

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Відновлення ведучого валу КПП повнопривідного автомобіля

Рівень вищої освіти бакалавр
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
Освітня програма «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр КРБМТВА 2522161.000 ПЗ

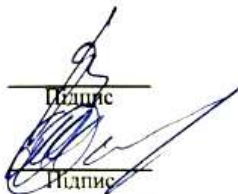
Виконав студент 3-го курсу
група МТВАс 22-2
Шифр



Підпис

Андрій ШИЯН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


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



Підпис

Олександр РУДИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис

Олег МАКОВКІН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ
Назва

Олександр ДИХА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 10.06.25

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

Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст
Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
Спеціальність: 132 «Матеріалознавство»
Спеціалізація: «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою ТАМ
Диха О.В.
" 20 " 02 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шияну Андрію Вікторовичу
Прізвище, ім'я, по батькові

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

Керівник роботи: Рудик Олександр Юхимович к.т.н., доцент
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 7.02.2025 р. № 23 (Д 14)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту:

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

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

- 1. Загальні відомості та технічна характеристика повнопривідного вантажного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11*
- 2. Загальні відомості, діагностика дефектів і ремонт коробки передач вантажного фургону ГАЗ-66-11*
- 3. Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал ведучого валу КПП фургона ГАЗ-66-11*
- 4. Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП фургона ГАЗ-66-11*

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

– графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання ----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	20.05.2025	вик.
2	<i>Технологічний розділ</i>	25.05.2025	вик.
3	<i>Конструкторський розділ</i>	30.05.2025	вик.
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	2.06.2025	вик.
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	5.06.2025	вик.
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	9.06.2025	вик.
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	10.06.2025	вик.

Студент


Підпис

Андрій ШИЯН
Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Олександр РУДИК
Ім'я, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 70 сторінок, кількість рисунків – 17, таблиць – 22, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 40.

Студент гр. МТВАс-22-2 Шиян А.В.

Тема «Відновлення ведучого валу КПП повнопривідного автомобіля».

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП повнопривідного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11. У кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

- навести загальні відомості та технічну характеристику вантажного автомобіля ГАЗ-66-11 як транспортної машини для причіпної артилерії та реактивної системи залпового вогню ЗСУ;

- описати загальну характеристику, умови роботи та зношування ведучого валу коробки передач, а також аналіз причин виходу його з ладу;





- проаналізувати вимоги до матеріалу ведучого валу, представити його хімічний склад та обрати параметри термічної обробки;

- спроектувати технологічний процес відновлення ведучого валу коробки передач і скласти відповідні операційні карти.

Перелік ключових слів: ГАЗ-66-11, КПП, ВЕДУЧИЙ ВАЛ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ВІДНОВЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВІБРОДУГОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ, ХРОМУВАННЯ, ЗАЛІЗНЕННЯ.

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Загальні відомості та технічна характеристика повнопривідного вантажного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11	11
2 Загальні відомості, діагностика дефектів і ремонт коробки передач вантажного фургону ГАЗ-66-11	17
2.1 Загальні відомості про КПП ГАЗ-66-11	17
2.2 Як правильно перемикаєти передачі КПП ГАЗ-66-11	20
2.3 Рекомендації з експлуатації та обслуговування КПП ГАЗ-66-11	21
2.4 Аналіз дефектів КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення	21
2.4.1 Демонтаж КПП	25
2.4.2 Складання механізмів КПП.....	26
2.4.3 Контрольні замірювання деталей КПП.....	31
3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал ведучого валу КПП фургону ГАЗ-66-11	33
3.1 Ведучий вал КПП – загальна характеристика, умови роботи та зношування.....	33
3.2 Аналіз причин виходу з ладу ведучого валу КПП	34

КРБМТВА 2522161.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Шиян		
Перевір.		Рудик		
Н. Контр.		Маковкін		
Затверд.		Диха		
Відновлення ведучого валу КПП повнопривідного автомобіля			Літ.	Арк.
			4	70
ХНУгр.МТВАс-22-2				

Зміст

Анотація	6
Abstract	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ	9
1 Загальні відомості та технічна характеристика повнопривідного вантажного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11	11
2 Загальні відомості, діагностика дефектів і ремонт коробки передач вантажного фургону ГАЗ-66-11	17
2.1 Загальні відомості про КПП ГАЗ-66-11	17
2.2 Як правильно перемикаєти передачі КПП ГАЗ-66-11	20
2.3 Рекомендації з експлуатації та обслуговування КПП ГАЗ-66-11	21
2.4 Аналіз дефектів КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення	21
2.4.1 Демонтаж КПП	25
2.4.2 Складання механізмів КПП.....	26
2.4.3 Контрольні замірювання деталей КПП.....	31
3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал ведучого валу КПП фургону ГАЗ-66-11	33
3.1 Ведучий вал КПП – загальна характеристика, умови роботи та зношування.....	33
3.2 Аналіз причин виходу з ладу ведучого валу КПП	34

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Відновлення ведучого валу КПП повнопривідного автомобіля	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Шиян						4	70
Перевір.	Рудик							
Н. Контр.	Маковкін					ХНУГр.МТВАс-22-2		
Затверд.	Диха							

3.3 Вибір матеріалу ведучого валу КПП	35
3.3.1 Вимоги до матеріалів деталей високонавантажених вузлів	35
3.3.2 Хімічний склад, функції легуючих елементів, термічна обробка сталі 40ХНМА	37
3.3.3 Технологія антифлюкенового відпалу для сталі 40ХНМА	39
3.3.3.1 Подальша термічна обробка після антифлюкенового відпалу	40
3.3.3.2 Розрахунок параметрів термічного циклу гартування	42
3.3.3.3 Гартування та відпуск первинного валу зі сталі 40ХНМА..	43

4 Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП

фургону ГАЗ-66-11.....	45
4.1 Дефектування ведучого валу КПП та складання маршруту його відновлення.....	45
4.2 Можливі методи відновлення ведучого валу КПП	46
4.2.1 Вібродугове наплавлення ведучого валу	46
4.2.2 Гальванічні покриття ведучого валу	47
4.2.2.1 Хромування ведучого валу.....	47
4.2.2.2 Залізнєння ведучого валу	47
4.2.3 Шліфування поверхонь ведучого валу після відновлення.....	48
4.3 Проектування технологічного процесу відновлення ведучого валу	48
4.4 Структурна послідовність відновлення ведучого валу КПП	50
4.5 Вибір обладнання для операцій ТП відновлення ведучого валу	52
4.6 Розрахунок операцій ТП відновлення ведучого валу	53
Висновки.....	64
Список використаних джерел	66
Додатки	71

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотація

Наведені загальні відомості та технічна характеристика повнопривідного вантажного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11, представлені діагностика дефектів і ремонт його коробки передач. Описана загальна характеристика, умови роботи та зношування ведучого валу коробки передач, а також аналіз причин виходу його з ладу.

Проаналізовані вимоги до матеріалів деталей коробок передач; представлено хімічний склад, функції легуючих елементів, термічна обробка сталі 40ХНМА та розроблена технологія її антифлюксового відпалу і гартування та відпуску.

Проведене дефектування ведучого валу коробки передач та складання маршруту його відновлення. Досліджені методи відновлення ведучого валу та спроектований відповідний технологічний процес: вибране обладнання, розраховані режими механічної обробки нанесених покриттів, визначені технічні норми часу на їх виконання та складені операційні карти.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

General information and technical characteristics of the all-wheel drive off-road truck GAZ-66-11 are given, diagnostics of defects and repair of its gearbox are presented. General characteristics, operating conditions and wear of the gearbox drive shaft are described, as well as an analysis of the causes of its failure.

The requirements for materials of gearbox parts are analyzed; the chemical composition, functions of alloying elements, heat treatment of 40KhNMA steel are presented, and the technology of its anti-flock annealing, quenching and tempering is developed.

The gearbox drive shaft was fault-tracing and a route for its restoration was drawn up. Methods for restoring the drive shaft were studied and the corresponding technological process was designed: equipment was selected, the mechanical processing modes of the applied coatings were calculated, technical time standards for their implementation were determined and operational maps were drawn up.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

КПП – коробка перемикачів передач.
ЗСУ – збройні сили України.
ТТХ – тактико-технічні характеристики.
ТЗ – транспортний засіб.
ТО – технічне обслуговування.
ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.
Термо – термічна обробка.
ТП – технологічний процес.
ТУ – технічні умови.
КР – капітальний ремонт.
С – вуглець.
Fe – залізо.
Cr – хром.
Ni – нікель.
Mo – молибден.
Mn – марганець.
S – сірка.
P – фосфор.
H₂ – водень.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Повнопривідний автомобіль підвищеної прохідності ГАЗ-66-11 був спеціально сконструйований для експлуатації у важкодоступних і складних умовах місцевості. Велика кількість даних вантажівок використовується у ЗСУ, як транспортна машина для причіпної артилерії та реактивної системи залпового вогню. Усі вузли та агрегати вантажного фургону ГАЗ-66-11 не зможуть функціонувати без коробки передач, яка деколи виходить з ладу внаслідок зношування його ведучого валу. Тому необхідно спроектувати технологічний процес його відновлення.

Мета кваліфікаційної роботи:

- спроектувати технологічний процес відновлення ведучого валу коробки передач повнопривідного автомобіля ГАЗ-66-11;
- вибрати обладнання, розрахувати режими механічної обробки нанесених покриттів, визначити технічні норми часу на їх виконання і скласти відповідні операційні карти.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- навести загальні відомості та технічну характеристику вантажного автомобіля ГАЗ-66-11 як транспортної машини для причіпної артилерії та реактивної системи залпового вогню ЗСУ;
- навести загальну характеристику, описати умови роботи та зношування ведучого валу коробки передач, а також аналіз причин виходу його з ладу;
- проаналізувати вимоги до матеріалу ведучого валу, представити його хімічний склад та обрати параметри термічної обробки;
- спроектувати технологічний процес відновлення ведучого валу коробки передач і скласти відповідні операційні карти.

Новизна роботи: розроблений технологічний процес відновлення ведучого валу коробки передач повнопривідного автомобіля ГАЗ-66-11, як транспортної машини для причіпної артилерії та реактивної системи залпового вогню ЗСУ.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці: розроблений технологічний процес може бути рекомендований для відновлення аналогічних деталей, схильних до інтенсивного зношування.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Загальні відомості та технічна характеристика повнопривідного вантажного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11

Автомобіль підвищеної прохідності ГАЗ-66-11 (рис. 1.1) був спеціально сконструйований для експлуатації у важкодоступних і складних умовах місцевості. Він обладнаний механічною КПП з 4-ма ступенями, що забезпечує ефективну передачу сил від ДВЗ до коліс. Завдяки своїм технічним характеристикам, автомобіль легко долає круті підйоми, пагорби та нерівності рельєфу [1].

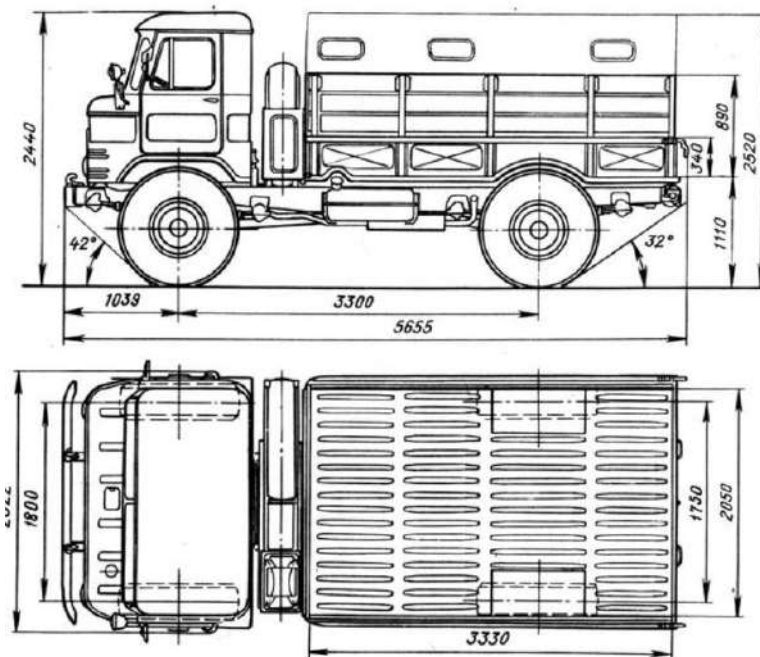


Рисунок 1.1 – Вантажний фургон підвищеної прохідності ГАЗ-66-11

Під час руху по дорогах з твердим покриттям водій має можливість відключати передній міст, що дозволяє зменшити витрату пального і продовжити ресурс агрегатів. Це робить машину економічною в умовах шосейного руху.

Для підвищення автономності ГАЗ-66-11 оснащується 2-ма паливними баками об'ємом по 105 л кожен. У теорії, це дозволяє подолати дистанцію до 800 км при середній швидкості 25 км/год. Однак, у реальних умовах експлуатації,

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливо при русі по бездоріжжю або в гірській місцевості, фактична дальність пробігу може бути значно меншою [1-4].

Автомобіль зарекомендував себе як потужний, витривалий та високонадійний транспортний засіб. Його вантажопідйомність складає до 2 т і навіть при повному навантаженні він упевнено рухається бездоріжжям, не втрачаючи прохідності, яка забезпечується низкою інженерних рішень [1]:

- автоматичне блокування диференціалів як переднього, так і заднього моста;
- великі кліренси;
- регулювання тиску в шинах з кабіни та оригінальна конструкція колісних дисків;
- для підкачування шин передбачено спеціальне обладнання, що працює від двигуна автомобіля.

Пуск двигуна полегшує система підігріву, яка дозволяє запускати мотор навіть у холодну пору року. Гальмівна система ГАЗ-66-11 розділена на 2 частини: основна — це гідравлічна система з вакуумним підсилювачем, яка працює під час руху, а стоянкове гальмо — це барабанний механізм, який взаємодіє з трансмісією. Рульове керування доповнене гідравлічним підсилювачем, що суттєво зменшує зусилля при поворотах, особливо в умовах бездоріжжя [1].

