

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Вдосконалення технології виготовлення елементів вихлопних систем легкових автомобілів

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

Шифр КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ

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

  
Підпис

Владислав ЄМЕЦЬ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник К.Т.Н., доц.  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

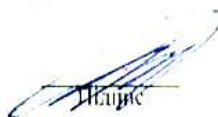
Олександр РУДИК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис

Олег МАКОВКІН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ  
Назва

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 10.08.25

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**

Ємцю Владиславу Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

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

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

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

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

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

3. Вихідні дані до роботи:

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

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

1. *Загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н.*

2. *Коробка перемикачів передач вантажівки ЗіЛ-43272Н.*

3. *Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н.*

4. *Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н.*

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

Владислав ЄМЕЦЬ  
Ім'я, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Олександр РУДИК  
Ім'я, прізвище

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 73 сторінки, кількість рисунків – 19, таблиць – 10, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 29.

Студент гр. МТВАс-22-2 Ємець Владислав Васильович

Тема «Відновлення ведучого валу КПП вантажного автомобіля».

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП вантажного автомобіля ЗіЛ-43272Н. Матеріалом її виготовлення є хромонікелева легована сталь 25ХГМ ДСТУ 7806:2015. У кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

– навести загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н та його коробку передач (основні несправності, технічне обслуговування, процедура ремонту);

– описати призначення ведучого валу та його конструктивне виконання з вибором матеріалу для виготовлення, розробити послідовність операцій та призначити режими термічної обробки з вибором необхідного обладнання;

– представлені рекомендації з усунення дефектів ведучого валу і розробити технологічний процес його відновлення.

**Перелік ключових слів:** ЗіЛ-43272Н, КПП, ВЕДУЧИЙ ВАЛ, СТАЛЬ 25ХГМ, ЦЕМЕНТАЦІЯ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ВІДНОВЛЕННЯ, ВІБРОДУГОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ, НАПЛАВЛЕННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ.

## Зміст

Анотація .....	6
Abstract .....	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ .....	9
<b>1 Загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Коробка перемикавання передач вантажівки ЗіЛ-43272Н.....</b>	<b>14</b>
2.1 Загальні відомості та призначення КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н.....	14
2.2 Основні несправності КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н .....	18
2.3 Технічне обслуговування КПП ЗіЛ-43272Н .....	19
2.4 Процедура ремонту КПП ЗіЛ-43272Н .....	20
2.4.1 Процес знімання КПП.....	20
2.4.2 Розбирання КПП.....	22
2.4.3 Випробування КПП після ремонту.....	24
<b>3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал</b>	
<b>ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н .....</b>	<b>31</b>
3.1 Призначення ведучого валу КПП та його конструктивне виконання.....	31
3.2 Вибір матеріалу ведучого валу КПП .....	32
3.3 Вплив легуючих елементів сталі 25ХГМ на технологію її термообробки	35
3.4 Вибір виду термічної обробки ведучого валу КПП .....	39
3.4.1 Вибір послідовності операцій та призначення режимів	
термічної обробки ведучого валу КПП.....	39

КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Відновлення ведучого валу КПП вантажного автомобіля</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Смець						4	70
Перевір.	Рудик					ХНУГр.МТВАс-22-2		
Н. Контр.	Маковкін							
Затверд.	Диха							

## Зміст

Анотація .....	6
Abstract .....	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ .....	9
<b>1 Загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Коробка перемикання передач вантажівки ЗіЛ-43272Н.....</b>	<b>14</b>
2.1 Загальні відомості та призначення КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н.....	14
2.2 Основні несправності КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н .....	18
2.3 Технічне обслуговування КПП ЗіЛ-43272Н .....	19
2.4 Процедура ремонту КПП ЗіЛ-43272Н .....	20
2.4.1 Процес знімання КПП.....	20
2.4.2 Розбирання КПП.....	22
2.4.3 Випробування КПП після ремонту.....	24
<b>3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал</b>	
<b>ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н .....</b>	<b>31</b>
3.1 Призначення ведучого валу КПП та його конструктивне виконання.....	31
3.2 Вибір матеріалу ведучого валу КПП .....	32
3.3 Вплив легуючих елементів сталі 25ХГМ на технологію її термообробки	35
3.4 Вибір виду термічної обробки ведучого валу КПП .....	39
3.4.1 Вибір послідовності операцій та призначення режимів	
термічної обробки ведучого валу КПП.....	39

					<b>КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ємець				<b>Відновлення ведучого валу КПП вантажного автомобіля</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Рудик					4	70	
Н. Контр.	Маковкін				ХНУГр.МТВАс-22-2			
Затверд.	Диха							

3.4.2 Вибір обладнання для термічної обробки ведучого валу КПП.....	41
3.4.3. Особливості проведення цементації ведучого валу .....	42

#### **4 Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП**

<b>вантажівки ЗіЛ-43272Н.....</b>	<b>44</b>
4.1 Рекомендації з усунення дефектів ведучого валу КПП.....	44
4.1.1 Оцінка стану зубів ведучого валу.....	44
4.1.2 Методи усунення зносу та відновлення поверхонь.....	45
4.2 Відновлення зношених поверхонь ведучого валу КПП під кулькові підшипники вібродуговим наплавленням.....	46
4.2.1 Обладнання та оснащення робочого місця при вібродуговому наплавленні ведучого валу .....	48
4.2.2 Якість наплавленого металу та особливості процесу вібродугового наплавлення .....	49
4.3 Відновлення шліців ведучого валу методом автоматичного наплавлення під шаром флюсу.....	51
4.3.1 Флюси для автоматичного наплавлення .....	52
4.3.2 Особливості застосування флюсових сумішей та вплив режимів наплавлення в авторемонті .....	54
4.3.3 Устаткування для автоматичного наплавлення під шаром флюсу .	55
4.3.4 Вплив режимів і матеріалів на експлуатаційні властивості наплавленого металу .....	56
<b>Висновки.....</b>	<b>60</b>
<b>Список використаних джерел .....</b>	<b>62</b>
<b>Додатки .....</b>	<b>66</b>

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Анотація

Описано призначення ведучого валу КПП та його конструктивне виконання. Вибраний матеріал ведучого валу, проаналізовано вплив легуючих елементів сталі 25ХГМ на технологію її термообробки. Розроблена послідовність операцій та призначені режими термічної обробки ведучого валу, вибране необхідне для цього обладнання і наведені особливості проведення цементації.

Представлені рекомендації з усунення дефектів ведучого валу КПП і наведені методи усунення зносу та відновлення поверхонь: для відновлення зношених поверхонь ведучого валу КПП під кулькові підшипники застосоване вібродугове наплавлення а для відновлення шліців – автоматичне наплавлення під шаром флюсу.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Abstract

The purpose of the gearbox drive shaft and its design are described. The material of the drive shaft is selected, the influence of alloying elements of 25KhGM steel on the technology of its heat treatment is analysed. The sequence of operations is developed and the heat treatment modes of the drive shaft are assigned, the necessary equipment is selected for this and the features of cementation are given.

Recommendations are presented for eliminating defects in the gearbox drive shaft and methods for eliminating wear and restoring surfaces are given: to restore worn surfaces of the gearbox drive shaft under ball bearings, vibro-arc surfacing was used, and to restore splines, automatic surfacing under a layer of flux was used.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік скорочень

КПП – коробка перемикачів передач.

ТО – технічне обслуговування.

ЩО – щоденне обслуговування.

ТО-1 – 1-е технічне обслуговування.

ТО-2 – 2-е технічне обслуговування.

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

ТУ – технічні умови.

Fe – залізо.

C – вуглець.

Cr – хром.

Mn – марганець.

Mo – молібден.

Si – кремній.

Al – алюміній.

V – ванадій.

O<sub>2</sub> – кисень.

N<sub>2</sub> – азот.

H<sub>2</sub> – водень.

S – сірка;

P – фосфор.

Ac<sub>1</sub> – критична точка перетворення перліту в аустеніт.

Ac<sub>3</sub> (Ac<sub>m</sub>) – критична точка кінця розчинення фериту в аустеніті.

Ag<sub>1</sub> – критична точка перетворення аустеніту в перліт.

$\sigma_b$  – межа короткочасної міцності, [МПа].

$\sigma_{0,2}$  – границя (межа) текучості, [МПа].

$\delta$  – відносне видовження при розриві, [ % ].

KCU – ударна в'язкість, [кДж/м<sup>2</sup>].

НВ – твердість за Брінеллем, [МПа].

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

**Актуальність теми.** При вступі коробки передач вантажівки ЗіЛ-43272Н в капітальний ремонт багато її деталей в результаті зносу, втоми матеріалу, механічних і корозійних ушкоджень втрачає працездатність. Проте лише деякі з цих деталей втрачають працездатність повністю і вимагають заміни, а більшість (наприклад, ведучий вал) – мають залишковий ресурс і можуть бути використані повторно після проведення невеликого об'єму робіт по їх відновленню.

**Мета кваліфікаційної роботи:** розробити технологічний процес відновлення ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н.

**Завдання кваліфікаційної роботи:**

– навести загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н та його коробку передач (основні несправності, технічне обслуговування, процедура ремонту);

– описати призначення ведучого валу та його конструктивне виконання з вибором матеріалу для виготовлення, розробити послідовність операцій та призначити режими термічної обробки з вибором необхідного обладнання;

– представлені рекомендації з усунення дефектів ведучого валу і розробити технологічний процес його відновлення.

**Новизна роботи:** розроблений технологічний процес відновлення ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н.

**Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці:** розроблений технологічний процес можна рекомендувати для застосування при ремонті коробок передач.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 Загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н

ЗіЛ-130 став представником 3-го покоління вантажних автомобілів, які розроблялися на одному з найвідоміших підприємств радянського автопрому — Заводі імені Лихачова (раніше — Завод ім. Сталіна, ЗІС). Його створення стало продовженням технічної еволюції моделей серії ЗІС, зокрема, розробки концептуального автомобіля ЗІС-125, який і став основою для майбутнього ЗіЛ-130. Роботи над проектом стартували ще в 1953 р., коли конструктори почали адаптацію та вдосконалення технічних рішень. Перші дослідні зразки були зібрані в 1957 р. і після низки випробувань у вересні 1962 р. було розпочато серійне виробництво, а з 1964 р. — повномасштабний масовий випуск [1-4].

Модель ЗіЛ-130 швидко здобула популярність, ставши одним з найбільш масових вантажних автомобілів радянського періоду. До 1994 р. на заводі було вироблено понад 3,38 мільйона одиниць цієї моделі, що свідчить про її популярність і затребуваність у різних сферах народного господарства.

Починаючи з 1992 р., після реорганізації виробництва, випуск ЗіЛ-130 було продовжено на Уральському автомоторному заводі (УАМЗ). Пізніше, у 2004 р., підприємство отримало нову назву — «Автомобілі та мотори Уралу» (АМУР), а сама модель — новий індекс АМУР-53131.

Однією з головних переваг ЗіЛ-130 стала його технічна іноваційність. Уперше в історії радянського автопрому в цій моделі було застосовано гідропідсилювач керма, синхронізовану КПП, удосконалену конструкцію шарнірів карданної передачі, тримісну кабінку, омивач вітрового скла та передпусковий підігрівач двигуна. Усі ці нововведення значно покращили комфорт, керованість та експлуатаційні характеристики автомобіля, що дозволило йому утримувати лідерські позиції на ринку протягом багатьох років [1-4].

У грудні 1991 р. відбувся розпад СРСР, що спричинило втрату багаторічних економічних зв'язків між союзними республіками. Це поставило завод у складне становище і виробничу програму довелося переглядати й адаптувати під нові

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

економічні умови. На ситуацію також вплинула поява іноземних конкурентів, з якими ЗіЛ раніше не мав справи.

23 вересня 1992 р. Завод імені Лихачова (ЗіЛ) був приватизований — це було перше підприємство в галузі, яке пройшло процес приватизації. Воно перетворилось у Відкрите Акціонерне Московське Товариство «АМО ЗіЛ», при цьому вдалося зберегти знамениту торгову марку «ЗіЛ». Було створено новий управлінський орган — Раду директорів, що стало важливим кроком до модернізації управління підприємством. Крім головного виробничого комплексу, до складу товариства увійшло ще близько 30-ти дочірніх підприємств, що дозволило розширити сферу діяльності та налагодити багатопрофільне виробництво [1-4].

У 1996 р. підприємство АМО ЗіЛ презентувало новий перспективний магістральний сідельний тягач ЗіЛ-6404 з колісною формулою 6×4, який було оснащено потужним 410-сильним дизельним двигуном ЯМЗ-7511, а також спальним відсіком для водія, що забезпечувало зручність під час далеких рейсів. Автомобіль був здатен буксирувати автопоїзди повною масою до 40 тон з максимальною швидкістю до 105 км/год., що стало вагомим кроком уперед у напрямку розробки вантажного транспорту європейського рівня [1-4].

Далі, у 1998 р. було розпочато виробництво нової моделі — ЗіЛ-432720 з повним приводом (4×4) та колісною базою 3340 мм, яка мала підвищену прохідність і була придатною для використання в складних дорожніх умовах. На базі цього шасі було створено модифікацію ЗіЛ-432722, призначену для монтажу спеціалізованих надбудов, що широко застосовувались у комунально-дорожніх службах, зокрема для транспортування обладнання, прибирання територій або аварійно-ремонтних робіт [1-4].

