 920$ °С;
- витримка заготовки при цій температурі протягом $\tau = 35,0$ хв.;
- охолодження заготовки на повітрі протягом $\tau = 45,0$ хв.;
- трудомісткість операції $\tau = 80,0$ хв..

025 Токарна обробка:

- універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20;
- глибина різання $h = 2,0$ мм;
- основний час на чистову обробку $T_{очис} = 2,80$ хв.;
- основний час на чорнову обробку $T_{очор} = 0,28$ хв.;

030 Фрезерна обробка:

- верстат моделі ЕЗ-218;
- подачі на один зуб фрези при чистовому фрезеруванні $S_{Zчис} = 0,05$ мм/зуб;
- подачі на один зуб фрези при чорновому фрезеруванні $S_{Zчор} = 0,25$ мм/зуб;
- хвилинної подачі при чистовому фрезеруванні $S_{Mчис} = 30$ мм/хв.;
- хвилинної подачі при чорновому фрезеруванні $S_{Mчор} = 250,0$ мм/хв.;
- основного часу при чистовому фрезеруванні $T_o = 3,80$ хв.;

					КВРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– при чорновому фрезеруванні $T_0 = 0,45$ хв.

035 Зміцнювальне накочування:

– універсальний модернізований токарно-гвинторізний верстат 16К20;

– подовжнього переміщення установки $v_{пр} = 2000,0$ мм/хв. ;

– поперечного переміщення установки $v_{поп} = 1000,0$ мм/хв. ;

– накат кульки здійснюється через кожні 0,25 мм;

– число подовжніх проходів $i = 20$;

– основний час зміцнюючого накочення $T_0 = 22,10$ хв..

Вибране устаткування та пристосування для відновлення веденого валу на ділянці (ручний візок для довгомірних вантажів РПТ-008Д-125М, ділильна головка УРГ-400, гідронасос RXP108), різальний та допоміжний інструмент.

За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання відновленого веденого валу коробки передач всюдиходу. Встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності відновленого веденого валу більший допустимого, що гарантує його працездатність.

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Всюдихідний командно-штабний автомобіль на шасі КамАЗ-43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wll.kz/images/PDF-list/Vezdehodnyj%20komandno-shtabnoj%20avtomobil%20na%20shassi%20KAMAZ-43118.pdf>
2. Всюдихідний командно-штабний автомобіль на шасі КамАЗ-43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wll.kz/vezdehodnyj-komandno-shtabnoj-avtomobil-na-shassi-kamaz-43118>
3. Обґрунтування технічних вимог до пунктів управління артилерії тактичного рівня [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewi7y8uPo86PAxX-1vACHdKoLuU4ChAWegQIMRAB&url=https%3A%2F%2Fpaperssds.eu%2Findex.php%2FJSPSDS%2Farticle%2Fdownload%2F600%2F721%2F&usg=AOvVaw0IMVNzM6gIGP6nel4tveCP&opi=89978449>
4. Командно-штабний комплекс з причепом МНС на шасі КамАЗ 43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.avto-master.com/catalog/4/32911>
5. Автомобілі пожежні спеціальні / Автомобілі аеродромні пожежні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pkpm.com.ua/uk/production/aa-40-43118-269-01>
6. КамАЗ 43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/КАМАЗ_43118
7. Технічні характеристики КамАЗ-43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gruzovik.biz/articles/tekhnicheskie-kharakteristiki-kamaz-43118>
8. Бортовий автомобіль КамАЗ-43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamaz.kz/avto/bortovoy/43118>
9. Шасі автомобільне КамАЗ 43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrtruck.ua/product/shasi-avtomobilne-kamaz-43118>

					КвРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Шасі КамАЗ 43118: технічні характеристики, доопрацювання, техніка на шасі КамАЗ 43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://chmz.org/elementy-tehniki/shassi/kamaz-43118>

11. Будова і ремонт КПП КамАЗ з дільником [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gruzovik.biz/articles/ustroystvo-i-remont-kpp-kamaz-s-delitelem>

12. Довідник фахівця КамАЗ-43118 (6х6) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamaz.kz/inform/spravochnik/43118>

13. Бортовий КамАЗ-43118-46 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamazeuro.kz/trucks/kamaz-43118-46>

14. Коробка передач з дільником на КамАЗ 43118 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kamteh.ua/korobka-peredach-s-delitelem/model-43118>

15. Шасі КамАЗ-43118 (6х6) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avto.kamazkamaz.kz/1/shassi/43118>

16. Схема і способи зміни передач КПП автомобіля КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://b2b.rumotors.com/useful/review/shema-i-sposoby-smeny-peredach-kpp-avtomobilya-kamaz>

17. Поширені несправності коробок передач ZF на автомобілях КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avtoalfa.com/stati/rasprostranennyye-neispravnosti-korobok-peredach-zf-na-avtomobilyah-kamaz>

18. Німецькі КПП ZF на вантажних автомобілях КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://miniteh.com/articles/Informaciya/Nemeckie-KPP-ZF-na-gruzovyh-avtomobilyah-Kamaz>

19. Знімання та установка коробки передач автомобіля КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://37avto.com/trucknews/snyatie-i-ustanovka-korobki-peredach-avtomobilya-kamaz>

20. Ремонт КПП КамАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://remkpp.com/kamaz>

21. 20X [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mmetallurg.ru/marochnik-stali/konstrukzionnaya/uglerodistaya-obyiknovennaya/20x/>

					КВРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22. Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови. ДСТУ 7806:2015. Видання офіційне. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 50 с. – Режим доступу: <http://dkzdnep.com/wp-content/uploads/2019/06/DSTU-7806-2015.pdf>

23. Продукція зі сталі 20Х [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stalmaximum.ru/stali-nizkolegirovannye/stal-20kh>

24. Вал вторинний КПП КАМАЗ 14.1701105 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://detalion.in.ua/ua/p1151537375-val-vtorichnyj-kpp.html?srsId=AfmBOore3TrsU2U1m6JqSG17jEVagIHcAzFyAQeRn3hayKeapbME0хра>

25. Установки для електродугової наплавки і зварювання, а також для нагріву наплавлюваних деталей [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://weldtech-group.com/ukr/rm_15

26. Промислова Піч СНО-5.10.5/10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bortek.ua/ua/promyshlennyye-ehlektropechi/kamernyye-pechi/industrial-furnace>

27. Універсальний зубофрезерний верстат ЕЗ-218 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mzno.ru/products/25-zubofrezernyye-stanki/84-universalnyy-zubofrezernyy-standok-ez208.html>

28. Зварювальний обміднений дріт ПАТОН™ ER70S-6 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://paton.ua/svarochnaya-provoloka/omednennaya-provoloka/?srsId=AfmBOorfucx8BgVcrC2RW9-fejdmAO-cGu0jpi-LRaqwQKXtEQvqlj2C>

29. Зварювальний флюс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pte.kz/chto-takoe-svarochnyyi-flyus>

30. SolidWorks – світовий стандарт автоматизованого проектування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://commit.name/index.php?MainShowID=104>

					КВРМТВА 024348.01.22.ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		