Самоскид ГАЗ-66-11 є вантажним автомобілем підвищеної прохідності з колісною формулою 4×4 [2]. Високі показники прохідності автомобіля забезпечуються завдяки застосуванню самоблокувальних міжосьових та міжколісних диференціалів.

Автомобіль комплектується бензиновим карбюраторним двигуном, оснащеним передпусковим підігрівачем типу ПЖБ-12, який забезпечує надійний запуск двигуна при низьких температурах. Розміщення кабіни над ДВЗ дозволило суттєво зменшити загальні габаритні розміри ТЗ та забезпечити оптимальне розташування центру ваги. Така компоновка сприяє стабільному приземленню вантажівки при десантуванні на парашутних платформах, що було важливо для використання у військово-десантних підрозділах [2].

Технічні характеристики автомобіля ГАЗ-66-11 наведені у табл. 1.1.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики автомобіля ГАЗ-66-11

Тип	Двовісний вантажний автомобіль
Вантажопідйомність	4 000,0 кг
Дозволена максимальна маса	5940,0 кг
Довжина	5806,0 мм (з лебідкою)
Ширина	2322,0 мм
Висота по тенту без навантаження	2520,0 мм
Висота по кабіні з повною масою	2490,0 мм
Колісна база	3300,0 мм
Дорожній просвіт	315,0 мм
Колія передніх коліс	1800,0 мм
Колія задніх коліс	1750,0 мм
Радіус повороту	9,50 м
Глибина подоланого броду (по дну)	0,80 м
Двигун	ЗМЗ-66-06 8-циліндровий 4-тактний, з рідинним охолодженням
Робочий об'єм	4254,0 см ³
Потужність	120,0 к. с.
КПП	механічна 4-ступінчаста з синхронізаторами на 3-ій і 4-ій передачах
Роздавальна коробка	зі знижуючою передачею і переднім мостом, що відключається
Привід	задній або повний
Колеса	спеціальні з роз'ємним ободком і бортовим кільцем 8,00-18; шини 12,00-18
Тиск в шинах	0,5-3,0 кг/см ²
Максимальна швидкість з повною масою	90,0 км/год.
Місткість паливних баків	210,0 л
Контрольна витрата палива, л/100 км при швидкості 60 км/год.	20,0
Марка палива	бензин А-72, А - 76, АИ-80
Місткість АКБ	75 А*год.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

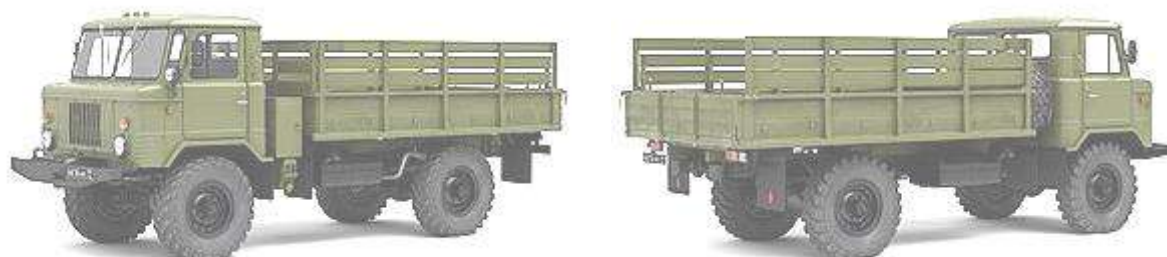
Серед особливостей конструкції ГАЗ-66-11 також варто відзначити специфічне розміщення органів керування, зокрема, важіль перемикачів передач, який розташований праворуч і позаду відносно водія, що потребує звикання при експлуатації.

ГАЗ-66-11 розрахований на експлуатацію при температурі навколишнього повітря від + 50 до - 45 °С. Автомобіль може буксирувати причіп, що має зчіпний пристрій.

Модифікації вантажівки ГАЗ-66 з підвищеною стійкістю і потужністю наступні [1]:

- 01 – облаштований системою регуляції тиску в колесах;
- 02 – обладнаний армійською лебідкою і системою регулювання тиску в шинах;
- 04 – присутній електронне управління з екраном;
- 15 – є все вищеперераховане та армійська лебідка;
- 11 – вважається базовою класичною моделлю;
- 40 – обладнаний турбодизельним двигуном;
- 31 – встановлені самоскидні шасі;
- 41 – встановлено безнадувний дизельний двигун;
- 40 – встановлено турбодизель ГАЗ-5441;
- 92 – зроблений спеціально для північних регіонів країни; 96 – обладнані автобусні шасі.

Велика кількість даних вантажівок використовується у ЗСУ (рис. 1.2). Основні ТТХ артилерійського озброєння – штатний тягач (транспортна машина для причіпної артилерії – табл. 1.2) – ГАЗ-66-11 [5-7].



					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Автомобіль підвищеної прохідності ГАЗ-66-11

Таблиця 1.2 – Основні ТТХ артилерійського озброєння для причіпної артилерії

Система, індекс, шифр, ТТХ	120-мм 2Б16 «Нона-Б»
І	4
Рік прийняття на озброєння	1986
Максимальна дальність стрільби ОФС, м (індекс снаряда)	8 500 (ОФ-49)
АРС, м (індекс снаряда)	12 000 (ОФ-50) 7 200 (ОФ-34)
Дальність прямого пострілу, м	1 000 (БК-14)
Початкова швидкість снаряда, м/с	361
Кути ГН, град.	30
Кути ВН, град.	-10-(+80)
Маса системи в БП, кг	1 200
Маса ОФ снаряда, кг	20,5
Швидкострільність, постр/хв	8
Час переведення із ПП у БП, хв	1,5-2,0
Обслуга, осіб	5
Швидкість по шосе, км/год	80
Боекомплект, шт	80
Штатний тягач	ГАЗ-66

На рис. 1.3 наведена реактивна система залпового вогню БМ-21В на базі ГАЗ-66-11:

- кабіна з брезентовим тентом, знімними боковинами дверей;
- вітрове скло відкидається (десантний варіант);
- на маточинах передніх коліс — підніжка;

– для самовитягування автомобіля застосовується лебідка в передньому бампері [2].



Рисунок 1.3 – Реактивна система залпового вогню на базі ГАЗ-66-11

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Загальні відомості, діагностика дефектів і ремонт коробки передач вантажного фургону ГАЗ-66-11

2.1 Загальні відомості про КПП ГАЗ-66-11

Усі вузли та агрегати вантажного автомобіля не зможуть функціонувати повною мірою без КПП. Саме цей найважливіший механізм відповідає за передачу і розподіл крутного моменту від двигуна до ведучих коліс, забезпечуючи тим самим рух машини, у тому числі і заднім ходом, а також ефективність при подоланні різних дорожніх умов. Робота КПП безпосередньо впливає на здатність повнопривідного авто перевозити важкі вантажі — чим надійніше КПП, тим вище експлуатаційні можливості транспорту.

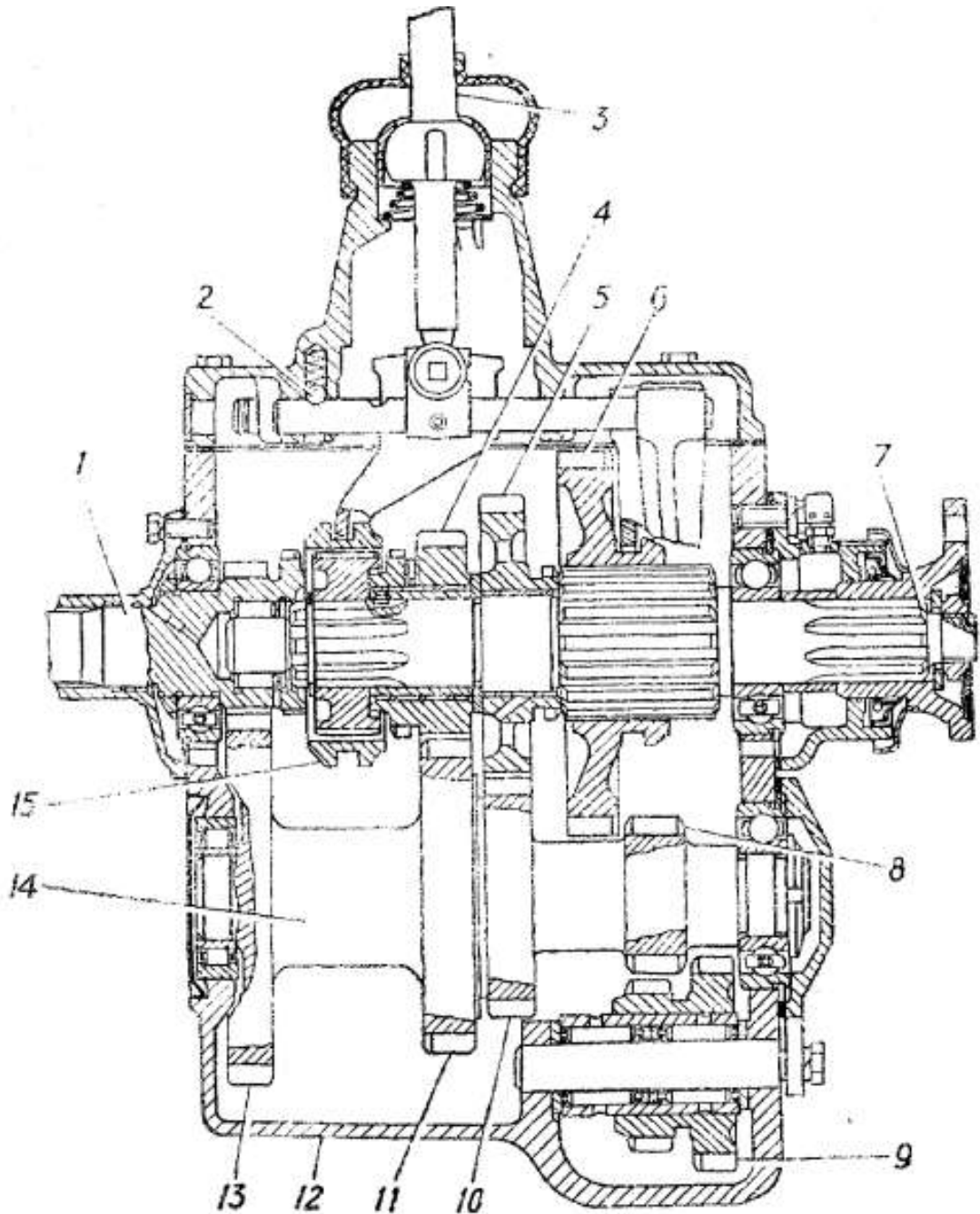
Механічна КПП функціонує за допомогою зчеплення — пристрою, що сполучає і роз'єднуючого ДВЗ і трансмісію. Без розриву потоку потужності перемикання передач просто неможливе, оскільки це може привести до поломки вузлів.

КПП ГАЗ-66-11 є механічною і призначена для забезпечення 4-х швидкостей руху вперед та 1-ї — для руху назад. Вона передає крутний момент від двигуна до трансмісії, забезпечуючи зміну передавального числа в залежності від умов руху [8, 9].

Основні елементи КПП наступні:

- картер (корпус, у якому розміщені всі внутрішні деталі КПП);
- первинний вал (приймає крутний момент безпосередньо від двигуна);
- вторинний вал (передає оберти на кардан і далі - до мостів);
- проміжний вал (служить для зміни передавальних чисел);
- шестерні (забезпечують різні передавальні співвідношення для кожної передачі);

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 — вал первинний; 2 — фіксатор; 3 — важіль для перемикання передач; 4 і 11 — шестерні 3-ї передачі; 5 і 10 — шестерні 2-ї передачі; 6 і 8 — шестерні першої передачі і заднього ходу; 7 — вторинний вал; 9 — блок шестерень заднього ходу; 12 — картер; 13 — шестерня постійного зачеплення; 14 — проміжний вал; 15 — муфта

Рисунок 2.1 – Коробка передач вантажного фургону ГАЗ-66-11

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2522161.000 ПЗ

Арк.

18

– синхронізатори (згладжують різницю обертів між валами, що робить перемикання передач - особливо 3-ї та 4-ї - більш плавним);

– механізм перемикання (це важіль КПП із системою тяг, за допомогою якого водій обирає потрібну передачу.

Первинний вал КПП 1, зображений на рис. 2.1, виготовлений разом із косозубою шестернею. Він установлюється у передній частині картера і виконує функцію передачі крутного моменту від двигуна до інших елементів коробки.

На передній частині 2-го валу (7) на шліцьовому з'єднанні змонтована спеціальна муфта (15), яка забезпечує перемикання 3-ї та 4-ї передач. У центральній зоні 2-го валу вільно обертаються шестерні 2-ї (5) та 3-ї (4) передач. Шестерня 1-ї передачі та заднього ходу (9) переміщується вздовж шліців, що дозволяє передавати обертовий момент у залежності від обраного режиму.

Проміжний вал (14) є блоком з 4-х шестерень: 3-х косозубих (10, 11, 13) і 1-ї прямозубої (8). Ці шестерні виконують функцію передавання руху між валами. Зліва, за напрямком руху автомобіля, встановлено блок шестерень заднього ходу (9), розміщеним на нерухомій осі. Цей блок обертається на роликових підшипниках, що забезпечує плавність роботи механізму заднього ходу.

Перемикання передач для руху вперед здійснюється переміщенням муфти по 2-му валу або шестерні 1-ї передачі. Увімкнення заднього ходу відбувається шляхом переміщення блока шестерень заднього ходу по осі, завдяки чому шестерні входять у зачеплення з відповідними елементами трансмісії.

Для керування КПП використовують важіль (3), який має п'ять позицій, що відповідають чотирьом переднім передачам та одній задній.

КПП оснащена синхронізаторами, які забезпечують плавне і безшумне перемикання передач. Ці пристрої включають корпус, зубчасті вінці і муфту, і дозволяють погоджувати швидкості обертання валів усередині КПП при переході з однієї передачі на іншу. З впровадженням синхронізаторів конструкція механічних КПП стала складніша і вимогливіша до умов експлуатації, особливо у

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вантажних автомобілях, працюючих у важких режимах. Тому правильне поводження з трансмісією стає критично важливим.