До завершення ХХ століття АМО ЗіЛ суттєво розширив модельний ряд. Завод випускав вантажні автомобілі у більш ніж 120 варіантах виконання, з урахуванням різних шасі, кузовів і призначення.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виготовлення спеціалізованих кузовів здійснювали понад 100 підприємств у країнах СНД. До виготовлення комплектуючих долучалось ще близько 800 заводів і майстерень, що створювало потужну коопераційну мережу в галузі.

Однак, попри технічний потенціал, виробничі обсяги залишались низькими. У період з 1998 по 2000 роки щорічно випускалося лише 20–22 тисячі вантажівок, що складало лише 10-ту частину від потужностей, які підприємство могло би реалізовувати за сприятливих економічних умов [1-4].

За весь період існування заводу з 1924 по 2000 роки на ЗіЛ було вироблено: 7769902 вантажних автомобілів, 38988 автобусів, а також 11515 легкових автомобілів вищого класу, серед яких були й урядові машини.

Завод не припинив діяльність і надалі — на базі шасі ЗіЛ спільно з іншими підприємствами продовжувалося виготовлення широкого асортименту спеціалізованої техніки: комунальної, дорожньо-будівельної, аварійно-рятувальної, автоцистерн, сміттевозів, вакуумних і силосних машин, автопідйомників тощо [1-4].

У 2003 р. підприємство успішно освоїло випуск нових моделей ЗіЛ-433180 і ЗіЛ-432930, які були оснащені дизельними двигунами підвищеної потужності, розробленими на Мінському моторному заводі. Ці силові агрегати — Д-260.11Е2 (180 к.с.) та Д-245.9Е2 (136 к.с.) — відповідали екологічним стандартам Євро-2, що підтверджувалося відповідними сертифікатами відповідності. Завдяки цьому завод зробив важливий крок у напрямку модернізації своєї продукції відповідно до європейських норм [1-4].

Однією з модифікацій автомобілів ЗіЛ є бортова вантажівка ЗіЛ-43272Н з колісною формулою 4x4 та кабіною ЗіЛ-5301АО і базою 3340 мм [5] – рис. 1.1, технічна характеристика якої наведена у табл. 1.1.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 1.1 – Вантажівка ЗіЛ 43272Н [7]**

**Таблиця 1.1 – Технічна характеристика бортового автомобіля ЗіЛ-43272Н [6]**

Колісна формула	4x4
Повна маса авто, кг	8460
Допустиме навантаження на передню вісь, кг	4060
Колісна формула	4x4
Повна маса авто, кг	8460
Допустиме навантаження на передню вісь, кг	4060
Колісна формула	4x4
Повна маса авто, кг	8460
Допустиме навантаження на передню вісь, кг	4060
Колісна формула	4x4
Повна маса авто, кг	8460
Допустиме навантаження на передню вісь, кг	4060
Колісна формула	4x4
Повна маса авто, кг	8460

## 2 Коробка перемикавання передач вантажівки ЗіЛ-43272Н

### 2.1 Загальні відомості та призначення КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н

КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н – механічна, триходова, з п'ятьма передачами для руху вперед і однієї для руху назад (рис. А1). Управління коробкою передач здійснюється хитким важелем. Допускається відбір потужності до 22 кВт. Передавальні числа КПП наступні [6]:

- першої — 7,44;
- другої — 4,10;
- третьої — 2,29;
- четвертої — 1,47;
- п'ятої — 1,00;
- заднього ходу — 7,09;

Синхронізатори на 2-й, 3-й, 4-й, і 5-й передачах.

Коробка передач є важливим елементом трансмісії автомобіля, що виконує декілька ключових функцій. Вона призначена для зміни величини та напрямку крутного моменту, який передається від колінчастого валу двигуна до карданного валу, а також забезпечує можливість руху автомобіля заднім ходом та тривалого роз'єднання двигуна з трансмісією під час зупинок або коли автомобіль рухається по інерції (наприклад, на спуск – [6]).

На початок руху з місця або під час підйому автомобіля з навантаженням виникає потреба в збільшенні крутного моменту на колесах для подолання опору. У таких ситуаціях необхідний більший момент, ніж у випадку рівномірного руху по горизонтальній дорозі чи при котінні за інерцією. Саме тому в автомобілях використовуються шестерінчасті (механічні) коробки передач, які дозволяють змінювати передаточне число залежно від умов руху.

Принцип дії такої коробки базується на передачі обертального руху через пари шестерень. Якщо передача складається з 2-х шестерень, з яких менша є ведучою, а більша — веденою, то крутний момент на веденій шестерні буде

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

збільшуватись пропорційно співвідношенню кількості зубців: чим > зубців на веденій шестерні порівняно з ведучою, тим > буде переданий момент [7]:

Для забезпечення передачі крутного моменту різної величини, необхідного для роботи автомобіля в різних режимах руху (рух з місця, підйом, рух накатом тощо), у КПП передбачено декілька пар шестерень із різними передаточними числами. Завдяки цьому водій може вибрати оптимальний режим роботи трансмісії залежно від навантаження та дорожніх умов.

При встановленні між ведучою та веденою шестернями проміжну шестерню і передавати обертання через неї, тоді напрямок обертання веденої шестерні зміниться на протилежний. Це технічне рішення застосовується для реалізації заднього ходу автомобіля.

Конструктивно КПП складається з картера, 1-го валу з закріпленою на ньому шестерню, 2-го і проміжного валів, осі шестерні заднього ходу, набору шестерень та механізму перемикання передач. Картер, що є корпусом КПП, виготовляється шляхом лиття з чавуну, має верхню та бокову кришки, а також спеціальні гнізда для встановлення валів та осей.

У нижній та боковій частинах картера передбачені технологічні отвори — один для зливу відпрацьованого мастила, інший — для заповнення КПП свіжим мастилом. Це забезпечує зручність ТО агрегату.

Механізм перемикання передач виконує функції включення потрібної передачі, встановлення шестерень у нейтральне положення, а також забезпечує можливість включення заднього ходу. Зміна передач здійснюється шляхом переміщення шестерень або синхронізуючих муфт по 2-му валу, що дозволяє швидко і плавно змінювати передавальні числа без значних зусиль і ривків [7]:

Конструкція досліджуваної КПП (рис. А1) складається з ведучого валу (1), який обертається в підшипнику кочення (2) та фіксується в осьовому напрямку за допомогою стопорного кільця (3). На одному валу з ним виготовлено зубчасте колесо (4), яке перебуває в постійному зачепленні з зубчастим колесом (34), закріпленим на проміжному валу (33).

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цьому ж проміжному валу нерухомо встановлені зубчасті колеса (25), (26), (28), (29) і (31), які забезпечують передавання обертального моменту на відповідні шестерні веденого валу (24). Проміжний вал обертається у підшипниках кочення (22) і (35).

Ведений вал (24) підтримується підшипниками (17) і (37). На цьому валу встановлено зубчасті колеса (16), (14), (8) і (7), які відповідають 1-й, 2-й, 3-й та 4-й передачам відповідно. При цьому шестерня 16 посаджена на шліци валу, що дозволяє її осеве переміщення для вмикання як 1-ї передачі, так і заднього ходу.

Інші шестерні розміщено на підшипниках ковзання, і вони перебувають у постійному зачепленні з відповідними колесами проміжного валу.

Крім зубчастих коліс, на вторинному валу розміщені дві зубчасті зчпні муфти із синхронізаторами — муфта (5) призначена для включення 4-ї та 5-ї передач, а муфта (13) — для 2-ї та 3-ї передач. Обидві муфти посаджені на шліцеве з'єднання, яке забезпечує надійне зчеплення з колесами при перемиканні передач без ривків та перевантаження механізму.

Передача заднього ходу здійснюється через блок зубчастих коліс (41), який взаємодіє з колесами (28) на проміжному (16) та 2-му валах. Завдяки наявності проміжної шестерні забезпечується зміна напрямку обертання.

Змащення зубчастих передач і підшипників у КПП здійснюється методом розбризування мастила, яке заливається до певного контрольованого рівня. Це гарантує надійну роботу всіх елементів трансмісії, зменшує тертя та знос деталей [6-8].

Узгодження (синхронізація) кутових швидкостей з'єднаних елементів КПП є обов'язковим під час перемикання передач, оскільки забезпечує безударне з'єднання зубчастих коліс. Якщо перемикання відбувається через значну різницю швидкостей обертання елементів, це призводить до ударних навантажень, шуму та прискореного зношування зубчастих пар.

Для найбільш часто використовуваних передач застосовують фрикційні синхронізатори, які за рахунок сили тертя на конічних поверхнях елементів вирівнюють їх кутові швидкості. Тертя, що виникає між поверхнями, компенсує

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

момент інерції обертових мас протягом короткого часу (до 1 с), поки двигун відключений. Конструкція синхронізатора КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н наведена на рис. А2.

Таким чином, щоб змінити швидкість автомобіля, потрібне перемикання зубчастих зачеплень – синхронізація (вирівнювання) кутових швидкостей деталей КПП, яка наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Синхронізація кутових швидкостей у КПП

Функція	Принцип дії	Конструктивні елементи
Вирівнювання кутових швидкостей зубчастих коліс	За рахунок тертя на конічних поверхнях фрикційного синхронізатора	Конічні поверхні фрикційного типу
Забезпечення плавного перемикання передач	Тертя створює момент, який зрівнює кутові швидкості деталей протягом <1 с при вимкненому двигуні	Момент тертя балансує момент інерції обертових мас
Перемикання передач без ударних навантажень	Перемикання потоку потужності відбувається після синхронізації швидкостей	Муфта 1, вилки перемикання передач, зубчасті вінці
Переміщення муфти для включення передач	Муфта з нейтрального положення переміщується ліворуч або праворуч по шліцах валу	Муфта 1, шліци веденого валу
Зчеплення муфти з колесом після синхронізації	Зовнішній вінець муфти 6 входить у зачеплення з внутрішнім зубчастим вінцем колеса 8	Муфта 1, вінці 6, внутрішній вінець 8, колесо 7

*Примітка:* усі дії синхронізатора відбуваються після вирівнювання швидкостей, що дозволяє запобігти зносу та поломці зубчастих елементів КПП.

Технологія попередньої синхронізації наведена у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Попередня синхронізація (див. рис. А2)

Елемент	Функція	Примітка
Конусне кільце 2	Забезпечує попередню синхронізацію при притисканні до конуса колеса 7	Створює тертя для вирівнювання швидкостей
Блокуючі пальці 3	Жорстко з'єднують конусні кільця між собою	Їх три – виконують блокування при перемиканні передач
Фіксуючі пальці 5	Пружно з'єднують муфту 1 з конусними кільцями пружинами 4	Три штуки; забезпечують повернення в нейтральне положення і фіксацію муфти

Елемент	Функція	Примітка
Пружини 4	Створюють пружний зв'язок фіксує пальців з муфтою	Працюють разом з фіксує пальцями, дозволяючи обмежене зміщення
Кільцевий зазор	Обмежує величину осьового зміщення муфти та конусних кілець	Визначає межі переміщення для безпечної роботи механізму
Муфта 1	Передає силу перемикач передач, входить у зачеплення	Має диск, який впливає на переміщення конусного кільця та передач
Важіль перемикач 51	Ручне керування перемикач передач	Встановлений у сферичному гнізді кришки КПП; перемикає передачі за допомогою вилок
Механізм перемикач	Передає рух від важеля на муфту через вилки	Встановлений у кришці КПП (див. рис. А2)

*Примітка:* попередня синхронізація забезпечує плавне перемикач, а система з блокуючими та фіксує пальцями виконує одночасно функції вирівнювання швидкостей, фіксації та повернення в нейтральне положення. Це дозволяє уникати зносу та підвищити надійність КПП.

## 2.2 Основні несправності КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н

Основні несправності КПП можуть проявлятися у вигляді складнощів із перемикач передач, мимовільного вимикання передач під час руху транспортного засобу, пошкодження або поломки зубців шестерень, надмірного шуму при роботі, сильного перегріву та витоків мастила з картера.

Ускладнене перемикач передач зазвичай виникає внаслідок механічних деформацій, таких як погнуті або перекошені штоки й вилки перемикач, а також через появу задирів або пошкоджень на зубцях шестерень і синхронізаторів. Крім того, проблеми можуть викликати заїдання або несправність механізму фіксації положення.

Мимовільне вимикання передач під час руху може бути спричинене зносом елементів зчеплення, зокрема зубців шестерень або синхронізаторів, а також ослабленням кріплень вилок до штоків або несправністю фіксаторів, які не здатні утримувати вибрану передачу в активному положенні.

Сколювання чи поломка зубців шестерень часто спостерігається при різкому старті автомобіля з великого навантаження або під час перемикач передач за

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

несправного або неправильно налаштованого зчеплення, що створює надмірні ударні навантаження на елементи трансмісії.

Надмірний шум під час роботи КПП та її перегрів можуть бути наслідком недостатньої кількості трансмісійного мастила або його надто низької в'язкості, а також через значний знос або руйнування підшипників. Крім того, причиною може бути пошкодження зубців шестерень або порушення регулювання зчеплення.

Підтікання мастила з картера КПП виникає в результаті пошкодження або зносу прокладок, ущільнювальних сальників, або через підвищення тиску всередині картера, що перевищує допустимі межі.