Мастилоналивний отвір розташований на лівому боці картера, на висоті, яка відповідає необхідному рівню мастильного матеріалу. У нижній частині картера передбачено спеціальний отвір для зливання мастила. Обидва отвори закриваються гвинтовими пробками, які забезпечують герметичність.

Догляд за КПП включає регулярну перевірку міцності її кріплення, контроль за рівнем мастила, його своєчасне поповнення або заміну, а також загальне ТО для забезпечення надійної та безперебійної роботи трансмісії.

2.2 Як правильно перемикаєти передачі КПП ГАЗ-66-11

ГАЗ-66-11 — легендарна повнопривідна вантажівка, яка завоювала славу завдяки неймовірній прохідності та простоті обслуговування. Однак, як і будь-яка техніка, він має свої особливості в експлуатації, зокрема щодо перемикаєти передач.

У ГАЗ-66-11 встановлена 4-ступенева механічна КПП з синхронізаторами на 3-й та 4-й передачах, що значно полегшує їх включення. Як правильно перемикаєти передачі на ГАЗ-66-11:

1-а передача — використовується для початку руху на важких ділянках, при русі з повним навантаженням, в умовах бездоріжжя.

2-а передача — підходить для поступового розгону з середньою швидкістю.

3-я та 4-а передачі — мають синхронізатори, тому перемикаються легше. Їх використовують для руху по шосе або твердому покриттю.

При перемикаєти з 2-ї на 3-тю або з 3-ї на 4-ту не потрібно газувати — синхронізатори згладжують різницю обертів. А от при перемикаєти з 2-ї на 1-шу або назад — рекомендується подвійне вижимання з проміжним газуванням, бо 1-а та 2-а передачі не синхронізовані.

Задню передачу включають тільки після повної зупинки авто ГАЗ-66-11.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Рекомендації з експлуатації та обслуговування КПП ГАЗ-66-11

Масило в КПП потрібно замінювати кожні 60 000 км пробігу або раз на рік, залежно від умов експлуатації.

Стан зчеплення має бути справним — зношене зчеплення ускладнює або унеможлиблює перемикування.

Потрібно перевіряти кріплення важеля КПП і тяг — люфт у механізмі викликає неточне включення передач.

Сторонні шуми або труднощі при перемикуванні — сигнал звернутися до спеціаліста.

Причини несправностей КПП ГАЗ-66-11, як правило, криються в порушенні правил експлуатації. Виробники техніки настійно рекомендують дотримувати ряд умов для продовження терміну служби КПП:

- перемикування передач потрібно виконувати тільки на відповідній швидкості, так як при перегазовуванні та ривках збільшується навантаження на шестерні;

- категорично заборонено включати задню передачу, якщо автомобіль ще продовжує рух вперед, навіть на низькій швидкості;

- не можна утримувати педаль зчеплення натиснутою занадто довго, тому що це призводить до прискореного зносу вичавного підшипника і корпусу зчеплення.

Під час гальмування необхідно послідовно знижувати передачі, синхронізуючи роботу двигуна і трансмісії. Відпуск зчеплення при цьому повинен відбуватися плавно, без ривків. Не менш важливо регулярно перевіряти рівень і стан трансмісійного мастила в КПП — його недолік або забруднення різко знижує ресурс підшипників і шестерень, провокуючи серйозні поломки.

2.4 Аналіз дефектів КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Аналіз дефектів КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення наведено у табл. 2.1 – 2.10.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Аналіз дефектів картера КПП та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Пробоїни та обламування картера	Огляд	Бракування
Тріщини картера	Огляд	Ремонтування. Заварювати. Бракування при наявності тріщин, які проходять через основи двох вух або через отвори підшипника та вісь блоку шестерень заднього ходу
Обламування вух кріплення картеру	Огляд	Ремонтування. Заварювати. Бракування при обламуванні, яке захвачує стінку картера або при обламуванні > 1-го вуха
Знос отвору під підшипник ведучого валу	Замірювання	Ремонтування. Встановити втулку
Знос отвору під підшипник веденого валу	Замірювання	Ремонтування. Встановити втулку. Наплавлення електроерозійне чи вібродугове
Знос отвору під роликівий підшипник блоку шестерень	Замірювання	Ремонтування. Встановити втулку. Наплавлення електроерозійне чи вібродугове
Знос отвору під вісь блоку шестерень заднього ходу	Замірювання	Ремонтування. Встановити втулку.

Таблиця 2.2 – Аналіз дефектів ведучого валу КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Обламування зубів	Оглядування	Бракування
Викришування робочої поверхні зубів	Оглядування	Бракування
Знос поверхні під кульковий підшипник 24-1701190 у корпусі КПП	Замірювання	Відновлення при розмірі < 30,020 мм
Знос поверхні під кульковий підшипник на вихідному кінці валу	Замірювання	Відновлення при розмірі < 17,020 мм
Знос поверхні внутрішн. отвору під роликівий підшипник	Замірювання	Відновлення при розмірі < 30,230 мм
Знос зубів постійного зчеплення за висотою	Замірювання	Бракування при розмірі < 5,650 мм
Знос шліців за шириною	Замірювання	Ремонтування. Бракування при розмірі > 38,580 мм

Таблиця 2.3 – Аналіз дефектів кришки підшипника ведучого валу КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Обламування та тріщини кришки	Огляд	Бракування
Знос шийки під муфту виключення зчеплення	Замірювання	Ремонтування
Знос отвору мастилогінної різьби	Замірювання	Бракування при розмірі > 35,60 мм
Знос отвору під болти	Замірювання	Ремонтування. Заварювати
Знос фланця по зовнішньому Ø	Замірювання	Ремонтування. Вібродугове наплавлювання

Таблиця 2.4 – Аналіз дефектів блоку шестерень проміжного валу КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Зламування зубів	Огляд	Бракування
Викришування робочої поверхні зубів	Огляд	Бракування
Знос зубів шестерні 1-ї передачі	Замірювання	Ремонтування
Знос зубів шестерні 3-ї передачі	Замірювання	Бракування при розмірі < 5,250 м.
Знос зубів шестерні 2-ї передачі за товщиною	Замірювання	Бракування при розмірі < 6,050 мм
Знос зубів шестерні 1-ї передачі та задньої передачі	Замірювання	Бракування при розмірі < 5,850 мм

Таблиця 2.5 – Аналіз дефектів шестерні 1-ї передачі і заднього ходу КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Обламування зубів	Огляд	Бракування
Викришування робочої поверхні зубів	Огляд	Бракування
Знос паза під вилку перемикачів	Замірювання	Ремонтування. Бракування при розмірі задилок < 20,650 мм
Знос ширини шліцьових канавок	Замірювання	Бракування при розмірі > 55,750 мм

Таблиця 2.6 – Аналіз дефектів шестерні 2-ї передачі КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Обламування зубів	Огляд	Бракування
Викришування робочої поверхні зубів	Огляд	Бракування
Знос виступу шліців за товщиною	Замірювання	Бракування при розмірі < 76,250 мм
Знос отвору у втулці	Замірювання	Ремонтування. Замінювання втулки

Таблиця 2.7 – Аналіз дефектів шестерні 3-ї передачі КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Обламування зубів	Огляд	Бракування
Викришування робочої поверхні зубів	Огляд	Бракування
Знос прямих зубів повного профілю	Замірювання	Бракування при розмірі < 84,050 мм
Знос отвору у втулці	Замірювання	Ремонтування. Замінювання втулки

Таблиця 2.8 – Аналіз дефектів маточини муфти КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Обламування зубів	Огляд	Бракування
Викришування робочої поверхні зубів	Огляд	Бракування
Знос пазу під вилку перемикачів передач	Замірювання	Ремонтування. Бракування при розмірі задирок < 20,650 мм
Знос ширини шліцьових канавок	Замірювання	Бракування при розмірі > 55,750 мм

Таблиця 2.9 – Аналіз дефектів синхронізатора КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Знос або обламування зубів	Огляд	Бракування

Таблиця 2.10 – Аналіз дефектів важеля перемикання передач КПП ГАЗ-66-11 та способи їх усунення

Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту	Рекомендації
Зламування або тріщина	Огляд	Бракування
Вигин вилки	Огляд	Ремонтування
Знос кінців вилки	Замірювання	Ремонтування. Наплавлювання
Знос отвору під повзун	Замірювання	Ремонтування

2.4.1 Демонтаж КПП

Перед початком розбирання очищають КПП ГАЗ-66-11 від забруднень і промивають її зовні, щоб забезпечити чистоту під час подальших операцій. Потім знімають витискний підшипник зчеплення разом з поролоновим кільцем, яке встановлене на напрямній втулці, та відкручують:

- вимикач заднього ходу разом з прокладкою;
- кріпильний болт стопора приводу спідометра;
- стопорний елемент та сам привід спідометра;
- сапун, встановлений на картері;
- чотири болти, які фіксують корпус важеля перемикання передач, і знімають його разом із прокладкою;
- три болти кріплення та знімають кришку підшипника 1-го валу разом із напрямною втулкою витискного підшипника і прокладкою;
- болт, який утримує вісь проміжної шестерні заднього ходу на передньому картері КПП і знімають стопорне кільце з 1-го валу;
- десять болтів, які з'єднують передній і задній картери КПП.

Для роз'єднання картерів можна користуються подовжувачем, який затискається в лещатах з м'якими накладками на губки. Ударяють по приливах переднього картера, у яких знаходяться отвори під кріплення до картера зчеплення, мідним молотком, уникаючи пошкодження прокладки.

Після роз'єднання картерів витягують регульовальні кільця, розташовані в гнізді переднього підшипника проміжного валу на передньому картері. Далі

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкручують два болти кріплення та зняти пластину фіксаторів штоків разом із прокладкою. Витягують три пружини фіксаторів, які відповідають за фіксацію положень штоків.

Витягують із заднього картера КПП 2-й вал у зборі з 1-м, проміжний вал та вісь проміжної шестерні заднього ходу. Перед цим переконуються, що синхронізатор 3-ї та 4-ї передач знаходиться у нейтральному положенні.

Після демонтажу роз'єднують 1-й і 2-й вали. Якщо в процесі експлуатації виявлено підтікання мастила через сальники, випресовують дефектні сальники та замінюють їх новими.

Розроблена технологія наведена у табл. 2.11 [10].

Таблиця 2.11 – Послідовність процесу демонтажу КПП ГАЗ-66-11

Операції	Обладнання та інструмент
Знімають муфту з підшипником з передньої кришки КПП	-
Знімають поролонові кільця	-
Відкручують болти кріплення передньої кришки	Ріжковий ключ 8x10
Знімають передню кришку	-
Знімають прокладку між передньою кришкою та картером КПП	-
Випресовують 1-й вал в зборі з підшипником і кільцем синхронізатора	Знімач 35167 JTC [10]
Знімають блокуюче кільце синхронізатора	-
Випресовують ролики з носка 1-го валу	-
Знімають штопорне кільце	-
Знімають кульковий підшипник	Знімач 35167 JTC [10]
Знімають мастиловідбивач	-

2.4.2 Складання механізмів КПП

Технологія складання механізму перемикання передач наведена у табл. 2.12.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.12 – Послідовність складання механізму перемикаючої передачі
КПП ГАЗ-66-11

Операція	Інструмент	Примітка
Змащують деталі механізму перемикаючої передачі рідким мастилом, пази головок — солідолом або колоїдно-графітною пастою	Пензлик, мастильний матеріал	Забезпечують рівномірне змащення
Вставляють палець блокувального пристрою у шток увімкнення 3-ї та 4-ї передач	—	Слідкують за правильністю встановлення
Вставляють шток із пальцем у механізм перемикаючої	—	—
Надягають головку і вилку увімкнення 3-ї та 4-ї передач та закріплюють їх стопорними болтами	Ключ для болтів	Палець випадати з отвору не повинен
Вставляють кульку і пружину фіксатора, закручують пробку із шайбою	Викрутка або гайковий ключ	—
Вставляють шток увімкнення 3-ї та 4-ї передач у нейтральне положення	—	—
Вставляють пристосування в отвір для штока 1-ї та 2-ї передач	Пристосування SK3L24 [12]	—
Суміщають отвір пристосування з отвором для плунжера у кришці	—	—
Установлюють штопорний плунжер через отвір	—	До упору в шток 3-ї та 4-ї передач
Знімають пристосування	—	—
Вставляють шток увімкнення 1-ї та 2-ї передач	—	—
Надягають головку і вилку увімкнення 1-ї та 2-ї передач, закріплюють їх	Ключ для болтів	—
Вставляють кульку, пружину фіксатора штока, закручують пробку з шайбою	Викрутка або гайковий ключ	—
Вставляють шток увімкнення 1-ї та 2-ї передач у середнє положення	—	—
Вставляють пристосування у отвір для штока заднього ходу	Пристосування GP3J800 X3CO [13]	—
Суміщають отвір пристосування з отвором для плунжера	—	—
Вставляють штопорний плунжер через отвір	—	До упору в шток 3-ї та 4-ї передач
Знімають пристосування	—	—
Вставляють шток увімкнення заднього ходу	—	—

Операція	Інструмент	Примітка
Надягають головку і вилку увімкнення заднього ходу, закріплюють їх	Ключ для болтів	–
Вставляють кульку, пружину фіксатора штока заднього ходу, закручують пробку з шайбою	Викрутка або гайковий ключ	–
Вставляють шток увімкнення заднього ходу у середнє положення	–	–
Вставляють прокладку на вимикач світла заднього ходу	Викрутка або гайковий ключ	–
Запресовують 3 заглушки в задній торець	Прес, кернер	Закернюють заглушки
Вставляють прокладку та штамповану нижню кришку, закручують гвинти	Викрутка або гайковий ключ	Застосовують нову прокладку та пасту «Germetyk»

Розроблена технологія складання первинного валу наведена у табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Послідовність складання первинного валу КПП ГАЗ-66-11