### **2.3 Технічне обслуговування КПП ЗіЛ-43272Н**

Обслуговування КПП передбачає регулярну перевірку рівня мастила в її картері, а також контроль за відсутністю його підтікань. Для підвищення ефективності обслуговування доцільно дотримуватись рекомендованої періодичності робіт відповідно до видів ТО [11].

Для ЩО потрібно перевірити роботу КПП під час руху транспортного засобу. У разі виявлення сторонніх шумів, труднощів у перемиканні або підозри на витік мастила автомобіль направляється на діагностику.

Для ТО-1 потрібно перевірити:

- кріплення КПП та картера зчеплення;
- рівень мастила (і при потребі долити до норми);
- роботу КПП після завершення обслуговування.

Для ТО-2 потрібно:

- виконати поглиблений візуальний огляд КПП на наявність витоків, тріщин, пошкоджень та інших дефектів;
- підтягнути кріплення коробки до картера зчеплення, а також кріплення кришок картера;
- закріпити кришки підшипників веденого та проміжного валів;

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– долити або замінити трансмісійне мастило (згідно з графіком змащування).

Порядок перевірки та заміни масла наступний:

– перевірку рівня мастила в картері КПП виконують на рівній горизонтальній поверхні;

– щоб перевірити рівень, відкручують пробку заливного отвору; якщо рівень мастила на рівні краю отвору, то його не потрібно доливати; якщо рівень нижче – через воронку доливають мастило до норми.

Заміна мастила виконується на теплому двигуні. Для цього потрібно:

– попередньо встановити задній міст на козли;

– відкрити зливну пробку та злити старе мастило;

– закрутити пробку, залити в КПП близько половини його об'єму гас;

– запустити ДВЗ, увімкнути передачу і дати попрацювати (1-2) хв.;

– злити гас, встановити пробку і залити свіже трансмісійне мастило ТАД-17и до встановленого рівня.

## 2.4 Процедура ремонту КПП ЗіЛ-43272Н

### 2.4.1 Процес знімання КПП

Перед тим, як розбирати КПП, необхідно злити старе мастило через зливний отвір, викрутивши відповідну пробку. Потім зовнішню частину коробки очистити від забруднень і промити.

Перед початком демонтажу КПП здійснюють підготовчі дії. Насамперед, відкручують болти кріплення люка підлоги кабіни, знімають саму кришку, після чого відкручують фланець кріплення карданного валу.

Далі від'єднують регульовальну тягу зчеплення та відтягну пружину. Потім демонтують картер разом із важелем перемикачів передач.

Наступним кроком є від'єднання кронштейна проміжної опори від поперечки рами. Після цього опускають карданні вали, знімають важелі ручного гальма, а також від'єднують привід спідометра.

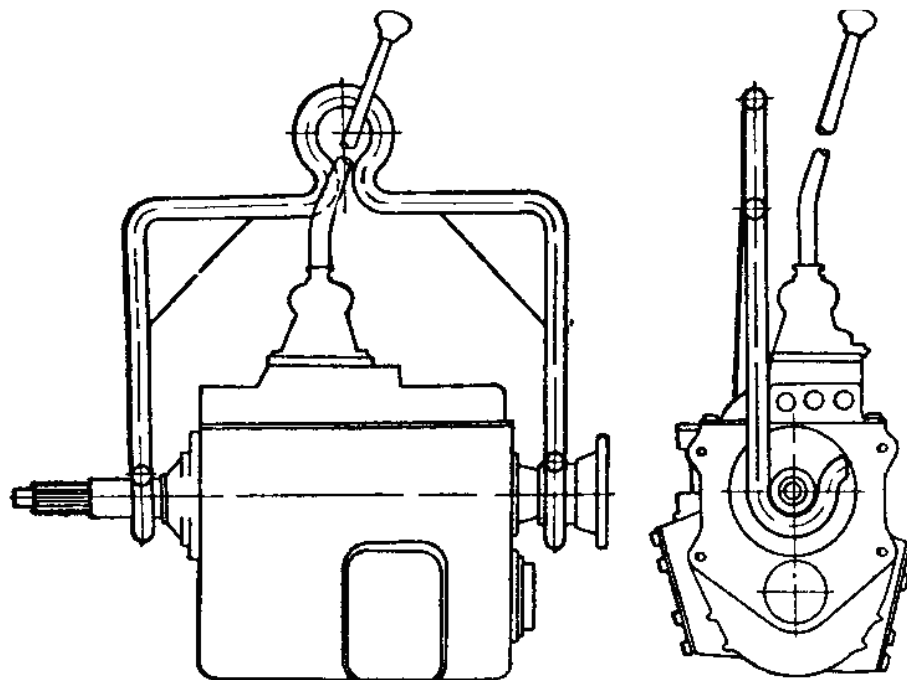
					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для повного демонтажу важеля ручного гальма з КПП потрібно:

- відкрутити два болти, що фіксують сектор і один болт, який утримує сам важіль;
- демонтувати пластину важеля, важіль у зборі, дві розпірні втулки і сектор важеля;
- за допомогою накидного ключа відкрутити болти кріплення КПП до картера зчеплення;
- від'єднати КПП від картера і акуратно зняти її за допомогою спеціального знімача Siker [9].

Після зняття КПП з рами автомобіля, обов'язково встановити назад картер із важелем керування коробкою, щоб уникнути забруднення та забезпечити герметичність.

Останнім етапом є підвішування КПП за допомогою спеціальної підвіски (рис. 2.1), її підйом підйомником та встановлення на спеціальне пристосування для розбирання та збирання коробок передач.



**Рисунок 2.1 – Підвіска для транспортування КПП**

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.4.2 Розбирання КПП

Для розбирання КПП на складові вузли застосовують спеціальний поворотний стенд (рис. А3): КПП (1) надійно фіксується на стенді за допомогою затискачів (2) і (3). Руків'я (4) забезпечує обертання КПП, дозволяючи встановити її в найзручніше положення для виконання розбирання та обслуговування.

Розбирання КПП — це відповідальний процес, який вимагає дотримання чіткої послідовності дій та використання спеціального інструменту. Нижче наведено покрокову інструкцію з демонтажу та розбирання основних вузлів КПП.

Щоб зняти картер з важелем перемикання передач потрібно відкрити чотири болти, які кріплять картер важеля перемикання передач до КПП.

Щоб демонтувати важель, потрібно:

- закріпити картер у лецатах, спрямовуючи важіль вниз;
- відкрити гайку кріплення осі проміжного важеля, утримуючи головку осі;
- зняти пружинну шайбу та вісь з проміжним важелем;
- вийняти вісь з отвору важеля та запобіжник;
- вийняти з картера пружину, зняти опору важеля та витягти важіль у зборі разом із фіксатором.

Щоб зняти захисний чохол, потрібно ослабити гайку та відкрити руків'я.

Щоб розібрати 1-й вал, потрібно:

- зняти муфту з підшипником (від'єднати відтяжну пружину від муфти підшипника виключення зчеплення та зняти муфту з підшипником у зборі);
- демонтувати кришку переднього підшипника (відкрити 4 болти, якими кріплять кришку переднього підшипника 1-го валу та зняти кришку разом з прокладкою).

Щоб вийняти 1-й вал, потрібно:

- знімачем 601094869547 (рис. 2.2 – [10]) випресувати кульковий підшипник з гнізда картера та зняти 1-й вал разом з підшипником у зборі.
- зняти замкові кільця і спресувати підшипник первинного валу за допомогою пристосування (рис. 2.3).

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– випресувати 1-й вал у зборі з підшипником.

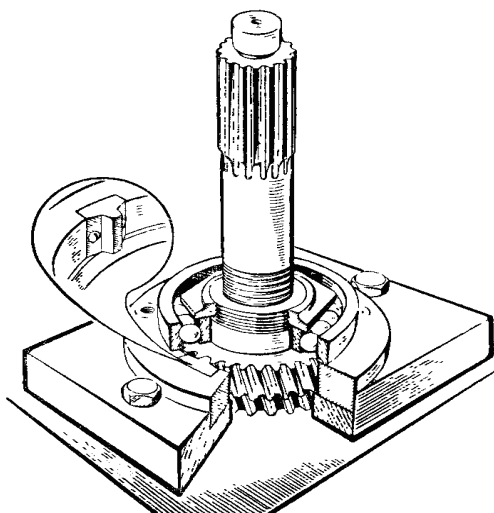
Для цього (рис. 2.4):

– повернути вал так, щоб виріз прямозубого вінця розташовуватися внизу по відношенню до площини картер під верхню кришку;

– у знімача укрутити шпильку( 6) з бойком (7) і ручкою (8);



**Рисунок 2.2 – Інструмент 601094869547 для знімання підшипників КШ**



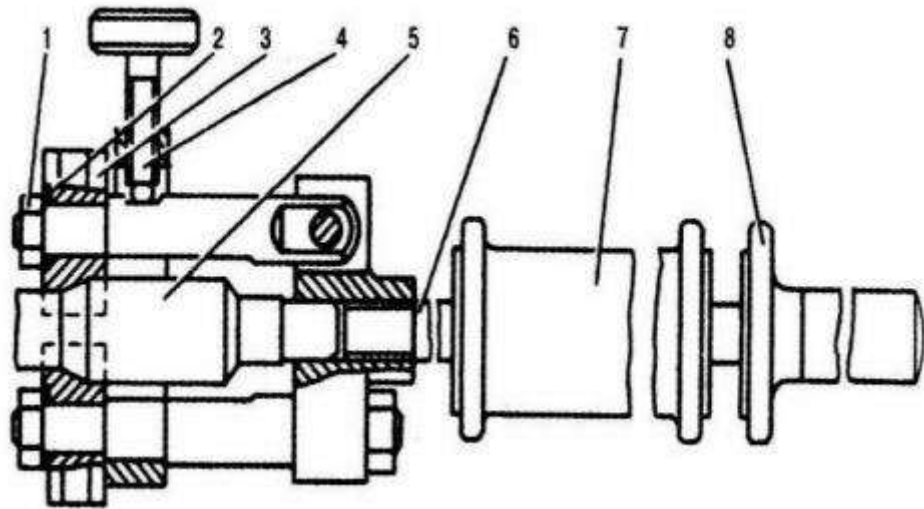
**Рисунок 2.3 – Пристосування для знімання замкових кілець і спресування підшипника первинного валу**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ

Арк.

23



1 – гайка; 2 – пружина; 3 – губки; 4 – гвинт; 5 – 1-й вал; 6 – шпилька; 7 – бойок; 8 – ручка

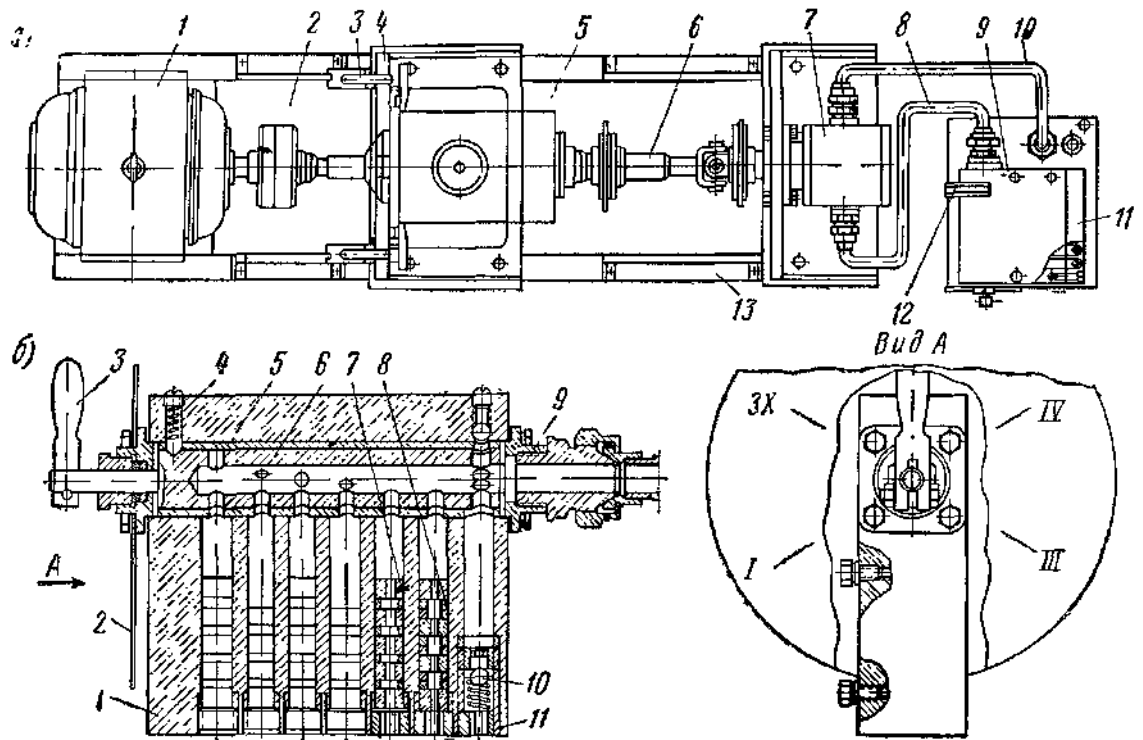
**Рисунок 2.4 – Пристосування для знімання 1-го валу**

- встановити губки (3) так, щоб між ними утворився отвір, і надіти на 1-й вал;
- стискувати губки гвинтом (4);
- притримуючи знімача за ручку (8), ударами бойка (7) випресувати первинний вал (5) з картера КПП.

### 2.4.3 Випробування КПП після ремонту

Випробування КПП після ремонту проводять на стенді (рис. 2.5, а), сконструйованому на основі зварної рами (13), на якій розміщені привідний та навантажувальний пристрої, а також резервуар 11 для мастила. На кришці резервуара встановлено гідравлічний регулятор (9), який дозволяє регулювати рівень навантаження під час випробування. КПП (5), яка проходить випробування, закріплюється до кронштейна (4) за допомогою швидкодіючих ексцентрикових затискачів (3), які забезпечують надійну фіксацію та оперативність у монтажі/демонтажі.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а – загальний вигляд КПП; б – регулятор навантаження

а) 1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – ексцентрикові затиски; 4 – кронштейн; 5 – КПП; 6 – вал карданний; 7 – насос; 8 – трубопровід нагнітальний; 9 – регулятор гідравлічний; 10 – трубопровід; 11 – резервуар для мастила; 12 – манометр; 13 – рама зварна

б) 1 – корпус регулятора навантаження; 2 – диск з поділками; 3 – руків'я; 4 – фіксатор; 5 – гільза сталева цементована; 6 – пробка сталева загартована; 7 – жиклер; 8 – кільце; 9 – перехідник; 10 – клапан запобіжний; 11 – пробки

**Рисунок 2.5 – Стенд для випробування КПП під навантаженням:**

Технічна характеристика стану:

1. Приводний пристрій: електродвигун АК-62-4 змінного струму потужністю 7,0 кВт при 1480,0 об/хв.

2. Пристрій навантаження: шестеренний насос.

3. Пристрій для регулювання величини гальмівного моменту: багатопозиційний регулятор.

4. Габаритні розміри стану: 2400,0 x 800,0 x 700,0 мм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ

Арк.

25

5. Вага стану: 805,0 кг.

6. Конструктивне розташування:

– 1-й вал КПП з'єднаний через муфту (2) з електродвигуном (1);  
– 2-й вал з'єднаний через карданний вал (6) з насосом (7);  
– всмоктуючий патрубок насоса з'єднаний з резервуаром для масла трубопроводом (10), а нагнітальний трубопровід (8) — з гідравлічним регулятором;

– величина навантаження, створювана гідравлічним гальмом, контролюється манометром (12), встановленим на кришці резервуара для масла.

Цей стенд дозволяє не тільки перевіряти роботу КПП, але й контролювати параметри гальмівного моменту, що є важливим при проведенні випробувань.

Регулятор навантаження призначений для створення контрольованого гідравлічного опору, необхідного під час проведення стендових випробувань КПП, з метою імітації реальних навантажень, які виникають під час роботи трансмісії в експлуатаційних умовах.

Конструктивні особливості регулятора навантаження (див. рис. 2.5, б) наступні:

1. Основним елементом конструкції є корпус, у якому знаходиться наскрізний отвір, вставлена в нього гільза (5) з цементованої сталі. Усередину гільзи встановлюється загартована пробка (6), виготовлена зі сталі, яка має внутрішній канал для подачі мастила. Це мастило подається від гідравлічного насоса через перехідник (9), закріплений на торцевій частині корпусу. З протилежного боку пробки є шпилька, на яку встановлене руків'я (3), яке використовується для ручного повороту пробки.

2. На зовнішній частині корпусу, під руків'ям, розміщений диск (2) із поділками. Ці поділки вказують на положення руків'я, відповідне певній передачі під час випробувань КПП. Для фіксації вибраного положення пробки застосовується механічний фіксатор (4), який не дозволяє їй мимовільно повертатися.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Внутрішній простір пробки має можливість з'єднання з сімома каналами, які розташовані перпендикулярно до її осі. Шість каналів обладнані жиклерами (7) та ущільнювальними кільцями (8). Кожен жиклер має певний  $\varnothing$  отвору, підібраний під час тарування стенду, що забезпечує необхідну величину гідравлічного опору на кожній передачі. Сьомий канал постійно з'єднаний з внутрішнім простором пробки та служить для встановлення запобіжного клапана (10), який спрацьовує при перевищенні допустимого тиску мастила.

4. Знизу канали перекриті пробками (11), які мають отвори для зливу мастила в резервуар після проходження через жиклери. Цей злив забезпечує повне повернення мастила в систему.

Принцип дії пристрою наступний.

При подачі мастила насосом у внутрішній канал пробки через перехідник і повороті руків'я (3), пробка обертається і з'єднує свій бічний отвір з одним із шести каналів. Таким чином, створюється гідравлічний опір, який відповідає обраній передачі. Потік мастила, проходячи через жиклер, стикається з опором, а після цього зливається у резервуар. Значення опору залежить від  $\varnothing$  жиклера.

Положення руків'я фіксується на обраній передачі фіксатором. При раптовому підвищенні тиску понад допустимий рівень запобіжний клапан (10) автоматично відкривається і скидає надлишковий тиск. Це дозволяє захистити систему від перевантаження і забезпечити стабільну роботу приладу.

Порядок проведення випробувань КПП наступний.

Після збирання КПП у корпус заливається чисте трансмісійне мастило ТАП-15. Далі КПП встановлюють на випробувальний стенд. За допомогою регулятора навантаження шляхом повороту руків'я встановлюється потрібний режим роботи, що відповідає певній передачі. Тестування включає:

- перевірку плавності перемикання передач;
- виявлення сторонніх шумів або вібрацій;
- перевірку герметичності корпусу;
- контроль гідравлічного навантаження згідно з ТУ, зазначеними в табл. 3.1.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Умови стендових випробувань КПП

№	Режим випробування	Частота обертання ведучого валу, п, об/хв.	Гальмівний момент на веденому валі, М, кг·м	Тривалість випробування, хв.
1	Без навантаження на усіх передачах	750,0-3000,0	без навантаження	згідно з програмою
2	Під навантаженням на 1-й передачі	750,0-3000,0	10,00	2,0–3,0
3	Під навантаженням на 2-й передачі	750,0-3000,0	10,00	2,0–3,0
4	Під навантаженням на 3-й передачі	750,0-3000,0	6,00	2,0–3,0
5	Під навантаженням на 4-й передачі	750,0-3000,0	4,00	2,0–3,0
6	Під навантаженням на 5-й передачі	750,0-3000,0	10,00	2,0–3,0
7	Під навантаженням на передачі заднього ходу	750,0-3000,0	10,00	2,0–3,0

*Примітки:* безнавантажувальний режим дозволяє перевірити плавність перемикавання, наявність шумів або вібрацій без дії опору.

Таким чином, регулятор навантаження є ключовим елементом для забезпечення точності та ефективності стендових випробувань КПП, дозволяючи точно моделювати робочі умови трансмісії в контрольованому середовищі.

Режим під навантаженням імітує робочі умови і дозволяє перевірити міцність та працездатність механізмів передач.

На кожній передачі в режимі навантаження тривалість випробування обмежена 2–3 хвилинами, щоб уникнути перегріву та перевантаження системи.

Гальмівний момент створюється за допомогою регулятора навантаження шляхом вибору відповідного жиклера.

Порядок перевірки роботи КПП під час стендових випробувань наступний.

У процесі випробування КПП на спеціалізованому стенді особливу увагу приділяють виявленню дефектів, які можуть вплинути на надійність та безпеку її подальшої експлуатації. Під час перевірки необхідно забезпечити відсутність наступних несправностей:

1. Заїдання або тугого ходу при перемиканні передач, що може свідчити про проблеми з механізмом перемикання або зношення окремих елементів.

2. Мимовільного (самовільного) включення або виключення шестерень, що вказує на несправність фіксаторів або синхронізаторів.

3. Характерного звуку тертя або заїдання вилок об стінки пазів шестерень, а також об фланці синхронізаторів, що свідчить про невірне положення або деформацію деталей.

4. Стук, удари або інші сторонні шуми під час роботи, які можуть бути наслідком неправильного зачеплення зубів шестерень або зносу їх поверхонь.

5. Підтікання мастила в зонах ущільнень і з'єднань — допускається лише незначна поява масляних плям, проте інтенсивне витікання є неприпустимим.

Перевірка роботи синхронізаторів.

Окремо перевіряється справність роботи синхронізаторів КПП. Для цього здійснюється перемикання передач (з 2-ї по 5-у) без зупинки електродвигуна стенду, тобто в режимі без відключення обертання валу. Перехід між передачами повинен відбуватись плавно, безшумно, без будь-яких сил або скреготу, в наступному порядку:

– з 1-ї на 2-у передачу;

– з 2-ї на 3-ю;

– з 3-ї на 4-у;

– з 4-ї на 5-у; та у зворотному напрямку в аналогічному порядку.

Важіль перемикання необхідно переміщати обережно, без ривків і натисків, дотримуючись короткої паузи при кожному переході, що дає змогу синхронізаторам нормально спрацювати.

Усі дефекти, що були зафіксовані в ході випробувань, підлягають обов'язковому усуненню. Після виконання регулювальних або ремонтних робіт КПП знову встановлюється на стенд і піддається повторному випробуванню з метою перевірки усунення попередніх недоліків та підтвердження її повної працездатності.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти, матеріал ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н**

#### **3.1 Призначення ведучого валу КПП та його конструктивне виконання**

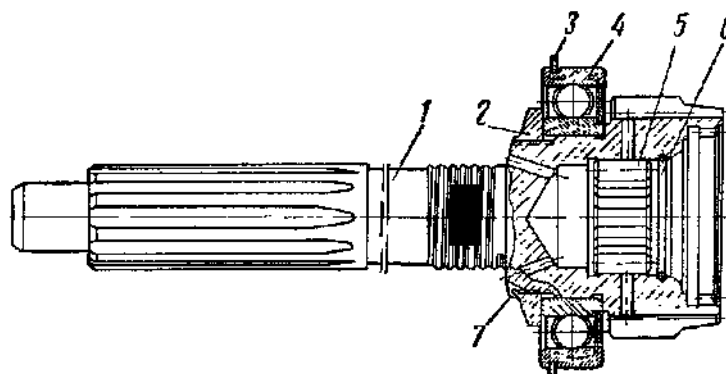
Ведучий (первинний) вал КПП ЗІЛ-43272Н працює в умовах складних механічних навантажень, які включають одночасну дію крутного моменту, згинальних сил і постійного тертя під час експлуатації. Комбінована дія цих факторів створює значне навантаження на матеріал деталі, тому до валу пред'являються підвищені вимоги щодо зносостійкості, механічної міцності, жорсткості та довговічності в процесі експлуатації [8, 12].

Конструктивне виконання розміщення валу таке, що лише ведуча шестерня разом із вінцем знаходяться всередині картера КПП, у той час як виступаюча назовні шліцьована частина валу призначена для встановлення маточини веденого диска зчеплення. Таке компонування забезпечує ефективну передачу обертального моменту від ДВЗ до КПП і дає можливість легко здійснювати монтаж або демонтаж елементів зчеплення при ТО.

Первинний вал, є прикладом деталі, яка належить до категорії «циліндричних стрижнів із фасонною поверхнею». Така класифікація зумовлена його складною геометрією, що включає шліцьові з'єднання, нарізні ділянки та зубчасті елементи, які забезпечують передачу крутного моменту та взаємодію з іншими вузлами трансмісії [8, 12].

Первинний вал коробки передач (рис. 3.1) є цілісним вузлом разом із зубчастим вінцем, який виконаний як єдине ціле з валом. Передній кінець первинного валу встановлюється в підшипник, розташований у спеціальній виточці колінчастого валу ДВЗ, що забезпечує надійне центрування обертових частин трансмісії. Задня частина валу фіксується у гнізді, розміщеному в передній стінці картера КПП, що дозволяє забезпечити додаткову опору та зменшити навантаження на передній підшипник.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – вал; 2 – гайка; 3 і 6 – замкові кільця; 4 – підшипник; 5 – ролики голчастого підшипника; 7 – тонкий край гайки, який вдавлюється в паз валу

**Рисунок 3.1 – Зібраний первинний вал КПП ЗіЛ-43272Н**

Базування первинного валу КПП при механічній обробці наступне:

1. Основні бази — центрові отвори (внутрішні осьові), забезпечують точність обробки.

2. Рідше використовуються зовнішні циліндричні поверхні — для проміжних операцій або як контрольні бази.

3. Під час механічної обробки первинного валу основними установочними базами виступають центрувальні отвори, розташовані на торцевих частинах. У деяких випадках можуть використовуватись зовнішні циліндричні поверхні як бази для установки. Якість обробки є надзвичайно важливою: наприклад, шорсткість поверхні зубців шестерні та ділянки під встановлення роликового підшипника повинна бути в межах  $Ra = (0,320-0,250)$  мкм, що забезпечує точність посадок і мінімальний рівень тертя. Інші частини поверхні можуть мати шорсткість  $Ra = (1,250-1,00)$  мкм, залежно від функціонального призначення [8, 12].