Операція	Пристосування	Примітка
Надягають зовнішнє упорне кільце на підшипник	–	Перевіряють правильність встановлення
Надягають мастиловідбивач і напресовують на вал підшипник	GP3J800 X3CO [13]	Застосовують силу тільки до внутрішнього кільця підшипника
Вставляють штопорне кільце	Щипці	Перевіряють надійність фіксації
Вставляють ролики в носок первинного валу	Пінцет	Використовують мастило для фіксації роликів
Надягають на конус 1-го валу кільце блокування синхронізатора	–	Перевіряють щільність посадки кільця

Розроблена технологія складання 2-го валу і подовжувача наведена у табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Послідовність процесу складання 2-го валу і подовжувача КПП ГАЗ-66-11

Операція	Пристосування	Примітка
Складають маточини з сухарями,	–	Дотримуються порядку складання

Операція	Пристосування	Примітка
пружинами синхронізаторів і муфтами		
Запресовують у вторинний вал штифт упорної шайби	–	Край штифта нижче поверхні шийки під шестірню 1-ї передачі
Надягають на вторинний вал шестірню II передачі	–	–
Запресовують маточину з муфтою включення 1-ї та 2-ї передач	JJAL0306 ТОРТУЛ [14]	Слідкують за входженням сухарів синхронізатора в пази
Вставляють штифт з пружиною в шліц валу	–	–
Надягають сталеву упорну шайбу шестірні 2-ї передачі	–	–
Втоплюють штифт, фіксують шайбу	–	Співставляють шліци шайби і валу
Вставляють шестірню 1-ї передачі з блокуючим кільцем	–	Слідкують за правильним входженням сухарів
Вставляють регульовальну шайбу потрібної товщини	–	Осьовий зазор (0,10–0,30) мм
Надягають упорну шайбу кулькового підшипника	–	–
Запресовують кульковий підшипник на вал	JJAL0306 ТОРТУЛ [14]	Сила прикладається тільки до внутрішнього кільця
Вставляють кульку і надягають ведучу шестірню приводу спідометра	–	–
Вставляють пружинне кільце 1,80 мм і штопорне кільце	–	–
Надягають шестірню 3-ї передачі з блокуючим кільцем	–	–
Запресовують маточину з муфтою включення 3-ї та 4-ї передач	JJAL0306 ТОРТУЛ [14]	Слідкують за правильним входженням сухарів
Вставляють штопорне кільце потрібної товщини	–	Осьовий зазор (0,16–0,36) мм
Запресовують сальники у фланець подовжувача	–	Урівень з торцем горловини
Вставляють штопорне кільце підшипника в канавку подовжувача	–	–
Розводять кінці штопорного кільця і запресовують підшипник	–	Підшипник сідає одночасно у канавку подовжувача та підшипника
Вставляють штуцер і ведену шестірню приводу спідометра	–	–

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2522161.000 ПЗ

Арк.

29

Операція	Пристосування	Примітка
Вставляють штопор шуцера і закріплюють його болтом	—	—

Отвори в картері КПП ГАЗ-66-11 призначені для установлення підшипників ведучого (1-го) і веденого (2-го) валів, а також підшипників проміжного валу, повинні оброблятися в процесі механічної обробки з однієї установки. Це забезпечує точність взаємного розташування отворів та їх правильну геометрію, що є критично важливим для коректної роботи вузла.

Вісь отворів для підшипників проміжного валу має бути паралельною до осі отворів для підшипників 1-го та 2-го валів. Окрім того, вона повинна розташовуватись у тій самій площині, що й осі зазначених отворів, аби забезпечити правильне зачеплення зубчастих коліс і уникнути перекосів чи нерівномірного зносу.

Вісь отворів під вісь блоку шестерень заднього ходу також повинна бути паралельною до осі отворів під підшипники 1-го і 2-го валів та знаходитись у спільній з ними площині. Така вимога обумовлена необхідністю дотримання точного положення шестерень заднього ходу відносно інших елементів КПП для забезпечення плавного й безшумного перемикавання.

Передня та задня торцеві площини картера КПП ГАЗ-66-11 повинні бути оброблені строго перпендикулярно до осі отворів під підшипники ведучого та веденого валів. Це необхідно для правильного прилягання інших деталей трансмісії та забезпечення геометричної точності складання.

Внутрішні торці вушок (проушин), що служать для визначення осі блоку шестерень заднього ходу, також мають бути перпендикулярними до відповідної осі отворів. Така точність забезпечує надійне фіксування та правильне функціонування блоку шестерень.

Перед складанням зубчастих коліс необхідно ретельно обробити поверхню зубів — видалити задирки, сколювання, забоїни та інші дефекти, що можуть призвести до передчасного зношування або шум під час експлуатації.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі заміни конусних кілець синхронізатора після його складання КПП ГАЗ-66-11 потрібно обробити їхні конусні поверхні для досягнення щільного прилягання та плавної роботи механізму синхронізації.

Сумісність ковзної муфти перемикачів 3-ї та 4-ї передач з маточиною повинна бути підібрана таким чином, щоб забезпечити вільне, але точне переміщення без помітного бічного люфту. У крайніх положеннях муфти, які відповідають включенню 3-ї та 4-ї передач, допускається її подовжнє зміщення в межах до 0,20 мм. Такий зазор вважається допустимим і не впливає на якість перемикачів.

2.4.3 Контрольні замірювання деталей КПП

Після завершення складання КПП ГАЗ-66-11 обов'язково проходить перевірку на спеціалізованому випробувальному стенді. Такий стенд дозволяє імітувати робочі умови, створюючи навантаження на ведений (2-й) вал, щоб оцінити працездатність механізму.

Під час випробування обертова швидкість ведучого (1-го) валу має знаходитися в межах від 1000 до 1500 об/хв.. Перед початком перевірки в КПП заливають свіже трансмісійне мастило до рівня, який відповідає рівню контрольного (маслозаливного) отвору. Використовується лише чисте мастило, яке відповідає технічним вимогам.

Випробування проводять стільки часу, скільки потрібно для повного прослуховування роботи КПП на всіх передачах — від 1-ї до заднього ходу. Особливу увагу слід приділяють характеру звуків, плавності перемикачів та загальній поведінці механізмів під навантаженням.

У процесі перевірки неприпустимі наступні несправності або відхилення від норми:

- заїдання або туге перемикачів передач;
- сторонні шуми, скрегіт або стуки під час роботи;
- самовільне вмикання або вимикання шестерень;

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– підтікання мастила через ущільнення, з'єднання чи прокладки.

У разі виявлення будь-яких з перелічених дефектів, вони мають бути обов'язково усунуті. Після проведення необхідного ремонтування або регулювання, КПП повторно випробовують на тому ж стенді GEKO G02100 – рис. 2.2 [15], аби підтвердити усунення всіх недоліків та відповідність агрегату встановленим вимогам.

Стенд GEKO G02100 призначений для піднімання КПП. Він забезпечує ефективний і безпечний демонтаж або монтаж КПП.



Рисунок 2.2 – Стенд для коробки передач 500кг GEKO G02100 [15]

Стенд має чотири саморегулюючі колеса, що забезпечує стабільне пересування. Його характеристики:

- максимальна вантажопідйомність 500 кг;
- висота підйому 770 мм (діапазон від 1050 мм до 1820 мм);
- вага 30 кг;

Переваги стенду GEKO G02100:

- широкі ніжки;
- насос з ножним контролером дозволяє регулювати висоту;
- безпечне опускання вантажу за допомогою ручки;
- чотири поворотні колеса дозволяють легко маневрувати [15].

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал ведучого валу КПП фургону ГАЗ-66-11

3.1 Ведучий вал КПП — загальна характеристика, умови роботи та зношування

Ведучий вал КПП (первинний вал, вал-шестерня) є суцільнолитою деталлю, яка поєднує в собі функції валу та зубчастого елемента з нарізаними по колу зубами (рис. А1). Така конструкція чудово витримує значні механічні навантаження без потреби у частому ТО або ремонті [21]. Завдяки цільній геометрії, вал-шестерня відзначається високою точністю, надійністю та довговічністю під час експлуатації.

Основна функція первинного валу полягає в забезпеченні передачі крутного моменту між валами через зачеплення із зубчастим колесом. Це робить її ключовим елементом у механізмах, де необхідна передача обертального руху.

Процес виготовлення ведучих валів передбачає врахування умов роботи та призначення конкретного вузла або агрегату. Це дозволяє точно підібрати оптимальні параметри термічної обробки, модуль зубців, геометричну форму та діаметр заготовки. Після завершення основних виробничих етапів усі деталі проходять суворий контроль якості для забезпечення надійності роботи в складних умовах.

Під впливом інтенсивної експлуатації всі елементи КПП, включаючи вал-шестерню, поступово зношуються, що зумовлює необхідність своєчасного ремонту або повної заміни. Основними факторами, які впливають на знос, є складні навантаження та дія зовнішніх сил.

У процесі роботи вал-шестерня піддається комбінованій дії: знакозмінного радіального навантаження, осьової сили та крутного моменту. Зуби зубчастого вінця зазнають впливу згинальних сил, контактного тиску, а також сил тертя, що зумовлюють локальний нагрів і поступове зношування поверхні.

Зокрема, в процесі експлуатації зуби шестерні відчують:

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вигин під дією разового максимального навантаження;
- багаторазове згинання у циклічному режимі, що сприяє виникненню напружень у кореневій зоні зуба, де можуть з'являтися тріщини й розвиватися втомне руйнування;
- зношення поверхневого шару внаслідок дії абразивного тертя, що поступово знижує ефективність роботи КПП.

Таким чином, своєчасне обслуговування, контроль стану зубчастих елементів та застосування якісних матеріалів є необхідними умовами для забезпечення довговічної та надійної роботи вал-шестерні в складі механічної передачі КПП

3.2 Аналіз причин виходу з ладу ведучого валу КПП

Таким чином, у процесі експлуатації вал-шестерня піддається складним комплексним навантаженням, серед яких основними є кручення, розтяг, вигин і стискання. Такі умови спричиняють значні напруження в матеріалі, що можуть призводити до поступового руйнування або виходу з ладу ведучого валу.

З огляду на особливості роботи, до валів-шестерень висуваються високі вимоги [21]:

- вони повинні мати підвищену зносостійкість, високу міцність і жорсткість;
- бути стійкими до утворення тріщин у зонах концентраторів напружень;
- добре механічно оброблятися;
- піддаватися ефективній термічній обробці.

Найбільш характерними для валів-шестерень є втомні руйнування, які здебільшого виникають у зонах підвищених напружень — тобто в місцях геометричних переходів або дефектів обробки, що виконують роль концентраторів. У значній кількості випадків вихід з ладу пов'язаний з пошкодженнями зубів, які працюють в умовах постійного контакту та тертя.

Серед основних типів пошкоджень зубів найпоширенішими є:

- втомні контактні руйнування робочих поверхонь, що розвиваються під дією циклічних навантажень;

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– втомні поломки зубців, спричинені накопиченням мікротріщин і напружень;

– абразивне зношування, яке виникає переважно за умов недостатнього змащення або в разі потрапляння абразивних частинок (пилу, продуктів зносу тощо) у робочу зону.

У випадку хорошого змащення основним механізмом руйнування є втомне викришування поверхні зуба внаслідок контактних напружень, при цьому загальний знос відносно невеликий. Проте при поганому змащуванні основну роль у зношуванні відіграє абразивне стирання, що значно прискорює деградацію елемента.

Особливо небезпечним видом руйнування є втомна поломка зубів, яка розвивається поступово під дією змінних напружень протягом довгого часу. Такий дефект часто виникає раптово і може спричинити аварійну зупинку КПП.

Таким чином, основними причинами зниження надійності та довговічності первинних валів КПП є:

- втомні руйнування, особливо в зонах концентраторів напружень;
- контактне викришування зубів;
- абразивне стирання поверхонь при недостатньому змащенні;
- поступовий знос поверхневого шару в результаті тривалого тертя.

Врахування цих факторів під час конструювання, вибору матеріалу, термічної обробки та експлуатаційного обслуговування дозволяє істотно підвищити ресурс ведучого валу та запобігти передчасному виходу його з ладу.

3.3 Вибір матеріалу ведучого валу КПП

3.3.1 Вимоги до матеріалів деталей високонавантажених вузлів

Для виготовлення високонавантажених вузлів та агрегатів (наприклад, КПП) необхідно використовувати матеріали, які мають чітко визначені експлуатаційні характеристики, зокрема: високу міцність, зносостійкість, термостійкість і

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довговічність [16–20]. Найбільш поширеним матеріалом у промисловості залишається сталь — це не просто однорідна речовина, а складний сплав на основі Fe з C та іншими легуючими елементами.

Вуглецеві компоненти відіграють важливу роль у формуванні властивостей сталі — зокрема, зниження в'язкості сплаву дозволяє досягти вищої твердості. Завдяки цьому сталь стає придатною для виготовлення деталей, що працюють у складних умовах навантажень і тертя. У промисловості використовуються різні марки сталі, які відрізняються між собою за складом, способом виробництва та, відповідно, за експлуатаційними властивостями.

Особливою популярністю користуються хромонікелеві сплави, що позначаються маркуванням ХН. Ці сталі характеризуються високою міцністю, корозійною стійкістю, жаростійкістю та здатністю протистояти механічним впливам і намагніченню.

Одним із поширених представників цієї групи є сталь 40ХНМА — конструкційний легований сплав, до складу якого входять Cr, Ni, Mo і Mn. Такий сплав демонструє високу міцність і твердість, особливо після термічної обробки (гартування), і стійкий до тривалого впливу високих температур. Ця сталь активно використовується для виготовлення відповідальних і навантажених деталей, таких як шестерні, вали, клапани, напрямні диски, кільця тощо [16–20].

Відмінною особливістю сталі 40ХНМА є її легуючі добавки, які забезпечують підвищену стійкість до зношування, перегріву та втомних руйнувань. Зокрема, Mo у її складі знижує чутливість матеріалу до перегріву під час лиття та зменшує ймовірність утворення внутрішніх дефектів. Водночас, цей матеріал вважається важкозварюваним, що потребує особливого підходу під час з'єднання елементів.