### 3.2 Вибір матеріалу ведучого валу КПП

Для виготовлення цього відповідального елемента коробки передач застосовують конструкційну леговану сталь 25ХГМ ДСТУ 7806:2015. Цей матеріал характеризується високими експлуатаційними властивостями —

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зокрема, твердістю, опором до зношування та хорошою оброблюваністю після ТО. Для забезпечення оптимального поєднання твердості поверхні та в'язкості серцевини, первинний вал піддається процесу цементації на глибину 0,60 мм. Цей технологічний прийом дозволяє значно зміцнити поверхневий шар, що безпосередньо контактує з іншими деталями, а подальше гартування і високотемпературний відпуск формують структуру, придатну для тривалих навантажень [13-16].

Сталь марки 25ХГМ класифікується за кількома технічними ознаками [17]. За своїм призначенням вона належить до конструкційних сталей, які застосовують для виготовлення відповідальних деталей машин і механізмів.

За хімічним складом ця сталь є легованою, оскільки до її складу, окрім Fe і С, входять легуючі елементи — Cr (Х), Mn (Г) і Мо (М), які покращують її експлуатаційні властивості (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 25ХГМ у % [17]

С	Mn	Cr	Mo	Не більше			
				P	S	Cu	Ni
0,23 – 0,29	0,90– 1,2	0,90 – 1,2	0,20 – 0,30	0,035	0,035	0,30	0,30

За вмістом С вона класифікується як низьковуглецева, що забезпечує достатню пластичність та зварюваність. За ступенем розкислювання ця сталь відноситься до категорії спокійних сталей, тобто містить достатню кількість розкислювачів (зазвичай Si або Al), що зменшує газовміст і забезпечує однорідність структури.

Механічні властивості сталі 25ХГМ наведені у табл. 3.2

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 25ХГМ [17]

Найменування	Значення	Од. вимір.	Контекст
Відносне звуження	45	%	гартування 860 °С (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Відносне подовження після розриву	10	%	гартування 860 °С (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Густина	7850	кг/м <sup>3</sup>	
Межа міцності	1200	МПа	гартування (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Межа текучості	1100	МПа	гартування 860 °С (масло) + відпуск 500 °С (вода)
Зварюваність	Важкозварна		
Схильність до відпускнуї крихкості	не схильна		
Твердість за Бріннелем	552	НВ	гартування 850 °С (вода) + відпуск 200 °С (повітря)
Твердість за Бріннелем	217	НВ	відпал
Температура кування	1250..800	°С	
Флокеночутливість	чутлива		

Щодо температур структурних перетворень, для сталі 25ХГМ характерні наступні критичні точки [13-17]:

– точка  $A_{c1}$  — 770 °С (початок перетворення перліту в аустеніт при нагріванні);

– точка  $A_{c3}$  — 860 °С (завершення перетворення фериту в аустеніт);

– точка  $A_{cm}$  — 825 °С (початок розчинення карбідів у легованій сталі);

– точка  $A_{r1}$  — 665 °С (початок виділення перліту при охолодженні);

– точка  $A_{r_{cm}}$  — 740 °С (завершення розпаду аустеніту при охолодженні).

Зарубіжні аналоги марки сталі 25ХГМ наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Зарубіжні аналоги марки сталі 25ХГМ [13, 14]

<b>Німеччина</b>	20CrMo5
<b>Японія</b>	SCM421

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сталь 25ХГМ характеризується гарною оброблюваністю різанням, що дозволяє з високою точністю виготовляти складні за формою деталі. Крім того, вона має задовільну пластичність під час обробки тиском (кування, штампування), що є важливою перевагою при виготовленні поковок та заготовок. Завдяки сприятливим особливостям структурних перетворень, ця сталь добре піддається ТО (гартування, відпуск, цементация), що дозволяє досягати необхідного балансу між твердістю поверхневого шару і в'язкістю серцевини. Це робить її придатною для виробництва відповідальних машинобудівних компонентів, таких як шестерні, вали, тяги, важелі та інші деталі, які працюють в умовах змінних навантажень та тертя [17].

Після цементації поверхневий шар сталі 25ХГМ набуває твердості у межах (58–62) HRC, що дозволяє ефективно протистояти абразивному зношуванню в умовах високих контактних навантажень. При цьому твердість внутрішньої частини (серцевини) становить (30–42) HRC, що забезпечує необхідну міцність, опір вигину та ударну в'язкість [15].

Механічні властивості цементованої сталі 25ХГМ наведені у табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Механічні властивості цементованої сталі 25ХГМ [15]

$\sigma_b$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$	КСУ,	НВ,
МПа		%	МДж/м <sup>2</sup>	МПа
1200	1100	11	0,8	205-215

### 3.3 Вплив легуючих елементів сталі 25ХГМ на технологію її термообробки

Cr є одним із найпоширеніших і найважливіших легуючих елементів, які застосовуються в легуванні сталей [18]. Його присутність суттєво впливає на структурні та термічні характеристики сталей. Зокрема, Cr підвищує критичну

температуру  $A_3$  (температура, при якій завершується перетворення фериту в аустеніт) і водночас знижує температуру  $A_4$  (вище якої аустеніт перетворюється на  $\delta$ -ферит), тобто «змикає» область стабільності  $\gamma$ -фази (аустеніту). Також Cr сприяє підвищенню температури евтектоїдного перетворення (точка  $A_1$ ), при цьому вміст C в евтектоїдній суміші (перліті) зменшується, що позитивно впливає на механічні властивості сталі 25ХГМ.

У поєднанні з C Cr утворює стійкі та тверді карбіди, такі як  $Cr_7C_3$  і  $Cr_4C$ . Ці сполуки значно твердіші та термостійкіші, ніж звичайний цементит ( $Fe_3C$ ). Якщо вміст Cr в сталі знаходиться в межах (3,0–5,0) %, то у структурі можуть співіснувати легований цементит і карбіди типу  $Cr_7C_3$ . При підвищенні концентрації Cr понад 5,0 % у структурі залишаються переважно хромові карбіди, які визначають високу твердість і зносостійкість матеріалу.

Коли Cr розчиняється у фериті, він підвищує його міцність і твердість, хоча при цьому дещо зменшується в'язкість. Також Cr стабілізує переохолоджений аустеніт, підвищуючи його стійкість і полегшуючи термічну обробку.

Окрім цього, Cr істотно знижує критичну швидкість гартування, що дає змогу досягати більшої глибини гартування сталі. Температура мартенситного перетворення у присутності Cr знижується, а, отже, формується твердіший мартенсит. Завдяки своїм властивостям Cr перешкоджає росту зерна при нагріванні і підвищує термостійкість сталі під час відпуску. Це дозволяє проводити відпуск хромистих сталей при вищих температурах, порівняно зі звичайними вуглецевими сталями [19].

Однак, при цьому хромисті сталі мають схильність до відпускнуї крихкості, тому після ТО — зокрема, після відпуску — ведучі вали необхідно охолоджувати швидко, як правило, у мінеральному маслі.

До карбідоутворювальних елементів, крім Cr, належать також Mn, Mo, V та інші. При розчиненні таких елементів у цементиті утворюється легований цементит, який має підвищену твердість. Якщо вміст карбідоутворювального елемента значно зростає, утворюються стійкі прості карбіди, наприклад  $Cr_7C_3$ ,  $Cr_4C$  або  $Mo_2C$ . Всі ці карбіди мають надзвичайно високу твердість — до (70,0–

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

75,0) HRC, і відзначаються високими температурами плавлення: наприклад, карбід  $Cr_7C_3$  плавиться приблизно при  $1700,0\text{ }^\circ\text{C}$ , що робить їх надзвичайно ефективними у високотемпературних та зносостійких застосуваннях [18-20].

Введення легуючих елементів суттєво впливає на процес перлітового перетворення у сталях. Їх присутність може як знижувати, так і підвищувати температуру цього перетворення, змінюючи термодинамічні умови формування перліту. Одночасно з цим зменшується концентрація C в утвореному перліті. Як наслідок, точка S на діаграмі стану залізо – цементит ( $Fe - Fe_3C$ ), що відповідає евтектоїдному складу, зміщується — вона може як опускатися вниз, так і зсуватися вліво по осі концентрацій. Таким чином, додавання легуючих елементів змінює положення рівноважних точок діаграми, що визначають температурно-концентраційні межі фазових перетворень.

Особливо суттєві зміни в структурних перетвореннях аустеніту спостерігаються у присутності карбідоутворювальних елементів, таких як Cr, Mo або V. У таких випадках ізотермічна крива розпаду переохолодженого аустеніту, яка зазвичай має C-подібну форму, набуває подвійного S-подібного вигляду. Це означає, що на ній з'являються дві окремі зони мінімальної стійкості аустеніту, між якими знаходиться зона його максимальної стійкості, де розпад відбувається повільніше [18-20].

Перша зона мінімальної стійкості, так звана «верхня зона», розташована в температурному діапазоні приблизно  $(600,0-650,0)\text{ }^\circ\text{C}$ . У цій області переохолоджений аустеніт розкладається з утворенням ферито-цементитної структури, яка є основою для формування перліту або сорбіту залежно від умов охолодження.

Друга зона мінімальної стійкості — «нижня зона» — лежить у межах температур  $(300,0-400,0)\text{ }^\circ\text{C}$ . Тут відбувається перетворення переохолодженого аустеніту з утворенням так званого голчастого трооститу — дрібнодисперсної структури з підвищеною твердістю (рис. 3.2). Такий тип перетворення має важливе значення для підвищення міцності сталі при збереженні задовільної пластичності [18].

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



**Рисунок 3.2 – Мікроструктура голчастого трооститу**

Загалом, вплив легуючих елементів на кінетику та характер фазових перетворень у сталі є ключовим чинником у розробці ТО для досягнення необхідного балансу міцності, твердості та в'язкості конструкційних деталей.

Слід також враховувати, що карбідоутворювальні елементи, такі як Cr, Mo або V, сприяють підвищенню стійкості аустеніту лише за умови, що вони перебувають у розчиненому стані в аустенітній матриці. У випадках, коли ці елементи утворюють самостійні карбіди і не розчинені в аустеніті, вони, навпаки, знижують його стабільність. Це відбувається з кількох причин. По-перше, карбіди виступають як зародкові центри кристалізації, прискорюючи фазові перетворення. По-друге, присутність великої кількості нерозчинених карбідів призводить до збіднення аустеніту як С, так і легуючими елементами, що знижує його здатність зберігати свою структуру при охолодженні [18-20].

У сталях із високим вмістом Cr, особливо понад 5,0 %, переважає утворення спеціалізованих хромових карбідів типу  $Cr_7C_3$  або  $Cr_{23}C_6$ . Такі сталі мають високу твердість і стабільність при підвищених температурах. Наприклад, при нагріванні сталі до температури  $(400,0-450,0)^\circ C$  її твердість залишається практично

незмінною, що свідчить про високу термостійкість. При подальшому підвищенні температури до  $(450,0-500,0)^\circ\text{C}$  навіть спостерігається деяке збільшення твердості, що пов'язано з тонкодисперсним виділенням додаткових карбідних фаз у структурі сталі [18-20].

### **3.4 Вибір виду термічної обробки ведучого валу КПП**

Сталь марки 25ХГМ у стандартному постачанні надходить до споживача в гарячекатаному стані. Після прокатування вона зазвичай охолоджується на повітрі, в результаті чого формується структура, що складається з дрібнозернистого ферито-перлітного шару. У такому стані твердість матеріалу становить приблизно НВ  $(205,0-215,0)$ , що ускладнює її обробку різанням через підвищену міцність та опір різальному інструменту [18-20].

Щоб полегшити процес подальшої механічної обробки, а також створити сприятливу структурну основу для проведення остаточної ТО, сталь 25ХГМ піддають попередній термообробці. Такий підхід дозволяє досягти оптимального балансу між оброблюваністю та майбутніми експлуатаційними характеристиками, які будуть сформовані під час заключного етапу ТО, зокрема цементації, гартування та відпуску [18-20].

#### **3.4.1 Вибір послідовності операцій та призначення режимів термічної обробки ведучого валу КПП**

При виготовленні первинного валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н важливо визначити оптимальну послідовність усіх технологічних операцій — починаючи від стадії прокатування металу до отримання готової деталі з необхідними експлуатаційними властивостями. Послідовність технологічних переходів оформлюється у вигляді графічної схеми, де кожна операція має порядковий номер у загальному ТП. Це дозволяє забезпечити раціональне планування

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва, узгодженість між механічною та ТО, а також досягнення необхідних характеристик твердості, зносостійкості та міцності.

Температура нагріву для цементації розраховується за формулою:

$$t_{\text{нагр}} = A_{c3} + (30-50 \text{ } ^\circ\text{C}) = 860 + (30-50) = 890-910 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.1)$$

Це оптимальний інтервал для формування аустенітної структури перед насиченням С у процесі газової цементації.

*Час витримки.* Відомо, що цементований шар товщиною 1 мм формується приблизно за (6,0–7,0) год. у звичайному режимі газової цементації. Виходячи з цього, приймаємо тривалість витримки в печі 11,0 год. для досягнення шару глибиною до 1,50 мм.

*Гартування.* Як гартівне середовище обирається трансформаторне масло, яке забезпечує необхідну швидкість охолодження без утворення тріщин або деформацій. Температура масла — 170,0 °С. Тривалість гартування – 2,5 год.

*Відпуск.* Відпуск проводиться при температурі  $t_{\text{відп}} = 180 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Тривалість витримки у зоні відпуску 2,0 год.. Це забезпечує зниження внутрішніх напружень після гартування і стабілізацію структури.

Після ТО ведучий вал повинен мати наступну структуру:

1. Поверхневий шар: загартований мартенсит відпуску з включеннями глобулярних карбідів.
2. Серцевина: переважно сорбіт або тростит, які забезпечують необхідну в'язкість і міцність.

Механічні властивості після ТО наступні:

- твердість поверхні: HRC 60;
- твердість серцевини: HRC 40;
- межа міцності на розрив ( $\sigma_b$ ): 1080 МПа;
- межа плинності ( $\sigma_T$ ): 1080 МПа;
- відносне видовження ( $\delta$ ): 10 %;
- ударна в'язкість (КСУ): 78 Дж/см<sup>2</sup>

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.4.2 Вибір обладнання для термічної обробки ведучого валу КПП

Відповідно до визначених режимів ТО обирається наступне обладнання: Електропеч шахтна цементацийна СШЦМ-6.10/11 – рис. 3.3 [21, 22]. Її основні технічні характеристики наведені у табл. 3.5.



**Рисунок 3.3 – Електропеч шахтна цементацийна СШЦМ-6.10/11**

Таблиця 3.5 – Основні технічні характеристики шахтної цементацийної електропечі СШЦМ-6.10/11

№	Технічні характеристики	СШЦМ-6.10/11
1	Номінальна потужність, кВт	50
2	Параметри електроживлення	3×380 В, 50 Гц
3	Максимальна температура в робочому просторі, °С	1100
4	Діапазон автоматичного регулювання температури, °С	40...1100
5	Розміри робочого простору, діаметр×довжина, мм	600 × 1000
6	Габаритні розміри, мм, не більше (діаметр × висота)	1800 × 3000
7	Стабільність підтримки температури в сталому тепловому режимі без садк, °С, не гірше	± 3
8	Тип терморегулятора / Тип термопар	ТРП-08-ТП (по замовчуванню) / ТХА
9	Механізм підйому кришки	Електропривід
10	Кількість зон нагріву	1
11	Матеріал нагрівачів	Ніхром

### 3.4.3. Особливості проведення цементації ведучого валу

Цементація ведучого валу КПП проводиться у шахтній електропечі СШЦМ-6.10/11, конструкція якої забезпечує ефективне насичення поверхневого шару деталі вуглецем. Піч обладнана муфелем, виготовленим із жаростійкого сплаву 20Х23Н18, який має високу корозійну та термічну стійкість. Товщина стінок муфеля становить  $h = 8,0$  мм, що забезпечує належну механічну міцність і герметичність робочої зони.

У якості карбюризатора застосовуються:

- рідкі вуглеводні — гас, синтин, уайт-спірит, піробензол;
- газоподібні середовища — ендогаз.

Витрати карбюризаторів (в середньому на  $1 \text{ м}^2$  цементованої поверхні):

- газоподібні  $0,38 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;
- рідкі –  $0,11 \text{ л/год.}$

Ці показники дають змогу точно розрахувати необхідну кількість карбюризатора для заданої партії деталей з урахуванням площі їх поверхні.

Конструктивні особливості печі:

- система нагріву: використовується ніхромовий нагрівальний елемент (NiCr), який має високу електричну провідність і стабільність при тривалому нагріванні;
- футеровка: сучасні енергозберігаючі мікропористі та волокнисті матеріали, які знижують теплові втрати й підвищують ККД печі.

Система автоматичного керування температурою:

- мікропроцесорний терморегулятор з високою точністю підтримки заданого температурного режиму;
- твердотільні безконтактні реле забезпечують швидке і безшумне комутування потужності.

Циркуляційна система:

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– на кришці печі встановлено високотемпературний вентилятор з дифузором, який забезпечує рівномірний розподіл газу та температури всередині робочого об'єму.

– робоче колесо, вал вентилятора і сам дифузор виготовлені з жароміцної сталі, що забезпечує їх довговічність в умовах високих температур.

Додаткове оснащення – контрольні патрубки у кришці печі дають можливість встановлення:

- термопар — для контролю температури в різних зонах муфеля;
- контрольних зразків — для визначення глибини цементації, мікроструктури й твердості шару.

Система подачі атмосфери:

- передбачено регульовану подачу рідкого гасу;
- можливість подачі цементаційного газу (ендогазу) або аміаку для комбінованих видів хіміко-термічної обробки (нітроцементация).

Структура отриманого поверхневого шару після цементації та гартування – загартований мартенсит відпустку з включеннями глобулярних карбідів (рис. 3.4)



**Рисунок 3.4 – Мікроструктура мартенситу**

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу КПП вантажівки ЗіЛ-43272Н

### 4.1 Рекомендації з усунення дефектів ведучого валу КПП

#### 4.1.1 Оцінка стану зубів ведучого валу

Для визначення придатності зубів ведучого валу (рис. А4) проводять вимірювання товщини зуба на контрольній висоті, яка становить 6,128 мм. Якщо виявлена товщина буде меншою за 6,950 мм, то вал вважається зношеним понад допустимі межі, і підлягає вибракуванню як такий, що не відповідає вимогам технічного стану.

Оцінка зносу западин зубів:

– у протилежні западини зубів вставляють контрольні кульки діаметром 6,50 мм, після чого виконують вимір зовнішнього розміру між ними. Якщо отримане значення  $> 51,740$  мм, це свідчить про надмірне зношення зубів, і в такому випадку вал також вважається непридатним до подальшої експлуатації.

Технічний стан торців зубів:

– при наявності забоїн або відколів на торцях зубів валу проводять зачистку західної частини зуба. Якщо після обробки фактична довжина зуба становитиме  $< 6,0$  мм, вал визнається некондиційним і вибраковується.

Перевірка конусної поверхні під кільце синхронізатора:

– якщо діаметр конусної поверхні  $< \varnothing 41,0$  мм, або при перевірці за допомогою контактної фарби пляма зони контакту займає  $< 72,0$  % від усієї площі конусної поверхні, то така поверхня не відповідає експлуатаційним вимогам і вал підлягає вибракуванню. Для контролю використовують конусний калібр з наступними характеристиками:  $\varnothing 80,0$  мм, кут конуса —  $\angle 16,0^\circ$ . Після надягання калібру на конус, вимірюють відстань від торця до поверхні. Контактну площу фарбують і визначають шляхом переміщення калібру відносно поверхні.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1.2 Методи усунення зносу та відновлення поверхонь

У разі зношення шийок, на які встановлюються передній і задній кулькові підшипники, застосовують вібродугове наплавлення [23-25]. Після нанесення відновлювального шару обов'язково виконують шліфування до номінального розміру, передбаченого у робочому кресленні.

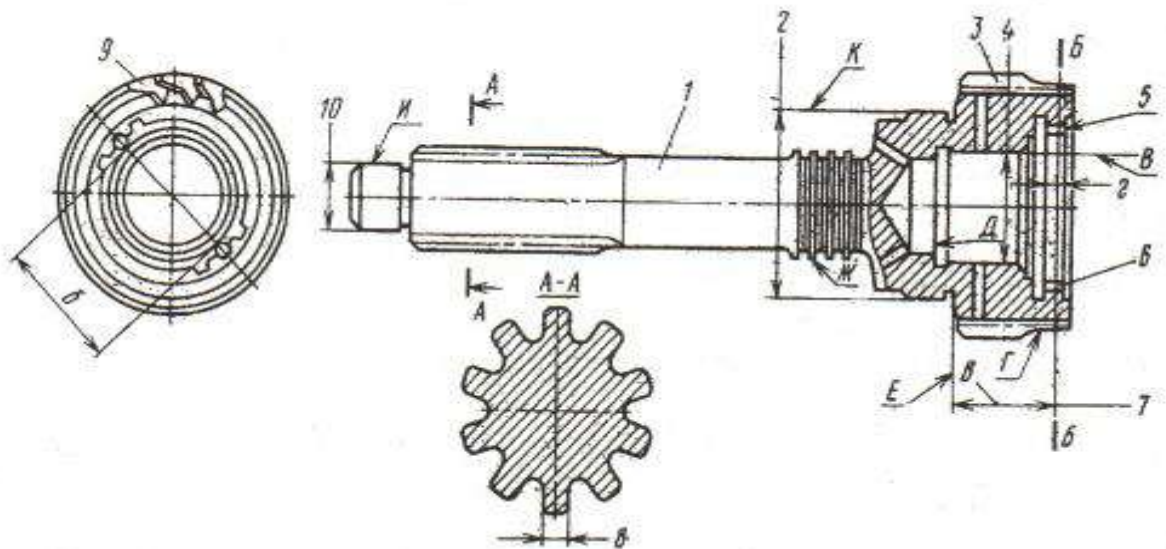
Шліци, які мають знос по товщині, відновлюються методом наплавлення під шаром флюсу. Після цього виконуються фрезерування шліців, їх ТО, а потім — фінішне шліфування до проектного розміру.

Якщо спостерігається зношення посадкового отвору для роликового підшипника, проводиться його розшліфування під 1-й або 2-й ремонтний розмір. Після цього встановлюється відповідна ремонтна деталь (ДРД), яку також шліфують до розміру, передбаченого технічною документацією. Дефектація ведучого валу КПП наведена у табл. 4.1 і рис. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дефектація ведучого валу (№ дефектів наведено на рис. 4.1)

№	Можливі дефекти	Спосіб встановлення дефекту і засобу контролю	Розмір, мм	Рекомендації з усунення дефекту
1	Облом і тріщини	Візуально	-	Відповідає нормі
2	<b>Знос шийки під передній кульковий підшипник</b>	Штангенциркуль	Ø24,950	<b>Вібродугове наплавлення</b>
3	Викрашування робочої поверхні зубів	Візуально	-	Відповідає нормі
4	Знос отвору під роликовий підшипник	Штангенциркуль	Ø44,040	Відповідає нормі
5	Знос зубів валу по довжині, забоїни та відколи на торцях зубів	Штангенциркуль	-	Відповідає нормі
6	Знос зубів валу за товщиною	Штангенциркуль	Ø51,740	Відповідає нормі
7	Знос конусної поверхні під кільце синхронізатора	Штангенциркуль	Ø41,00	Відповідає нормі
8	<b>Знос шліців за товщиною</b>	Штангенциркуль	5,700	<b>Наплавлення під шаром флюсу</b>
9	Знос зубів шестерні за товщиною	Штангенциркуль	6,950	Відповідає нормі
10	<b>Знос шийки під задній кульковий підшипник</b>	Штангенциркуль	Ø59,980	<b>Вібродугове наплавлення</b>

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



**Рисунок 4.1 – Дефектація ведучого валу КПП**

#### **4.2 Відновлення зношених поверхонь ведучого валу КПП під кулькові підшипники вібродуговим наплавленням**

Принципова схема установки для вібродугового наплавлення ведучого валу зображена на рис. 4.2. Основні елементи процесу та їх взаємодія описуються нижче [24].

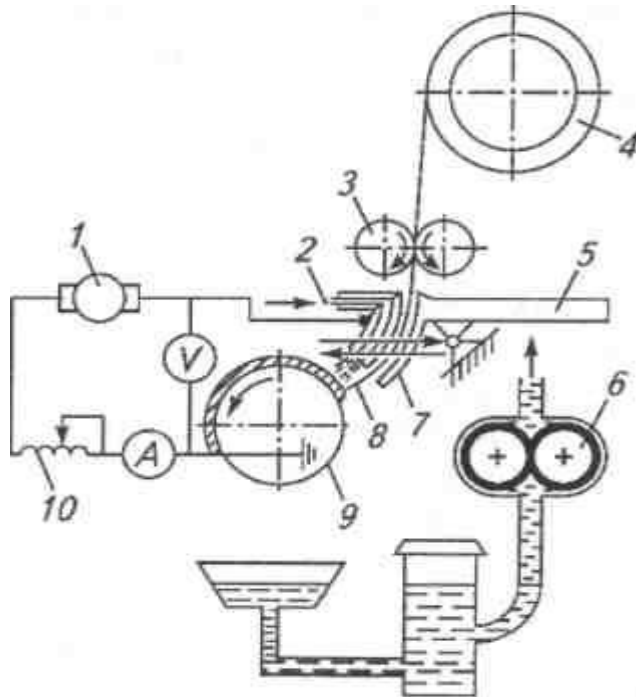
Для вібродугового наплавлення застосуємо наплавлювальну головку ГМВК-2, яку кріпимо на супорті токарного верстата (рис. 4.3).

Для живлення вібродугового наплавлення застосуємо зварювальний випрямляч ПАТОН ВД-310Н DC MMA (рис. 4.4).

В якості охолоджуючої рідини застосуємо 20%-й розчин технічного гліцерину ( $C_3H_8O_3$ ) у воді, яка, випаровуючись, витісняє із зони горіння дуги повітря. Внаслідок цього зменшується вміст  $N_2$  в наплавленому металі, а  $C_3H_8O_3$  знижує швидкість охолодження наплавленого металу. Це призводить до зменшення тріщиноутворення при наплавленні.