Ni, який входить до складу сталі, забезпечує високу пластичність сплаву, полегшуючи виконання різних технологічних операцій, таких як кування, обробка різанням, витяжка тощо. Cr, у свою чергу, надає сталі стійкість до окислення і корозії, що особливо важливо при роботі в агресивних середовищах або при високих температурах.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі плавлення хромонікелевої сталі на її поверхні утворюється тонка захисна плівка з оксидів, яка служить бар'єром проти корозії. При збільшеному вмісті Cr ця плівка формується вже при порівняно низьких температурах, що значно підвищує ефективність захисту.

Таким чином, сталь 40ХНМА завдяки оптимальному поєднанню легуючих елементів, високій термостійкості, міцності й стійкості до зношування є ідеальним матеріалом для деталей, які працюють у режимі тривалих і складних навантажень, особливо у військовій техніці.

3.3.2 Хімічний склад, функції легуючих елементів, термічна обробка сталі 40ХНМА

Сталь 40ХНМА належить до легованих конструкційних високоякісних сталей, яка використовується для виготовлення відповідальних і високо навантажених деталей, зокрема валів, шестерень, осей тощо. Вона має збалансований хімічний склад, який забезпечує необхідні механічні властивості.

Типовий склад сталі 40ХНМА включає:

- С — 0,40%;
- Cr — приблизно 1%;
- Ni — близько 1%;
- Mo — близько 1%;
- S — не > 0,025%;
- P — не >0,025%.

Функції легуючих елементів наступні:

– Cr і Ni значно підвищують прожарюваність сталі, що дозволяє досягати необхідної твердості по всьому перерізу масивних деталей;

– Mo запобігає появі відпускнуї крихкості 2-го роду, що критично важливо для деталей, які працюють при циклічних навантаженнях і високих температурах.

Щоб ведучий вал КПП зі сталі 40ХНМА відповідав заданим експлуатаційним вимогам, необхідно отримати структуру сорбіту відпуску по всьому

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поперечному перерізу валу $\varnothing 75,00$ мм (рис. А1). Така структура забезпечує оптимальне поєднання міцності, твердості й в'язкості. Міцність повинна зберігатися на високому рівні, а твердість має бути в межах (30–35) одиниць за шкалою HRC.

Враховуючи, що сталь 40ХНМА належить до флокеночувливих матеріалів (тобто має схильність до флокен-руйнувань — утворення внутрішніх тріщин у результаті водневої крихкості), перед основною Термо призначається відпал за антифлокенним режимом. Такий режим дозволяє знизити ризик утворення флокенів у товстостінних заготовках і зберегти структурну однорідність.

Температурні режими Термо, зокрема відпалу, гартування та відпуску, визначаються на основі діаграми ізотермічного розпаду аустеніту для сталі 40ХНМА (рис. 3.1). Ця діаграма дозволяє правильно підібрати температурні інтервали і час витримки для досягнення бажаної структури та властивостей матеріалу. Температуру нагрівання сталі 40ХНМА визначають за формулою [22, 23]:

$$t_{\text{нагр}} = A_{c3} + (30-50)^{\circ}\text{C} = (790+40)^{\circ} = 830^{\circ}\text{C}. \quad (3.1)$$

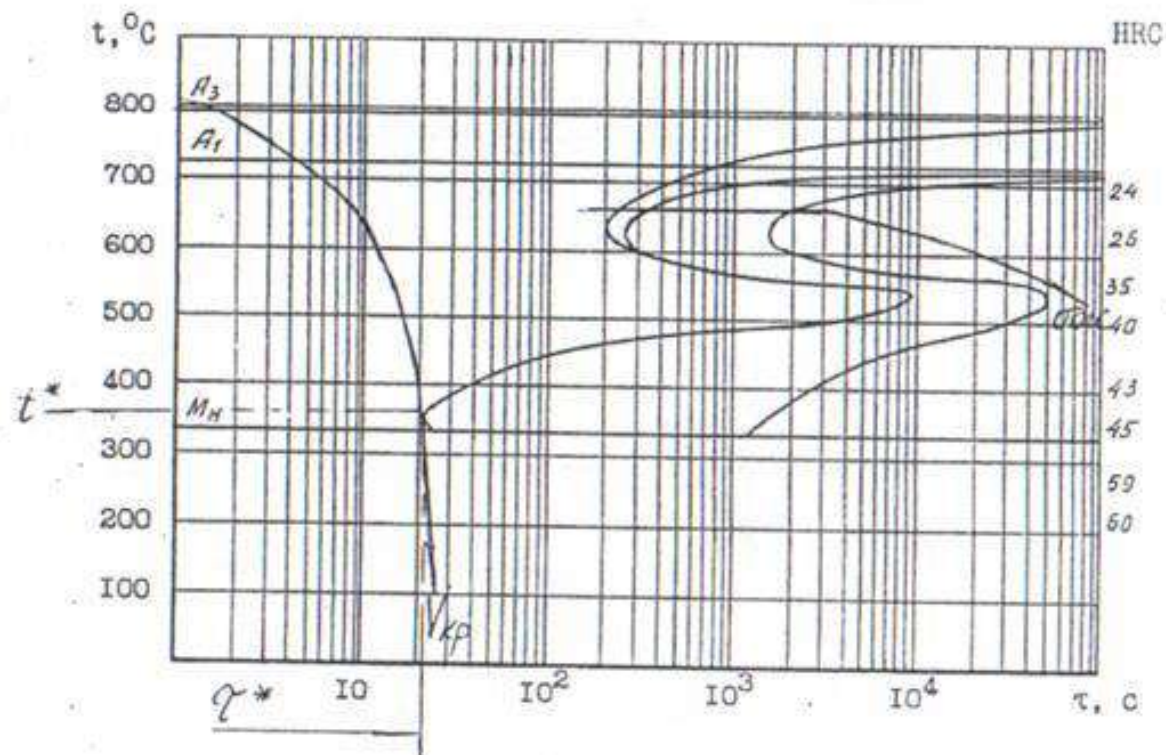


Рисунок 3.1 – Діаграма ізотермічного розпаду аустеніту сталі 40ХНМА

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.3.3 Технологія антифлокенового відпалу для сталі 40ХНМА

Антифлокений відпал є обов'язковим етапом ТерМО флокеночутливих сталей, таких, як 40ХНМА. Цей процес забезпечує зниження внутрішніх напружень і запобігає утворенню флокенів — мікротріщин, які виникають через водневу крихкість у товстостінних деталях.

Основні етапи ТП антифлокенового відпалу [22, 23]:

1. Кожеж в печі (поковка витримується в печі при $t = 500\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$, що дозволяє вирівняти температуру по всьому об'єму. Витримка проводиться з розрахунку 1 год. на кожні 25 мм поперечного перерізу первинного валу.

2. Повільне нагрівання до температури аустенізації, яке виконується з контрольованою швидкістю $(30\text{--}40)\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год.}$, що дозволяє уникнути температурних градієнтів. Температура аустенізації становить $830\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Витримка на цій температурі проводиться з розрахунку 1 год. на кожні 100 мм перерізу.

4. Повільне охолодження до $t = (240\text{--}250)\text{ }^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год.}$

5. Витримка на цій температурі — 1 год. на кожні 25 мм перерізу.

6. Підвищення температури до 2-го етапу ізотермічної обробки:

– подальший нагрів до $t = (640\text{--}660)\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– витримка при цій температурі проводиться з розрахунку 2 год. на кожні 25 мм перерізу первинного валу.

7. Контрольоване охолодження:

– повільне охолодження від температури ізотермічної обробки до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ зі швидкістю $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год.}$

– подальше охолодження до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — зі швидкістю $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год.}$

8. Після досягнення температури $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, поковка вивантажується на проліт для подальшого природного охолодження.

Такий режим антифлокенового відпалу забезпечує отримання однорідної структури, зниження залишкових напружень і запобігає утворенню флокенів [22,

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23]. Графічне зображення температурно-годинної схеми цього процесу наведено на рис. 3.2.

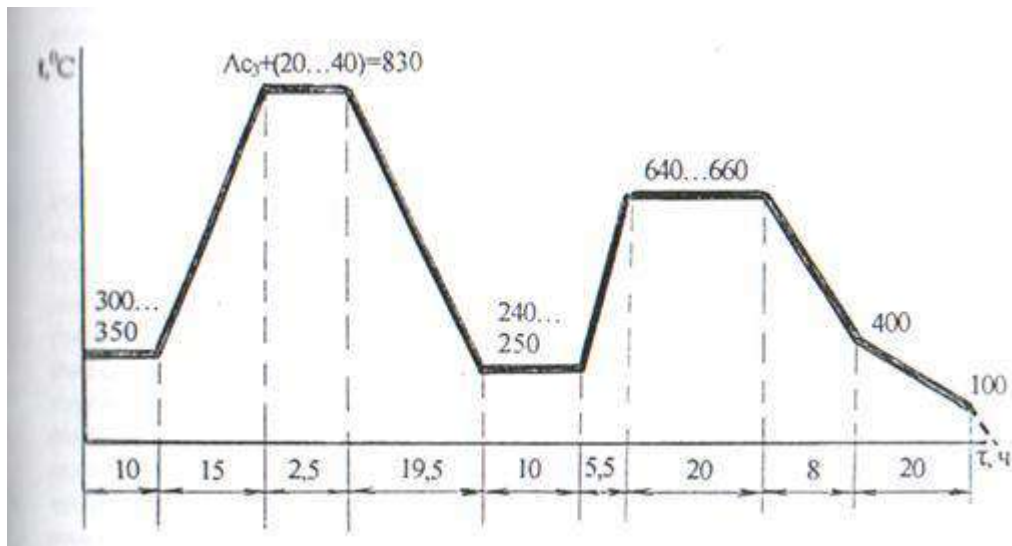


Рисунок 3.2 – Графік технології антифлокенного відпалу поковок ведучого валу КШП

3.3.3.1 Подальша термічна обробка після антифлокенного відпалу

Тривала витримка поковки при $t = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає перлітній області (див. рис. 3.1), є ключовим етапом антифлокенного відпалу. У цьому температурному діапазоні сталь характеризується високою пластичністю, що у поєднанні з інтенсивною дифузією H_2 сприяє ефективному видаленню атомів H_2 з внутрішньої структури металу. Це дозволяє знизити ризик утворення флокенів — прихованих внутрішніх тріщин, викликаних водневою крихкістю [22, 23].

Подальше повільне охолодження після витримки забезпечує формування феритно-перлітної структури, що характеризується задовільними механічними властивостями та твердістю на рівні приблизно 240 НВ. Така структура є сприятливою для подальшої механічної обробки, оскільки поєднує помірну твердість і достатню оброблюваність різанням [22, 23].

Після завершення процесу відпалу поковка направляється на механічну обробку. Вал піддається обробці з припусками на остаточну ТерМО, що дозволяє

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зберегти точність розмірів після остаточного зміцнення. У випадках, коли конструкція первинного валу передбачає контроль механічних властивостей, паралельно з ним виготовляється контрольна проба. Після остаточної ТермО з неї виготовляють зразки для випробувань на розрив, ударну в'язкість, твердість тощо [22, 23].

Як остаточну ТермО приймають процес поліпшення — термічний цикл, який включає гартування з утворенням мартенситної структури, за яким проводять високотемпературний відпуск. Такий режим дозволяє сформувати структуру сорбіту відпуску, яка забезпечує високі значення міцності та в'язкості, необхідні для роботи вал-шестерні у важких експлуатаційних умовах (див. рис. 3.3).

Температура аустенізації при поліпшенні, як і в попередньому відпалі, вибирається з урахуванням діаграми ізотермічного розпаду аустеніту для сталі 40ХНМА та конструктивних особливостей деталі [22, 23].

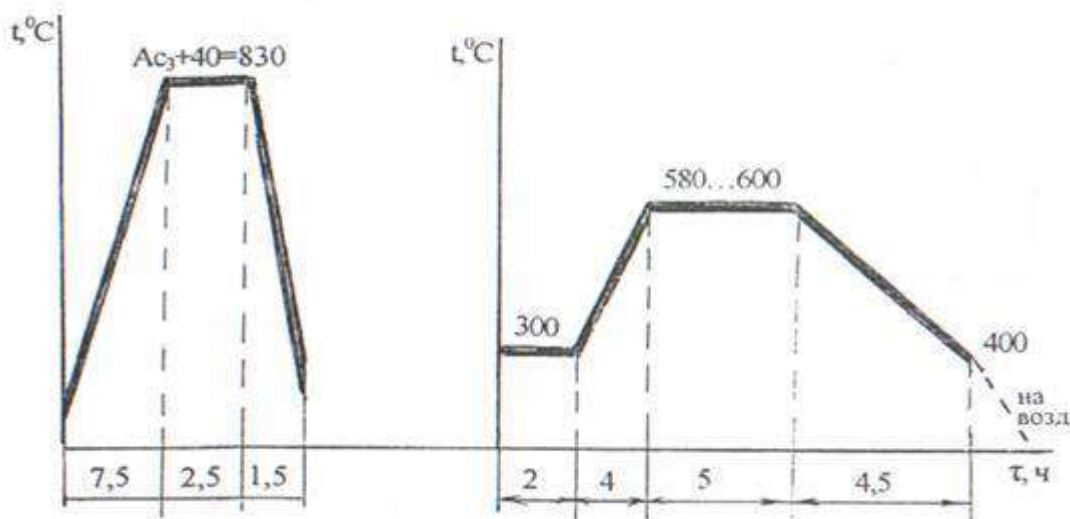


Рисунок 3.3 – Графік технології гартування і відпуску ведучого валу КПП зі сталі 40ХНМА

Розрахунок ведеться залежно від діаметра поперечного перерізу з урахуванням необхідної глибини прожарювання [22, 23]:

$$A_{c3} + (30-50) \text{ } ^\circ\text{C} = 830 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.2)$$

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3.3.2 Розрахунок параметрів термічного циклу гартування

Для проведення гартування сталевої поковки зі сталі 40ХНМА необхідно дотримуватись чітко визначених параметрів нагрівання та витримки, що залежать від розмірів деталі. У нашому випадку діаметр поперечного перерізу валу становить 75 мм, що суттєво впливає на тривалість нагрівання [22, 23].

Згідно з технологічними рекомендаціями, час нагріву до температури аустенізації (830 °С) визначається з розрахунку 1,8 хв. на кожен міліметр перерізу [22, 23]. Таким чином, загальна тривалість нагріву для ведучого валу КПП з діаметром 75 мм становить:

$$1,8 * 75 = 135 \text{ хв.} = 2,25 \text{ год.} \quad (3.3)$$

Після завершення нагріву необхідна витримка при температурі аустенізації, яка забезпечує повне перетворення структури сталі в однорідний аустеніт. Тривалість витримки становить приблизно 1/3 від загального часу нагріву, що дорівнює:

$$1/3 * 2,25 = 0,75 \text{ год.} \quad (3.4)$$

Після витримки при $t = 830 \text{ °С}$ проводиться охолодження зі швидкістю, що перевищує критичну, необхідну для уникнення перлітного або бейнітного перетворення та забезпечення утворення мартенситу.

Критична швидкість охолодження визначається за діаграмою ізотермічного розпаду аустеніту для сталі 40ХНМА (див. рис. 3.1). Вона залежить від вмісту легуючих елементів, які впливають на стійкість переохолодженого аустеніту. У нашому випадку легування Cr, Ni і Mo підвищує загартуваність сталі, дозволяючи використовувати масла або спеціальні водомасляні емульсії як гартувальні середовища з контрольованою швидкістю охолодження [22, 23].

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, правильно підібрані режими нагріву, витримки та охолодження є критично важливими для отримання мартенситної структури, яка надалі за допомогою відпуску перетвориться у сорбіт відпуску, забезпечуючи необхідні експлуатаційні характеристики деталі.

Критична швидкість гартування знаходиться за даними діаграми ізотермічного розпаду аустеніту (див. рис. 3.1):

$$V_{кр} = \frac{t_H - t^*}{\tau^*} = \frac{830 - 360}{21} = 22,4 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.5)$$

3.3.3.3 Гартування та відпуск первинного валу зі сталі 40ХНМА

Для забезпечення необхідних механічних властивостей первинного валу, виготовленої з легованої конструкційної сталі 40ХНМА, після попередньої Термо проводиться гартування з наступним високотемпературним відпуском. Як охолоджувальне середовище при загартуванні, як правило, використовується мінеральне масло, що є стандартним рішенням для конструкційних легованих сталей. Час перебування первинного валу в маслі становить 1,5 год. [22, 23], що достатньо для рівномірного охолодження всього перерізу деталі $\varnothing 75$ мм.

У результаті загартування структура сталі складається з мартенситу гартування з частковим вмістом залишкового аустеніту, що є типовим для загартованої сталі цього типу. Твердість після гартування досягає (59–60) HRC, що свідчить про високий рівень міцності, однак потребує зниження внутрішніх напружень і підвищення пластичності, особливо для деталей, які працюють в умовах змінних навантажень [22, 23].

Для досягнення остаточної структури проводиться високотемпературний відпуск, мета якої – отримання структури сорбіту відпуску по всьому перерізу валу. Процес відбувається в кілька етапів:

1. Посадка в піч при $t = 300$ °C.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Нагрів до температури відпустки $t = (580-600)^\circ\text{C}$ з контрольованою швидкістю $(70-80)^\circ\text{C}$ на год..

3. Витримка при температурі відпустку — з розрахунку 2 год. на кожні 100 мм перерізу, тобто 1,5 год. для деталі з $\varnothing 75$ мм.

Охолодження після витримки також відбувається повільно, із швидкістю $70-80^\circ\text{C}/\text{год.}$, щоб уникнути утворення внутрішніх напружень, що особливо важливо для відповідальних вузлів [22, 23].

Вибір саме повільного охолодження після відпустки обумовлений присутністю молібдену в складі сталі 40ХНМА, який значною мірою знижує чутливість матеріалу до відпускнуї крихкості другого роду, забезпечуючи стабільність структури навіть при тривалому термічному навантаженні [22, 23].

Після проведення повного термічного циклу, структура по всьому перерізу валу є сорбітом відпустки, а твердість деталі знижується до рівня 25–30 HRC. Така структура забезпечує оптимальний баланс між міцністю, твердістю та пластичністю, що робить її придатною для експлуатації в умовах змінних механічних навантажень і контактних взаємодій [22, 23].

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП фургону ГАЗ-66-11

4.1 Дефектування ведучого валу КПП та складання маршруту його відновлення

Дефекти первинного валу КПП, способи їх усунення та розміри, які вибирають з ТУ на КР фургону ГАЗ-66-11, наведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дефекти первинного валу КПП, способи їх усунення та розміри поверхонь

№ дефекту	Знос	Спосіб встановлення дефекту	Діаметр (Ø)			Висновки
			Номинальний, мм	Допустимий без ремонту, мм	Дійсний, мм	
1	Поверхні під кульковий підшипник 24-1701190 у корпусі КПП	Мікрометр, МК-50-0,01, Код 1101100502 [24]	30,020	30,000	29,020	Хромування, шліфування
2	Поверхні під кульковий підшипник М-7600 на вихідному кінці валу	Мікрометр, МК-25-0,01, Код 1101100501 [24]	17,020	17,000	16,880	Наплавлення, зточування, шліфування
3	Внутрішн. отвору під роликівий підшипник 20-1701182	Нутромір індикаторний [25]	30,230	30,250	30,310	Залізнення, шліфування

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4.2 Можливі методи відновлення ведучого валу КПП

4.2.1 Вібродугове наплавлення ведучого валу

Вібродугове наплавлення є ефективним методом відновлення зношених деталей, головною перевагою якого є невелике теплове навантаження на оброблювану деталь. Температура нагрівання під час процесу досягає лише близько 100 °С, що дозволяє звести до мінімуму розмір зони термічного впливу. Завдяки цьому, властивості основного металу залишаються практично незмінними, а наплавлений шар має високу твердість та зносостійкість без потреби у додатковій ТермО.

Процес вібродугового наплавлення базується на циклічному замиканні та розмиканні електричного кола між електродним дротом та поверхнею ведучого валу. Один повний цикл вібрації включає 4 послідовні етапи:

1. Короткочасне електричне замикання.
2. Відрив електрода від поверхні ведучого валу.
3. Електричний розряд між електродом і ведучим валом.
4. Період холостого ходу.

Під час кожного циклу на поверхні ведучого валу залишається частинка розплавленого металу, яка формує новий наплавлений шар.

Найбільше поширення в ремонті отримало вібродугове наплавлення у середовищі охолоджуючої рідини. Цей метод дозволяє отримувати структури з різними властивостями, використовуючи той самий електродний дріт. При подачі рідини безпосередньо у зону наплавлення досягається та ж твердість і зносостійкість, однак втомна міцність знижується до (30,0–40,0)%. Якщо охолодження здійснюють на певній відстані від зони наплавлення, зниження міцності буде незначним, хоча твердість і зносостійкість при цьому трохи знижуються. Рекомендована витрата рідини становить до 0,50 л/хв.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.2 Гальванічні покриття ведучого валу

4.2.2.1 Хромування ведучого валу

Хромування — найпоширеніший гальванічний процес, який застосовується для компенсації зносу деталей, а також як антикорозійне та декоративне покриття. Його популярність пояснюється високою твердістю хромового шару, яка перевищує твердість сталі 45 після гартування у (2,0–3,0) рази. Електролітичний Cr відзначається кислотостійкістю, термостійкістю та гарною адгезією до металів.

Недоліком є те, що хромування зменшує втомну міцність оброблених деталей на (20,0–30,0) % через внутрішні розтягуючі напруження, які виникають під час осадження металу.

Оптимальні результати досягаються при хромуванні в універсальному електроліті за температури (50–60) °C і катодній щільності струму (50–80) А/дм². У такому випадку внутрішні напруження реалізуються у вигляді мережі мікротріщин, що знижує ризик утворення глибоких тріщин.

4.2.2.2 Залізнення ведучого валу

Залізнення — це процес нанесення твердого зносостійкого залізного покриття з використанням гарячих хлористих електролітів. Метод відзначається наступними перевагами:

1. Високий вихід металу по струму — до (85,0–90,0) %.
2. Швидке нанесення шару.
3. Зносостійкість покриття не нижча сталі 45 після гартування.
4. Можливість формування покриттів товщиною $h = (1,0–1,5)$ мм.
5. Простота та низька вартість електроліту.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.3 Шліфування поверхонь ведучого валу після відновлення

Шліфування — це важливий етап обробки після ремонту чи шпаклювання поверхні, який дозволяє усунути дрібні дефекти, згладити нерівності та підготувати деталь до подальшого фарбування або нанесення покриття.

Види шліфування:

1. Сухе шліфування — виконується без додаткової рідини;
2. Мокре шліфування — поверхня рясно змочується водою, що покращує якість обробки, зменшує утворення пилу та подовжує термін служби абразивного матеріалу.

Для обробки використовують водостійкий абразивний папір з дрібним зерном, а також електричні або пневматичні шліфувальні машинки.

Після завершення шліфування ведучий вал необхідно ретельно промити водою та висушити стисненим повітрям, що забезпечує чисту та підготовлену поверхню для подальшої обробки.

4.3 Проектування технологічного процесу відновлення ведучого валу

ТП усунення дефекту № 1 ведучого валу наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – ТП усунення дефекту № 1 ведучого валу по № операцій (див. табл. 4.1)

№ оп.	Найменування	Зміст операції
1	Гальванічна	Хромування зношеного посадкового місця під кульковий підшипник з $d = 29,020$ мм до $D = 30,520$ мм на довжині $l = 19,0$ мм
2	Шліфувальна	Шліфування посадкового місця під кульковий підшипник з $d=30,520$ мм до $D=30,020$ мм на довжині $l = 19,0$ мм

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТП усунення дефекту № 2 ведучого валу наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – ТП усунення дефекту № 2 ведучого валу по № операцій (див. табл. 4.1)

№ оп.	Найменування	Зміст операції
1	Наплавлювальна	Наплавлення металу з $\varnothing 16,880$ мм до $\varnothing 18,880$ мм на довжині $l = 12,0$ мм
2	Токарна	Розточення металу з $\varnothing 18,880$ мм до $\varnothing 17,880$ мм на довжині $l = 12,0$ мм
3	Шліфувальна	Шліфування поверхні під роликівий підшипник з $d = 17,880$ мм до $D = 17,020$ мм на довжині $l = 12,0$ мм

ТП усунення дефекту № 3 ведучого валу наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – ТП усунення дефекту № 3 ведучого валу по № операцій

№ оп.	Найменування	Зміст операції
1	Гальванічна	Залізнення поверхні під роликівий підшипник з $\varnothing 30,310$ мм до $\varnothing 29,170$ мм на довжині $l = 19,0$ мм
2	Шліфувальна	Шліфування поверхні під роликівий підшипник з $d = 29,170$ мм до $D = 30,230$ мм на довжині $l = 19,0$ мм

Зведені операції відновлення ведучого валу наведені у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Зведені операції відновлення ведучого валу по № операцій

№ оп.	Найменування операції	№ переходу	Зміст операції
005	Наплавлювальна		Наплавлення металу з $\varnothing 16,880$ мм до $\varnothing 18,880$ мм на довжині $l = 12,0$ мм (дефект № 2)
010	Гальванічна	1	Хромування поверхні під кульковий підшипник з $\varnothing 29,020$ мм до $\varnothing 30,520$ мм на довжині $l = 19,0$ мм (дефект № 1)
		2	Залізнення поверхні під роликівий підшипник з $\varnothing 30,310$ мм до $\varnothing 29,170$ мм на довжині $l = 19,0$ мм (дефект № 3): – склад електроліту: хлорид Fe 380 г/л +

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

			аскорбінова кислота 1,50 г/л; – кислотність електроліту 1,10 рН; – температура 40 °С; – щільність струму 0,20 А/см ² ; – вихід Fe по струму 95,2 %; – швидкість осадження Fe – 12,2 мкм/хв – твердість HRC 38.
015	Токарна		Точіння металу з \varnothing 18,880 мм до \varnothing 17,880 мм на довжині $l = 12,0$ мм (дефект № 2) – рис. А2
020	Шліфувальна	1	Шліфування посадкового місця під кульковий підшипник з \varnothing 30,520 мм до \varnothing 30,020 мм на довжині $l = 19,0$ мм (дефект № 1)
		2	Шліфування поверхні під роликовий підшипник з \varnothing 17,880 мм до \varnothing 17,020 мм на довжині $l = 12,0$ мм (дефект № 2)
		3	Шліфування поверхні під роликовий підшипник з \varnothing 29,170 мм до \varnothing 30,230 мм на довжині $l = 19,0$ мм (дефект № 3) – рис. А3
025	Контрольна	1	Вимірювання зовнішнього \varnothing посадкового місця під підшипник
		2	Вимірювання зовнішнього \varnothing посадкового місця під підшипник
		3	Вимірювання внутрішнього \varnothing посадкового місця під роликовий підшипник

4.4 Структурна послідовність відновлення ведучого валу КПП

Процес відновлення ведучого валу передбачає суворе дотримання певної технологічної послідовності, що забезпечує ефективне усунення дефектів та відновлення експлуатаційних характеристик. Формування цієї послідовності базується на дотриманні таких основних вимог:

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Об'єднання однойменних операцій для всіх виявлених дефектів. Це дозволяє оптимізувати процес відновлення, зменшити витрати часу та ресурсів, а також забезпечити узгодженість технологічних переходів.

2. Збереження якості оброблених поверхонь. Кожна наступна операція має бути підібрана таким чином, щоб не погіршити стан робочих поверхонь, які були відновлені або оброблені на попередньому етапі. Важливо, щоб міцність, шорсткість, геометрія і точність залишалися незмінними або покращувалися.