Таким чином, суть методу: електродний дріт автоматично подається до поверхні відновлюваного валу через механізм, який створює коливальні рухи дроту. Режим відновлення поверхонь ведучого валу КПП під кулькові підшипники вібродуговим наплавленням наступний [27, 29]:

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



1 – джерело струму; 2 – штуцер для подачі охолоджуючої рідини; 3 – механізм подачі електродного дроту; 4 – касета з електродним дротом; 5 – коромисло; 6 – насос для подачі охолоджуючої рідини; 7 – мундштук; 8 – електрод; 9 – ведучий вал; 10 – дросель

**Рисунок 4.2 – Схема установки для вібродугового наплавлення ведучого валу [24]**



**Рисунок 4.3 – Токарний верстат Holzmann ED 1000PIDIG [27]**

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



**Рисунок 4.4 – Зварювальний випрямляч ПАТОН ВД-310Н DC MMA (380В)**

- електродний дріт Св-08ГА;
- товщина наплавленого шару  $h = 1,10$  мм;
- діаметр електроду  $d = 1,60$  мм;
- швидкість подачі електроду  $v_e = 48,0$  м/год.;
- сила струму  $I = 150,0$  А;
- напруга  $U = 15,0$  В;
- швидкість наплавлення  $v_n = 60,0$  м/год.;
- крок наплавлення  $y_n = 1,6$  мм;
- амплітуда вібрацій електроду 2,0 мм;
- частота коливальних рухів 75,0 Гц;
- витрата охолоджувальної рідини (20%-й розчин технічного гліцерину) 1,5 л/хв..

Процес наплавлення включає [24]:

- коротке замикання — момент дотику дроту до деталі;
- горіння дуги — під час відриву дроту;
- холостий хід — пауза між імпульсами до наступного контакту.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підключення до електроланцюга індуктивності дозволяє згладити імпульси струму, що стабілізує дугу, підвищує якість наплавлення і забезпечує рівномірне формування наплавленого шару.

#### **4.2.1 Обладнання та оснащення робочого місця при вібродуговому наплавленні ведучого валу**

Основне технологічне обладнання:

– токарний верстат для закріплення й обертання деталі Holzmann ED 1000PIDIG [27];

– наплавлювальна головка (механізм подачі дроту з коливальним рухом) – ГМВК-2;

– джерело зварювального струму з регулюванням сили струму та напруги ПАТОН ВД-310Н DC MMA;

– пульт керування параметрами наплавлення.

Слюсарно-складальний інструмент:

– молоток слюсарний масою 0,50 кг;

– молоток з мідним бойком (0,5 кг);

– плоскогубці комбіновані;

– зубило;

– розвідний ключ №2;

– гайкові ключі відкритого типу розмірів 10×12; 11×14; 17×19; 22×24; 24×27 мм.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05, індикаторна голівка на стійці.

Засоби індивідуального захисту:

– захисний фартух, спеціальні рукавиці;

– захисний екран або щиток для обличчя;

– щітка-зачистка для обробки поверхонь.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2.2 Якість наплавленого металу та особливості процесу вібродугового наплавлення

Якість формування наплавленого шару та продуктивність наплавлювального процесу значною мірою залежать від просторового положення електроду відносно оброблюваної поверхні деталі. Це положення визначається такими параметрами:

1. Кут нахилу електроду у вертикальній площині ( $\alpha$ ), який визначає відхилення електроду від осі обертання деталі в поздовжньому напрямку. При збільшенні цього кута покращується з'єднання наплавленого валика з основним металом, однак ускладнюються з'єднання між сусідніми валиками, що може призвести до нерівномірності шару.

2. Кут нахилу електроду у поперечній площині ( $\beta$ ). Цей параметр важливий особливо при наплавленні деталей діаметром  $< 40$  мм. Правильний вибір кута забезпечує стабільність дуги та рівномірний розподіл металу.

3. Виліт електроду ( $L$ ). Він визначається, як відстань від кінця направляючого сопла до торця електроду. Збільшення вильоту може зменшити стабільність дуги, але водночас дозволяє охопити більшу площу поверхні.

Вібраційні рухи електроду знижують локальну теплову дію на вал, сприяючи меншому перегріву та деформаціям.

Охолоджувальна рідина, яка подається в зону наплавлення, сприяє формуванню загартованої структури наплавленого металу, підвищуючи його твердість і зносостійкість.

Найкращі результати досягаються при використанні постійного струму зворотної полярності, що забезпечує глибше проплавлення та кращу якість з'єднання.

Переваги вібродугового наплавлення:

- $\text{min}$  по глибині зона термічного впливу на основний метал;
- мала деформація валу після наплавлення, навіть при тонких стінках;
- висока зносостійкість та твердість наплавленого шару;
- висока продуктивність процесу за рахунок автоматизації подачі дроту;

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість контролю товщини наплавлення в широкому діапазоні;
- відновлення деталей з різними механічними характеристиками.

Недоліки методу:

- наплавлений метал може мати пористість, вміст оксидів і неоднорідну структуру;

- щільність шва нижча, ніж при інших способах наплавлення;
- втомна міцність відновленого валу може знижуватися до 60,0% і більше;

Ці недоліки частково компенсуються проведенням додаткової термомеханічної обробки, що дозволяє підвищити однорідність структури та міцнісні характеристики.

### **4.3 Відновлення шліців ведучого валу методом автоматичного наплавлення під шаром флюсу**

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу є одним з найефективніших способів відновлення зношених деталей, що потребують високої якості наплавленого металу. Під час цього процесу наплавлювальний дріт автоматично подається у зону зварювання, де дуга горить під шаром спеціального флюсу. Сам флюс виконує кілька критично важливих функцій [24, 25, 27]:

- захищає рідкий метал від контакту з атмосферним повітрям, тим самим запобігаючи потраплянню в нього шкідливих домішок —  $O_2$  та  $N_2$ ;
- сприяє поліпшенню пластичності та чистоти наплавленого металу;
- забезпечує стабільне формування валика навіть за умов високої щільності струму, що дозволяє вести процес з високою продуктивністю.
- покриваючи зону наплавлення, флюс утворює захисну шлакову плівку, яка уповільнює охолодження металу, що подовжує час перебування ванни у рідкому стані;
- покращує осадження неметалічних включень;
- дозволяє вивести гази (особливо  $H_2$  та  $O_2$ ), зменшуючи пористість;

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– забезпечує одноріднішу структуру металу та зменшує кількість мікродефектів.

Особливість: при наплавленні деталей невеликого діаметра (до  $\varnothing 50,0$  мм) виникають труднощі, пов'язані зі стіканням рідкого металу, особливо при великій довжині зварювальної ванни. Для зменшення цього ефекту застосовують знижені режими струму і напруги [24, 25, 27]:

– сила струму  $I = (120,0-270,0)$  А;

– напруга  $U = (15,0-28,0)$  В.

Це дозволяє уникнути надлишкового нагріву і забезпечити якісне формування шва без дефектів.

Зносостійкість відновлених деталей значною мірою залежить від складу наплавленого металу, який можна легувати за допомогою електродного дроту або флюсу. Так як у нашому випадку потрібна висока твердість і поверхнева зносостійкість, то використовуємо дріт Св-08. Шари цього матеріалу стійкі до тертя, удару, мають підвищену довговічність і дають можливість адаптувати властивості шару під конкретні умови експлуатації відновлюваного валу.

Переваги автоматичного наплавлення під флюсом наступні [24, 25, 27]:

- надійний захист металу від зовнішніх впливів;
- висока якість та однорідність наплавленого шару;
- можливість відновлення деталей великого розміру з високою продуктивністю;
- ефективне легування металу без додаткових матеріалів;
- мінімум вміст шкідливих домішок у металі ( $N_2$ ,  $O_2$ );
- хороша прилипливість шару до основного металу.

#### 4.3.1 Флюси для автоматичного наплавлення

Для отримання якісного, щільного і зносостійкого наплавленого металу велике значення має вибір флюсу, який забезпечує як захист зварювальної ванни, так і впливає на хімічний склад, структуру і механічні властивості наплавленого

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шару. Найбільш широке розповсюдження в промисловості отримали плавлені флюси з високим вмістом марганцю ( $MnO > 30,0\%$ ), які відзначаються [24, 25, 27]:

- низькою схильністю до утворення пористості в металі наплавлення;
- стійкістю проти появи гарячих тріщин;
- доброю здатністю до рафінування розплаву від неметалевих включень.

Розглянемо найпоширеніші марки плавлених флюсів.

Флюс АН-348-А:

- застосовується з легованими та вуглецевими дротами;
- забезпечує стабільну дугу та рівномірне формування шва;
- підходить для відповідальних з'єднань.

Флюс ОСЦ-45:

- має підвищений вміст оксиду Mn, що сприяє гарному очищенню зварювального басейну;
- знижує кількість мікропор і тріщин.

Типовий хімічний склад флюсу ОСЦ-45:

- $SiO_2 = (43,00-45,00) \%$ ;
- $MnO = (38,00-43,00) \%$ ;
- $Al_2O_3 = (3,00-6,00) \%$ ;
- $CaO = 5,50 \%$ ;
- $MgO = 2,50 \%$ ;
- $FeO = 1,50 \%$ ;
- $S = 0,150 \%$ ;
- $P = 0,880 \%$ ;

Флюс АН-30:

- використовується для наплавлення високолегованого металу;
- рекомендується у поєднанні з легованим дротом, який містить щонайменше  $0,50 \%$  Si;
- забезпечує високу зносостійкість і корозійну стійкість шару.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окрім плавлених флюсів, значну популярність мають керамічні флюси, які були розроблені Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона. Серед них найбільш відомі АНК-19 та АНК-18, які відзначаються наступними перевагами [24, 25, 27]:

- дають змогу легувати наплавлений метал, навіть при використанні дешевого дроту типу Св-08, що робить процес економічно вигідним;
- забезпечують підвищену твердість і міцність наплавленого шару;
- стабілізують зварювальний процес і зменшують ризик термічних дефектів.

Приклад складу наплавленого металу, отриманого при використанні дроту Св-08 та флюсу АНК-19:

- С = 0,490 %;
- Mn = 0,660 %;
- Si = 0,340 %;
- Cr = 3,150 %.

Середня твердість отриманого металу становить HRC (45,0–49,0), що свідчить про його високу поверхневу зносостійкість та довговічність при експлуатації в умовах тертя та ударів [24, 25, 27].

Правильний вибір флюсу має вирішальне значення для ефективного автоматичного наплавлення. Плавлені флюси забезпечують стабільність процесу і мінімізацію дефектів, тоді як керамічні флюси дозволяють гнучко регулювати хімічний склад шару навіть із недорогим дротом. Це відкриває широкі можливості для відновлення як стандартних, так і відповідальних деталей у різних галузях машинобудування.

#### **4.3.2 Особливості застосування флюсових сумішей та вплив режимів наплавлення в авторемонті**

У сфері авторемонтного виробництва, де часто необхідне відновлення зношених поверхонь відповідальних деталей, поряд із класичними флюсами активно застосовують комбіновані суміші, які дозволяють гнучко змінювати

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хімічний склад наплавленого металу та покращувати його експлуатаційні характеристики. Однією з ефективних таких сумішей є [24, 25, 27] суміш флюсу АН-348-А (основа) + 25,0 % графіту + 2,0 % ферохрому. Цей склад забезпечує додаткове легування наплавленого шару С і Cr, що підвищує його твердість, термостійкість та опір зношуванню. Наплавлення здійснюється зазвичай дротом марки Нп-80, який у поєднанні з вищезазначеною сумішшю створює покриття з хорошими механічними характеристиками.

Якість наплавленого металу залежить не лише від вибору флюсу та електродного дроту, а й у значній мірі від режимів наплавлення. Основні параметри, що впливають на кінцевий результат [24, 25, 27]:

- сила струму  $I$  (А);
- напруга  $U$  (В);
- швидкість наплавлення;
- техніка переміщення електроду.

Зміною цих параметрів можна цілеспрямовано впливати на:

- глибину провару основного металу;
- ступінь змішування основного і електродного металу;
- хімічний склад і властивості валика, що наплавляється.

Висока швидкість наплавлення призводить до меншої глибини провару. Це означає, що у наплавлений метал потрапляє менше основного металу, а отже, домінують легуючі компоненти електродного дроту. Такий валик має вищу легованість і твердість.

Низька швидкість наплавлення збільшує глибину провару і частку основного металу в складі валика. Внаслідок цього зменшується відносна концентрація легувальних елементів з дроту, і властивості наплавленого металу дещо знижуються, хоча зчеплення з основою зазвичай краще [24, 25, 27].

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3.3 Устаткування для автоматичного наплавлення під шаром флюсу

Процес автоматичного наплавлення під шаром флюсу здійснюється на постійному струмі зворотної полярності, що забезпечує стабільну дугу і високу якість зварювального шва. Застосовуються як спеціалізовані установки, так і універсальні токарні верстати з відповідним оснащенням.

Для нашого випадку зварювальний апарат MIG-180 (N240), який сумісний з широким рядом токарних верстатів [28] (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Зварювальний апарат MIG-180 (N240) [28]

Для живлення наплавлювальної системи постійним струмом застосуємо перетворювач струму ПСОВІ-500, який дозволяє підтримувати стабільні електричні параметри впродовж усього процесу наплавлення, що критично важливо для запобігання дефектам та коливанням хімічного складу наплавленого металу.

### 4.3.4 Вплив режимів і матеріалів на експлуатаційні властивості наплавленого металу

Експлуатаційні характеристики наплавленого шару — його зносостійкість, твердість, міцність та опір втомі — значною мірою залежать від режиму

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наплавлення, а також від вибору матеріалу електродного дроту і флюсу. Саме ці три чинники визначають структуру, склад і властивості отриманого шару.