3. Дотримання логічної технологічної черговості:

– насамперед виконуються підготовчі операції, які включають очищення, дефектацію, усунення забруднень і залишків старих покриттів; однією з 1-х і найважливіших є операція відновлення або створення базових поверхонь, які в подальшому використовуються для точного позиціонування деталі;

– наступним етапом ідуть операції, пов'язані з компенсацією зносу та відновленням геометрії: зварювання, наплавлення, ковальсько-пресові, гальванічні покриття тощо; ці методи дозволяють наростити необхідний шар матеріалу на зношених поверхнях;

– далі застосовуються механічні (верстатні) або слюсарні операції, які призначені для зняття основного припуску та наближення форми деталі до номінальної (етап чорнової обробки);

– завершальними в ТП відновлення є фінішні операції, до яких належать чистова механічна обробка, шліфування, доведення або електрофізичні методи обробки; вони дозволяють досягти потрібних значень розмірної точності, геометрії та шорсткості робочих поверхонь, які з'єднуються з іншими деталями;

– останнім етапом обов'язково виконуються контрольні операції, які включають вимірювання, візуальний огляд, перевірку на герметичність, балансування та інші методи контролю якості, що гарантують відповідність відновленої деталі технічним вимогам і стандартам.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, дотримання вищезгаданої структурної послідовності не лише забезпечує надійність та довговічність відновленого ведучого валу, але й сприяє зниженню затрат на ремонт та підвищенню загальної ефективності ТО машин і механізмів.

4.5 Вибір обладнання для операцій ТП відновлення ведучого валу

Вибір обладнання для операцій ТП відновлення ведучого валу наведено у табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Вибір обладнання для операцій ТП відновлення ведучого валу

№ оп.	Найменування операції	Найменування обладнання, його характеристики
005	Наплавлювальна (вібродугове наплавлення) [27]	<p>1. Дизельний генератор Matarì MC250LS [26] – рис. А4.</p> <p>2. Токарний верстат з редуктором, який знижує число обертів шпинделя – рис. А8 [32].</p> <p>3. Вібродугова голівка ВДГ-3 (рис. А5) з електромагнітним і механічним вібратором, яка монтується на супорті токарного верстата і забезпечує не лише подачу зварювального дроту в зону наплавлювальної ванни, але й її вібрацію для створення умов горіння дуги.</p> <p>– номінальний зварювальний струм $I = 420$ А;</p> <p>4. Зварювальний дріт Нп-30ХГСА $\varnothing 1,5$ мм;</p> <p>– швидкість подачі дроту $v = 1,8$ м/хв.</p> <p>5. Патрон токарний 3-х кулачковий [34].</p> <p>6. Лещата слюсарні [35].</p> <p>7. Центр обертовий А-1-4-У [36].</p>
010	Гальванічна (хромування) [28-31]	<p>Ванна (рис. А6), установка для хромування (рис. А7):</p> <p>– електроліт: хромового ангідриду - 250 г/л, сірчаної кислоти - 2,5 г/л;</p> <p>– катодна густина струму хромування $D_k = 60,0$ А/дм²;</p> <p>– температура $t = 60$ °С;</p> <p>– товщина шару хромового покриття $h = 0,75$ мм;</p> <p>– тривалість хромування $T = 79,8$ хв.;</p>

		– швидкість осадження хрому 60 мкм/год.
015	Токарна [32]	Токарний верстат по металу JPAuto Industrial WM210V 900w 210x400s
020	Шліфувальна [33]	Верстат круглошліфувальний універсальний 3151

4.6 Розрахунок операцій ТП відновлення ведучого валу

Операція 005 – наплавлювальна (див. табл. 4.3, операція №1)

Припуск на обробку ведучого валу, мм [37-40]:

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{18,88 - 16,88}{2} = 1,0 \quad (4.1)$$

Кількість робочих проходів, шт. [37-40]:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{1}{1} = 1; \quad (4.2)$$

Частота обертів ведучого валу, об/хв. [37-40]:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{1,50}{16,88} = 28,0. \quad (4.3)$$

де $V = 1,50$ м/хв. – швидкість наплавлення ведучого валу [37-40];

$d = 16,880$ мм – діаметр ведучого валу;

Основний час наплавлення ведучого валу, хв.:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{12,0 \cdot 1,0}{28,0 \cdot 1,80} = 0,24, \quad (4.4)$$

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $L = 12,0$ мм – довжина наплавлювальної ділянки валу;

$i = 1,0$ – число проходів;

$S = 1,80$ мм/об. – крок наплавлення ведучого валу [37-40];

Оперативний час наплавлення ведучого валу, хв.:

$$T_{on} = T_o + T_{дон} = 0,24 + 0,50 = 0,74, \quad (4.5)$$

де $T_{дон} = 0,50$ хв. – допоміжний час [37-40].

Додатковий час наплавлення ведучого валу, хв. [37-40]:

$$T_{доод} = \frac{K_{доод} \cdot T_{on}}{100} = \frac{15,0 \cdot 0,74}{100} = 0,11, \quad (4.6)$$

де $K_{доод} = 15,0$ – коефіцієнт;

Нормований час наплавлення ведучого валу, хв. [37-40]:

$$T_n = T_o + T_{дон} + T_{доод} + \frac{T_{nz}}{n_\delta} = 0,24 + 0,50 + 0,11 + \frac{16,0}{22,0} = 1,60, \quad (4.7)$$

де $T_{nz} = 16,0$ хв. – підготовчо-заклучний час.

$n_\delta = 22,0$ – коефіцієнт.

Операція 010 – гальванічна (див. табл. 4.2, операція №1)

Перехід № 1:

Товщина шару хромового покриття, мм (див. табл. 4.2, операція №1):

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{30,52 - 29,02}{2} = 0,75. \quad (4.8)$$

Основний час хромування ведучого валу, хв.:

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = 99500 \cdot \frac{h}{D_k} = 99500 \cdot \frac{0,75}{60,0} = 1243,75, \quad (4.9)$$

де $D_k = 60,0$ А/дм² – катодна густина струму хромування [37-40].

Нормований час хромування ведучого валу, хв.:

$$T_n = \frac{(T_o + T_{доп.неп} + T_{оп.неп}) \cdot 1,12}{n_{\partial} \cdot K_{\epsilon}} = \frac{(1234,75 + 3,84 + 6,39) \cdot 1,12}{22,0 \cdot 0,80} = 79,8, \quad (4.10)$$

де $T_{доп.неп} = 0,480$ хв. – допоміжний час хромування ведучого валу [37-40];

$T_{оп.неп} = 6,390$ хв. – оперативний час хромування ведучого валу [37-40];

$K_{\epsilon} = 0,80$ – коефіцієнт використання обладнання для хромування [37-40].

Перехід № 2

Товщина шару хромового покриття, мм (див. табл. 4.2):

$$h = \frac{d - D}{2} = \frac{30,31 - 29,17}{2} = 0,57. \quad (4.11)$$

Оперативний час хромування ведучого валу, хв.:

$$T_o = 28200 \cdot \frac{h}{D_k} = 28200 \cdot \frac{0,57}{60,0} = 267,90, \quad (4.12)$$

де $D_k = 60,0$ А/дм² – катодна густина струму [37-40].

Нормований час хромування ведучого валу, хв.:

$$T_n = \frac{(T_o + T_{доп.неп} + T_{оп.неп}) \cdot 1,12}{n_{\partial} \cdot K_{\epsilon}} = \frac{(267,9 + 3,84 + 4,33) \cdot 1,12}{22,0 \cdot 0,80} = 17,60, \quad (4.13)$$

де $T_{оп.неп} = 4,33$ хв. – оперативний час хромування ведучого валу [37-40];

$T_{доп.неп} = 0,48$ хв. – допоміжний час хромування ведучого валу [37-40];

$K_{\epsilon} = 0,80$ – коефіцієнт використання обладнання для хромування [37-40].

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 015 – токарна (див. табл. 4.3, операція №2)

Припуск на точіння ведучого валу, мм:

$$h = \frac{d - D}{2} = \frac{18,88 - 17,88}{2} = 0,5. \quad (4.14)$$

Кількість робочих проходів, шт.:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,5}{0,5} = 1. \quad (4.15)$$

Частота обертання ведучого валу при точінні, об/хв.:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{65,0}{18,88} = 1095,0, \quad (4.16)$$

де $V = 65,0$ м/хв. – швидкість різання [37-40].

За паспортними даними верстата частоту обертів приймають $n = 958,0$ об/хв.

Основний час точіння ведучого валу, хв.:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (4.17)$$

де

$$L = l + y = 12,0 + 2,0 = 14,0 \text{ мм}; \quad (4.18)$$

$y = 2,0$ мм – величина врізання і перебігу при токарній обробці ведучого валу [37-40];

$S = 0,08$ мм/об. – подача при чистовому повздовжньому точінні ведучого валу [37-40];

Тоді:

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{14,0 \cdot 1,0}{1095 \cdot 0,08} = 0,16. \quad (4.19)$$

Оперативний час точіння ведучого валу [37-40], хв.:

$$T_{on} = T_o + T_{дон} = 0,16 + 2,7 = 2,860, \quad (4.20)$$

де $T_{дон} = 2,70$ хв. – допоміжний час точіння ведучого валу [37-40].

Додатковий час точіння ведучого валу [37-40], хв.:

$$T_{дод} = \frac{K_{дод} \cdot T_{он}}{100} = \frac{8,0 \cdot 2,860}{100} = 0,23, \quad (4.21)$$

де $K_{дод} = 0,08$ – додатковий час у відсотковому відношенні до оперативного часу, що становить 8,0% [37-40].

Нормований час точіння ведучого валу, хв.:

$$T_n = T_o + T_{дон} + T_{дод} + \frac{T_{нз}}{n_\partial} = 0,14 + 2,70 + 0,23 + \frac{7,0}{22} = 3,40, \quad (4.22)$$

де $T_{нз} = 7,0$ хв. – підготовчо-заклучний час точіння ведучого валу [37-40].

Операція 020 – шліфувальна

Перехід №1 (див. табл. 4.2, операція № 2)

Припуск на обробку ведучого валу, мм:

$$h = \frac{d - D}{2} = \frac{30,520 - 30,020}{2} = 0,25. \quad (4.23)$$

Кількість робочих проходів, шт.:

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,25}{0,05} = 5. \quad (4.24)$$

Частота обертання ведучого валу, об/хв.:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{12,0}{30,520} = 125,0, \quad (4.25)$$

де $V = 12,0$ м/хв. – швидкість шліфування [37-40].

За паспортними даними частота обертання приймається $n = 150,0$ об/хв.

Повздовжня подача при шліфуванні, мм/об.:

$$S_{\text{повз}} = B_k \cdot \beta = 10,0 \cdot 0,20 = 2,0, \quad (4.26)$$

де $B_k = 10,0$ мм – ширина шліфувального круга [37-40];

$\beta = 0,20$ – повздовжня подача від ширини круга [37-40].

Довжина робочого ходу при шліфуванні, мм:

$$L = l + 3 = 19,0 + 3,0 = 22,0. \quad (4.27)$$

Основний час при шліфуванні, хв.;

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{повз}}} \cdot K_e = \frac{22,0 \cdot 5,0}{125,0 \cdot 2,0} \cdot 1,70 = 0,70, \quad (4.28)$$

де $K_e = 1,70$ – коефіцієнт зачисних ходів (приймається 1,20-1,70 залежно від вимог до чистоти обробки; більше значення – для вищого класу чистоти).

Оперативний час при шліфуванні, хв.;

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{дон}} = 0,70 + 0,540 = 1,240, \quad (4.29)$$

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{дон}$ 0,540 хв. – допоміжний час [37-40].

Додатковий час при шліфуванні, хв.:

$$T_{доод} = \frac{K_{доод} \cdot T_{он}}{100} = \frac{9,0 \cdot 1,240}{100} = 0,110, \quad (4.30)$$

де $K_{доод} = 9,0\%$ – додатковий час у відсотковому відношенні до оперативного часу [37-40].

Нормований час при шліфуванні, хв.:

$$T_n = T_o + T_{дон} + T_{доод} + \frac{T_{нз}}{n_o} = 0,70 + 0,540 + 0,110 + \frac{7,}{22,0} = 1,70, \quad (4.31)$$

де $T_{нз} = 7,0$ хв. – підготовчо-заключний час [37-40].

Перехід №2 (див. табл. 4.3, операція № 3)

Припуск на обробку ведучого валу, мм:

$$h = \frac{d - D}{2} = \frac{17,880 - 17,020}{2} = 0,43. \quad (4.32)$$

Кількість робочих проходів при шліфуванні, шт.:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,430}{0,050} = 9,0. \quad (4.33)$$

Частота обертання ведучого валу, об/хв.:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{10}{17,88} = 178, \quad (4.34)$$

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $V = 10,0$ м/хв. – швидкість при шліфуванні [37-40].

За паспортними даними частоту обертання приймається $n = 150,0$ об/хв.

Повздовжня подача при шліфуванні, мм/об.:

$$S_{\text{позд}} = B_k \cdot \beta = 10,0 \cdot 0,20 = 2,0, \quad (4.35)$$

де $B_k = 10,0$ мм – ширина шліфувального круга [37-40];

$\beta = 0,20$ – повздовжня подача від ширини круга.

Довжина робочого ходу при шліфуванні, мм:

$$L = l + 3,0 = 12,0 + 3,0 = 15,0. \quad (4.36)$$

Основний час при шліфуванні, хв. [37-40]:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{позд}}} \cdot K_\epsilon = \frac{15,0 \cdot 9,0}{178,0 \cdot 2,0} \cdot 1,70 = 0,640, \quad (4.37)$$

де $K_\epsilon = 1,70$ – коефіцієнт зачисних ходів.

Оперативний час при шліфуванні, хв.:

$$T_{\text{он}} = T_o + T_{\text{доп}} = 0,640 + 0,540 = 1,180, \quad (4.38)$$

де $T_{\text{доп}} = 0,540$ хв. – допоміжний час при шліфуванні [37-40].

Додатковий час при шліфуванні, хв.:

$$T_{\text{дод}} = \frac{K_{\text{дод}} \cdot T_{\text{он}}}{100} = \frac{9 \cdot 1,180}{100} = 0,10, \quad (4.39)$$

де $K_{\text{дод}} = 9,0\%$ – додатковий час у відсотковому відношенні до оперативного часу [37-40].

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормований час при шліфуванні, хв. [37-40]:

$$T_n = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}} + \frac{T_{nz}}{n_d} = 0,640 + 0,540 + 0,10 + \frac{7,0}{22,0} = 1,60, \quad (4.40)$$

де $T_{nz} = 7,0$ хв. – підготовчо-заключний час [37-40].

Перехід №3 (див. табл. 4.2, операція № 2)

Припуск на обробку ведучого валу, мм [37-40]:

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{30,230 - 29,170}{2} = 0,530. \quad (4.41)$$

Кількість робочих проходів при шліфуванні, шт. [37-40].

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,53}{0,05} = 11,0. \quad (4.42)$$

Частота обертання ведучого валу, об/хв.:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{12,0}{29,170} = 131,0, \quad (4.43)$$

де $V = 12,0$ м/хв. – швидкість [37-40].

За паспортними даними частота обертання – $n = 150,0$ об/хв. [37-40].

Повздовжня подача при шліфуванні ведучого валу, мм/об.:

$$S_{\text{позд}} = B_k \cdot \beta = 10,0 \cdot 0,20 = 2,0, \quad (4.44)$$

де $B_k = 10,0$ мм – ширина шліфувального круга [37-40];

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\beta = 0,20$ – повздовжня подача в частках ширини круга [37-40].

Довжина робочого ходу при шліфуванні ведучого валу, мм:

$$L = l + 3,0 = 19,0 + 3,0 = 22,0. \quad (4.45)$$

Основний час при шліфуванні ведучого валу, хв.:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{повз}} \cdot K_\epsilon = \frac{22,0 \cdot 11,0}{131,0 \cdot 2,0} \cdot 1,70 = 1,80, \quad (4.46)$$

де $K_\epsilon = 1,70$ – коефіцієнт зачисних ходів.

Оперативний час при шліфуванні ведучого валу, хв.:

$$T_{on} = T_o + T_{доп} = 1,80 + 0,540 = 2,340, \quad (4.47)$$

де $T_{доп} = 0,540$ хв. – допоміжний час [37-40].

Додатковий час при шліфуванні ведучого валу, хв.:

$$T_{доод} = \frac{K_{доод} \cdot T_{on}}{100} = \frac{9,0 \cdot 2,340}{100} = 0,20, \quad (4.48)$$

де $K_{доод} = 9,0\%$ – додатковий час у відсотковому відношенні до оперативного часу [37-40].

Нормований час при шліфуванні ведучого валу, хв.:

$$T_n = T_o + T_{доп} + T_{доод} + \frac{T_{нз}}{n_\phi} = 1,80 + 0,540 + 0,20 + \frac{7,0}{22,0} = 2,90, \quad (4.49)$$

де $T_{нз} = 7,0$ хв. – підготовчо-заключний час [37-40].

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операція 025 – контрольна

Перехід № 1

Час вимірювання посадкового місця під кульковий підшипник – 2,0 хв. (див. табл. 4.1).

Перехід № 2

Час вимірювання посадкового місця під кульковий підшипник – 2,0 хв. (див. табл. 4.1).

Перехід № 3

Час вимірювання посадкового місця під роликівий підшипник – 2,0 хв. (див. табл. 4.1).

Загальний час на відновлення первинного валу, хв.:

$$T_{\text{ЗАГ}} = 1,60 + 17,60 + 3,40 + 79,80 + 1,70 + 1,60 + 2,90 + 2,0 + 22,0 + 22,0 = 114,60 \quad (4.50)$$

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Наведені загальні відомості та технічна характеристика повнопривідного вантажного автомобіля підвищеної прохідності ГАЗ-66-11.

Представлені загальні відомості, діагностика дефектів і ремонт коробки передач вантажного фургону ГАЗ-66-11.

Описана загальна характеристика, умови роботи та зношування ведучого валу коробки передач, а також аналіз причин виходу його з ладу.

Проаналізовані вимоги до матеріалів деталей коробок передач; представлено хімічний склад, функції легуючих елементів, термічна обробка сталі 40ХНМА та розроблена технологія її антифлокенного відпалу; розраховані параметри термічного циклу гартування та відпуску первинного валу зі сталі 40ХНМА.

Проведене дефектування ведучого валу КПП та складання маршруту його відновлення. Досліджені можливі методи відновлення ведучого валу та спроектований відповідний технологічний процес:

1) для зношеної поверхні під кульковий підшипник у корпусі КПП застосоване електролітичне хромування за наступними параметрами:

- склад електроліту – 250 г/л хромового ангідриду + 2,5 г/л сірчаної кислоти;
- катодна щільність струму хромування $D_k = 60,0 \text{ А/дм}^2$;
- температура $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$;
- товщина шару хромового покриття $h = 0,75 \text{ мм}$;
- тривалість хромування $T = 79,8 \text{ хв.}$;
- швидкість осадження хрому 60 мкм/год.

2) для відновлення зношеної поверхні під кульковий підшипник на вихідному кінці валу рекомендоване вібродугове наплавлення за наступними параметрами:

- номінальний зварювальний струм $I = 420 \text{ А}$;
- зварювальний дріт Нп-30ХГСА $\varnothing 1,5 \text{ мм}$;
- швидкість подачі дроту $v = 1,8 \text{ м/хв.}$

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) для зношеної поверхні під внутрішній отвір під роликовий підшипник реалізоване електролітичне залізнення за наступними параметрами:

- склад електроліту: хлорид Fe 380 г/л + аскорбінова кислота 1,50 г/л;
- кислотність електроліту 1,10 рН;
- температура 40 °С;
- щільність струму 0,20 А/см²;
- вихід Fe по струму 95,2 %;
- швидкість осадження Fe – 12,2 мкм/хв.;
- твердість HRC 38.

Вибране обладнання, розраховані режими механічної обробки нанесених покриттів, визначені технічні норми часу на їх виконання і складені операційні карти.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Технічні характеристики автомобіля ГАЗ-66 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fotocvetov.com/allinnews/tb&com&uu/blogs/tehnichni/uk/gabarit-tehnichni-harakteristiki-avtomobila-gaz-66/>
2. ГАЗ-66 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ГАЗ-66>
3. Технічні характеристики автомобіля ГАЗ-66 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/4293969/page:8/>
4. Автомобіль ГАЗ-66-11 та його модифікації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.pedros.cz/GAZ/Manual_GAZ66.pdf
5. Трофименко П. Є. Основи бойового застосування артилерійської батареї: підручник / П. Є. Трофименко. – Суми: Сумський державний університет, 2022. – 311 с.
6. Трофименко П. Є. Основи бойового застосування артилерійської гармати: підручник / П. Є. Трофименко, С. П. Латін, Г. В. Сорокоумов, О. Ф. Супрун; за заг. ред. П. Є. Трофименка. – Суми: СумДУ, 2023. – 246 с.
7. ДШВ. Будова та експлуатація бронетанкового озброєння (в т.ч. водіння бойових машин) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://military.mdu.edu.ua/?page_id=1543
8. Коробка перемикачів передач (КПП) ГАЗ 66-11 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stn-avto.by/p34779976-korobka-pereklyucheniya-peredach.html>
9. Коробка передач ГАЗ 66: як перемикач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.automirok.com.ua/ru/korobka-peredach-gaz-66-kak-pereklyuchat/>
10. Короткий опис пристрою і ремонту коробки передач автомобілів ГАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://4ua.co.ua/transport/vb3bc68a5d53a89521316d27_0.html

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Знімач універсальний 35167 JTC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://forceauto.com.ua/ua/semniki/semniki-podshipnikov/s-ernik-universal-nyy-2-i-3-zahvata-7-quot-76-178mm>

12. Знімач тризахватний 24" (600мм) SK3L24 УКРАЇНА [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://grandinstrument.ua/ua/sk3l24/?gad_company=grandinstrument&gad_source=1&gbraid=0AAAAADJNFbb97GHR5fnByBzRrSB5CIo2y&gclid=Cj0KCQjwiLLABhCEARIsAJYS6ulu4pW0kT7kimYlpYB- Hp-aWrfAWNvclTQtXvido8vQTCt0sIE8nYaAkxbEALw_wcB

13. Знімач трилапий 4-х позиційний 800мм GP3J800 ХЗСО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://grandinstrument.ua/ua/sk4lzhel800/?gad_company=grandinstrument&gad_source=1&gbraid=0AAAAADJNFbb97GHR5fnByBzRrSB5CIo2y&gclid=Cj0KCQjwiLLABhCEARIsAJYS6umMbM7scGx306K8o93gX0A0ozn5aJCldVXKHx0PNV2JuN3jxS5BfGEaAlIAEALw_wcB

14. Знімач тризахватний 6" JJAL0306 ТОРТУЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://grandinstrument.ua/ua/jjal0306/?gad_company=grandinstrument&gad_source=1&gbraid=0AAAAADJNFbb97GHR5fnByBzRrSB5CIo2y&gclid=Cj0KCQjwiLLABhCEARIsAJYS6uk4tCINpCEoxsdsk7iRlh0zcRGUPRQ7IsE1cCgh59OCpD3vSDERF7MaApY7EALw_wcB

15. Стенд для коробки передач 500кг GEKO G02100 діапазон 1050-1820 мм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alora.com.ua/ua/p2250506280-stend-dlya-korobki.html?srsId=AfmBOop6OXogLrsWY9EBB9bfJ6ilVtwoLGXjXBj0pMQCzykjVtN-3FFI>

16. Хромонікелеві сплави 40ХНМА і 40ХН2МА-Ш [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metals-expert.com/stat/digest/30.html>

17. Сталь 40ХН2МА (40ХНМА) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auremo.org/materials/stal-40hn2ma-40hnma.html>

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Сталь 40ХН2МА (40ХНМА) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://evek.com.ua/materials/stal-40hn2ma-40hnma.html>

19. Сталь конструкційна легована 40ХН2МА (40ХНМА) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://c-met.ru/marki-metallov-i-splavov/stal-konstrukcionnaya/stal-konstrukcionnaya-legirovannaya/40hn2ma-40hnma>

20. 40ХНМА [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://msk-metall.com/marki-stali/konstruktsionnye-stali/legirovannye-stali/40hnma>

21. Навіщо вал шестерня [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ford.dn.ua/book/?Навіщо%20вал%20шестерня>

22. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Термічна обробка металів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство, за освітньо-професійною програмою «Матеріалознавство» всіх форм навчання / Укладач: Вакуленко І.О. – Кам'янське: ДДТУ, 2024.– 69 с. – Режим доступу: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/28/5-28-lr4.pdf>

23. Термічна обробка металів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vsprom.com/uk/metaloobrobka/termoobrobka>

24. Мікрометр гладкий з ціною поділки 0,01мм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://microtech-ua.com/manual/micromMK.pdf>

25. Нутромір індикаторний НІ 450-700 0.01мм [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kvrc.in.ua/ua/p1598186199-nutromer-indikatornyj-450.html>

26. Дизельний генератор Matari MC250LS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://matari.ua/ru/product/matari-mc250>

27. Коваленко А.В. Конспект лекцій з дисциплін «Ремонт транспортних засобів», "Ремонт технічних засобів електричного транспорту". Частина II (для студентів 4–5 курсів усіх форм навчання спеціальностей 7.092201 «Електричні системи і комплекси транспортних засобів», 6.092200 "Електричний транспорт") / А. В. Коваленко, М. А. Голтв'янський; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 107 с.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28. Чернета О.Г. Конспект лекцій навчальної дисципліни «Ефективні матеріали і покриття при виготовлення і відновлення деталей автомобілів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт». – Кам'янське: ДДТУ, 2018. – 64 с.

29. Метали та матеріали, що застосовуються при нарощуванні деталей електролітичним покриттям [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/1.8.html

30. Відновлення деталей електролітичними і хімічними покриттями [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9976418/page:49/>

31. Кальченко В.І. Відновлення деталей автомобілів: Навчальний посібник / Кальченко, В.В. Кальченко, В.І. Венжега. – Чернігів: ЧНТУ, 2013. – 192с.

32. Токарний верстат по металу JPAuto Industrial WM210V 900w 210x400 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://jpauto.com.ua/ua/stanki-tokarnye/kitay-wm-210v-400_5144.html

33. Верстат круглошліфувальний універсальний 3151 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.metalinstrument.com/sprav_3151.htm

34. Патрон токарний 3-х кулачковий Ф 250 мм. 7100-0035П на конус М6, тип 2 (Fuerda) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://instrumentservis.ua/products/patron-tokarnyjj-3kh-kulachkovyjj-f-250-mm-71000035-fuerda.html?srsId=AfmBOoo1TFQE50LY8eBUifn7MC0ofFxeeKwC9dGpx0Yn2d1S-XXAWLJ4>

35. Лещата слюсарні поворотні 125мм 10 кг. Yato YT-6502 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.motoblok.biz.ua/catalog/12048/leshchata/11990/leshchata-slyusarni-povorotni-125mm-10-kg-yato-yt-6502-new4.html?gad_source=1&gad_campaignid=20974176429&gclid=Cj0KCQjwiqbBBhC

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[AARIsAJSfZkZYWhz4Cf9p2hEbf7tHE1MNxR7VjN6H1RTHuFirXB-tUOWMWMirQKQaAl_BEALw_wcB](https://tokar33.com.ua/ua/p888268257-tsentr-vraschayuschisya-gost.html?srsltid=AfmBOopvS16m-1PRDVD85LwQbfn2mp8lq98FVPiBNcfbHM8nlVluZ_lg)

36. Центр обертовий А-1-4-У [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tokar33.com.ua/ua/p888268257-tsentr-vraschayuschisya-gost.html?srsltid=AfmBOopvS16m-1PRDVD85LwQbfn2mp8lq98FVPiBNcfbHM8nlVluZ_lg

37. Гоменюк Д. В. Технології верстатних робіт: підручник / Д. В. Гоменюк, Л. А. Романов, М. М. Шимановський. – Житомир: "Полісся", 2021. – 492 с.

38. Клименко В.М. Технологія конструкційних матеріалів. Частина третя. Основи механічної обробки матеріалів. Навчальний посібник / В.М. Клименко, О.П Шиліна, А.Ю.Осадчук – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.–73 с.

39. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

40. Олійник С. Ю. Технологічні основи машинобудування : конспект лекцій для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / С. Ю. Олійник, С. Г. Онищук, В. І. Тулупов. – Краматорськ: ДДМА, 2020. – 155 с.

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					КРБМТВА 2522161.000 ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		