Для забезпечення мінімального припуску на подальшу механічну обробку важливо вибирати такі параметри режиму наплавлення, які сприяють отриманню рівної, рівномірної і гладкої поверхні без напливів, пір чи глибоких кратерів.

Параметри режиму наплавлення визначаються:

- габаритами деталі (діаметром, довжиною);
- ступенем зносу поверхні, що відновлюється;
- діаметром електродного дроту.

Матеріал дроту та флюсу обирають залежно від:

- матеріалу самої деталі (вуглецева, легована або конструкційна сталь);
- необхідного рівня поверхневої твердості;
- умов експлуатації (тертя, ударне навантаження, температура).

Величина зносу деталі безпосередньо впливає на товщину наплавлення, яка повинна враховувати також припуск на подальшу обробку. Для точного відновлення геометрії поверхні важливо не лише відновити втрачений матеріал, але й забезпечити надлишок для шліфування або точіння.

Для великих за діаметром деталей найбільш раціонально використовувати автоматичне наплавлення, оскільки воно дозволяє досягти високої продуктивності та стабільної якості. При напавленні деталей малого діаметру виникає проблема стікання розплавленого металу і шлаку через обертання деталі. Щоб запобігти цьому:

– електродний дріт зміщують від zenіту (найвищої точки) у бік, протилежний напрямку обертання деталі;

– при діаметрах деталі в межах (35,0–650,0) мм та використанні дроту  $\varnothing(1,10-2,00)$  мм, зміщення дроту має становити (3,0–25,0) мм, причому значення визначаються експериментально для кожного конкретного випадку;

– кут нахилу мундштука до поверхні деталі регулюють залежно від положення дуги та форми деталі, щоб забезпечити стабільне горіння дуги і формування рівного валика.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб утримати флюс у зоні наплавлення (особливо на вертикальних або похилих поверхнях), доцільно застосовувати спеціальні флюсоутримуючі пристосування. Вони дозволяють зберігати флюс навколо дуги, забезпечуючи повноцінний захист розплавленого металу та кращу якість зварного шва.

Під час процесу наплавлення одним із критичних завдань є збереження початкової (первинної) міцності деталей, особливо тих, що експлуатуються в умовах змінного навантаження або вібрацій. Для цього важливо мінімізувати глибину проплавлення основного металу, адже надмірне проплавлення призводить до порушення структури основного матеріалу, зниження його втомної міцності та небажаного змішування з наплавленим шаром.

Найпростіший і найпоширеніший спосіб — зниження сили зварювального струму. Це дозволяє обмежити тепловий вплив на основну металеву основу, проте призводить до зниження продуктивності процесу, оскільки зменшується швидкість формування наплавленого шару. Незважаючи на це, такий підхід є необхідним при ремонті особливо відповідальних деталей, зокрема елементів, які працюють у складних умовах, де від міцності залежить безпека експлуатації.

Найбільш стабільні та якісні результати при наплавленні вдається отримати за умови використання постійного електричного струму зі зворотною полярністю.

Такий режим забезпечує:

- стабільне горіння дуги;
- кращу передачу тепла до електродного дроту, а не до основного металу;
- рівномірне формування валика з мінімальним перегрівом деталі;
- зниження ризику утворення тріщин або внутрішніх дефектів.

Подовжня подача наплавлювальної голівки встановлюється з урахуванням того, щоб кожен наступний валик перекривав попередній на одну третину його ширини. Режими наплавлення повинні забезпечувати отримання наплавленого металу без тріщин, тому наплавлення доцільно вести при мінімальній силі струму з мінімальною глибиною проплавлення основного металу.

Приймаємо наступний режим автоматичного наплавлення шліців первинного валу КПП під шаром флюсу [27]:

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- діаметр електродного дроту  $d = 1,6$  мм;
- зміщення електроду із zenіту  $3m = 3,5$  мм;
- напруга дуги  $U = 25,0$  В;
- сила струму наплавлення  $I = 170,0$  А;
- індуктивність витків дроселя РСТЭ-34 становить 10,0 Гн;
- швидкість подачі електродного дроту  $v_d = 110,0$  м/год.;
- товщина наплавленого шару  $h = 1,8$  мм;
- швидкість наплавлення  $v_n = 20,0$  м/год.;
- крок наплавлення  $y_n = 3,5$  мм;
- подовжня подача  $s = 4,0$  мм/об.

Одним з ефективних методів запобігання утворенню гарячих тріщин у процесі наплавлення є попередній підігрів деталі перед початком зварювальних робіт. Такий технологічний прийом дозволяє контролювати швидкість охолодження наплавленого металу, що є критично важливим для запобігання різкому утворенню внутрішніх напружень і дефектів у зварному шві.

Завдяки зниженню миттєвої швидкості охолодження, структура металу формується більш рівномірно, без локального перегріву або затвердіння. Це, у свою чергу, дозволяє підвищити допустимий вміст С у наплавленому металі без суттєвого ризику утворення гарячих тріщин, які часто виникають унаслідок надмірного вмісту вуглецю та різкого охолодження.

Однак у практиці відновлення автомобільних деталей до попереднього підігрівання вдаються лише у виняткових випадках. Основною причиною цього є те, що більшість деталей вже піддавалися ТО, і повторне нагрівання може призвести до погіршення їх фізико-механічних властивостей, зокрема зниження твердості, зносостійкості або зміни мікроструктури.

З цієї причини рішення про підігрів приймається індивідуально, з урахуванням матеріалу деталі, її функціонального призначення та допустимих змін у структурі металу.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Наведені загальні відомості про вантажний автомобіль ЗіЛ-43272Н та його коробку передач (основні несправності, технічне обслуговування, процедура ремонту).

Описано призначення ведучого валу КПП та його конструктивне виконання. Вибраний матеріал ведучого валу, проаналізовано вплив легуючих елементів сталі 25ХГМ на технологію її термообробки. Розроблена послідовність операцій та призначені режими термічної обробки ведучого валу, вибране необхідне для цього обладнання і наведені особливості проведення цементації.

Представлені рекомендації з усунення дефектів ведучого валу КПП і наведені методи усунення зносу та відновлення поверхонь. Для відновлення зношених поверхонь ведучого валу КПП під кулькові підшипники застосоване вібродугове наплавлення:

- електродний дріт Св-08ГА;
- товщина наплавленого шару  $h = 1,10$  мм;
- діаметр електроду  $d = 1,60$  мм;
- швидкість подачі електроду  $v_e = 48,0$  м/год.;
- сила струму  $I = 150,0$  А;
- напруга  $U = 15,0$  В;
- швидкість наплавлення  $v_n = 60,0$  м/год.;
- крок наплавлення  $u_n = 1,6$  мм;
- амплітуда вібрацій електроду 2,0 мм;
- частота коливальних рухів 75,0 Гц;
- витрата охолоджувальної рідини (20%-й розчин технічного гліцерину) 1,5 л/хв..

Для відновлення шліців первинного валу КПП застосоване автоматичне наплавлення під шаром флюсу АНК-19 дротом Св-08 (зварювальний апарат MIG-180, перетворювач струму ПСОВІ-500):

- діаметр електродного дроту  $d = 1,6$  мм;

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зміщення електроду із zenіту  $z_m = 3,5$  мм;
- напруга дуги  $U = 25,0$  В;
- сила струму наплавлення  $I = 170,0$  А;
- індуктивність витків дроселя РСТЭ-34 становить 10,0 Гн;
- швидкість подачі електродного дроту  $v_d = 110,0$  м/год.;
- товщина наплавленого шару  $h = 1,8$  мм;
- швидкість наплавлення  $v_n = 20,0$  м/год.;
- крок наплавлення  $y_n = 3,5$  мм;
- подовжня подача  $s = 4,0$  мм/об.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. ЗіЛ-130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/ЗіЛ-130>
2. ЗіЛ-131 – армійська вантажівка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://military.com/uk/articles/zil-131/>
3. Історія створення автомобіля ЗіЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gruz-avto.com/ua/a170529-istoriya-sozdaniya-avtomobilya.html>
4. Автомобіль ЗіЛ 130 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://buonfarmers.com/ua/products/avtomobil-zil-130>
5. ЗіЛ-4327 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wheelsage.org/zil/4327?page=1>
6. Вантажівка ЗіЛ 43272Н – повна характеристика автомобіля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://interdalnoboy.com/gruzoviki/description/zil-43272h-bortovoy-4x4.html>
7. ЗіЛ-43272Н [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wheelsage.org/zil/4327?page=1>
8. Ремонт КПП ЗіЛ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gidropartner.com.ua/remont-kpp-zil/>
9. Гідравлічний підкатний знімач КПП Siker [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://siker.ua/tovary/oborudovanie-sto/semniki-kpp/gidravlicheskiy-podkatnoy-semnik-kpp>
10. Інструмент для зняття підшипників коробки передач 601094869547 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ebuy7.com/uk/transmission-bearing-removal-tool-double-disc-puller-chuck-bearing-puller-pull-half-shaft-removal-tool.html>
11. Будова та експлуатація спеціальної техніки: методичні вказівки з організації лабораторних занять для слухачів освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» / Укладачі: А.Я. Калиновський, Р.І. Коваленко. – Х.: НУЦЗУ, 2019. – 85 с. – Режим доступу:

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[http://univer.nuczu.edu.ua/tmp\\_metod/3934/5.\\_Metodichni\\_vkazivki\\_laboratornih\\_zanyat%27.pdf](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/3934/5._Metodichni_vkazivki_laboratornih_zanyat%27.pdf)

12. Кубіч В. І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Машини з двигунами внутрішнього згорання» для студентів всіх форм навчання. Спеціальність 133 Галузеве машинобудування за освітньою програмою «Двигуни внутрішнього згорання». Частина I / В. І. Кубіч. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 70 с.

13. Сталь 25ХГМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auremo.org/materials/stal-25hgm.html>

14. Сталь 25ХГМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://evек.com.ua/materials/stal-25hgm.html>

15. Лисенко О. Б. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Матеріалознавство» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 132 Матеріалознавство / О. Б. Лисенко, Т. В. Калініа. – Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 70 с.

16. Характеристика матеріалу 25ХГМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://splav-kharkov.com/mat\\_start.php?name\\_id=534#1](https://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=534#1)

17. Гайдамак О. Л. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування комплексів обладнання для напилювання» для студентів спеціальності 7.05050403, 8.05050403, «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» / О. Л. Гайдамак. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 46 с.

18. Вакуленко І.О. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія і практика термічної обробки» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 104 Фізика та астрономія, за освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» / І.О. Вакуленко– Кам'янське: ДДТУ, 2024. – 121 с.

19. Дробот О. С. Теорія і технологія термічної обробки : методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 132 «Матеріалознавство» / О. С. Дробот. Хмельницький: ХНУ, 2022. – 35 с.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Тимофеева Л.А. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів: конспект лекцій. Ч. 2. / Л.А. Тимофеева, Г.Л. Комарова – Харків: УкрДАЗТ, 2013. — 50 с.

21. Будник А.Ф. Типове обладнання термічних цехів та дільниць: Навчальний посібник / А.Ф. Будник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 212 с.

22. Електропеч шахтна цементаційна СШЦМ-6.10/11 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bortek.ua/ua/promyshlennye-ehlektropechi/pechi-tsementatsii-stali/pit-gas-carburizing-furnace>

23. Левкович М.Г. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, М.Я. Сташків, М. Д. Сіправська – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 89 с.

24. Підвищення зносостійкості трибосистем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/lr-12-pidvyshchennja-znosostijkosti-trybosystem-z-dyscypliny-trybotehnika-133-hm.pdf>

25. Камель Г.І. Конспект лекцій з дисципліни «Наплавлення та напилення» для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Г.І. Камель, Ю.А.Гасило. – Кам'янське: ДДТУ 2017. – 108 с.

26. Токарний верстат по металу Holzmann ED 1000PIDIG [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://prostotools.com.ua/ua/p1861011114-tokarnyj-stanok-metallu.html?srsId=AfmBOoo0W7MHZ8e2ukkrdthMc-ng42oA-Mj4WGDt3fKRnKT\\_9zIdYRzN](https://prostotools.com.ua/ua/p1861011114-tokarnyj-stanok-metallu.html?srsId=AfmBOoo0W7MHZ8e2ukkrdthMc-ng42oA-Mj4WGDt3fKRnKT_9zIdYRzN)

27. Автухов А. К. Сервісна інженерія. Технічний сервіс в АПВ та ремонт машин: курс лекцій для підготовки бакалаврів за спеціальністю 208 «Агроінженерія» / А. К. Автухов, О. Д. Мартиненко, О. В. Тіхонов, В. А. Бантковський. – Х.: ДБТУ, 2022. – 135 с.

28. Зварювальний апарат MIG-180 (N240) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eweld.com.ua/ua/svarochnye-apparaty/svarochnye-poluavtomaty-migmag/svarochnyj-apparat-mig-180-n240-bez-gorelki-migmag>

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

29. Авер'янов В.С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія та обладнання для відновлення автомобільних деталей» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274 „Автомобільний транспорт” / В.С. Авер'янов. – Кам'янське: ДДТУ, 2018. – 70 с.

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додатки**

					КРБМТВА 2522152. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65