

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Проектування технології відновлення корпусних деталей автомобілів

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

Шифр КРБАТ 25.21234. 000 ПЗ

Виконав студент 3-го курсу  
група АТ-21-1  
Шифр

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

Нормоконтролер

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ  
Назва

Дата 10.06.25

  
Підпис

Владислав РИЖИЙ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

  
Підпис

Олександр РУДИК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

  
Підпис

Олег МАКОВКІН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Духа О.В.

2025 року

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Рижому Владиславу Олександровичу

1. Тема роботи: «Проектування технології відновлення корпусних деталей автомобілів».

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

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

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

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

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

- 1). Загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310.
- 2). Загальні відомості, технічні характеристики, будова діагностика несправностей і ремонт КПП військового автомобіля КамАЗ-4310.
- 3). Конструкція, принцип роботи, основні дефекти картера КПП вантажівки КамАЗ-4310.
- 4). Розробка технології відновлення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310.
- 5). Дослідження працездатності стенду для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів.

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

*– розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.*

### 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 РИЖИЙ  
Ім'я, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Олександр РУДИК  
Ім'я, прізвище

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 76 сторінок, кількість рисунків – 24, таблиць – 9, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 35.

Студент гр. АТ-21-1 Рижий Владислав Олександрович

Тема «Проектування технології відновлення корпусних деталей автомобілів».

Дана бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена розробці технології відновлення картера КПП повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310.





В кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

- навести загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 та її КПП;
- розглянути конструкцію, принцип роботи, основні дефекти картера КПП КамАЗ-4310;
- розробити технологію відновлення картера КПП;
- дослідити працездатність стану для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів.

Перелік ключових слів: КАМАЗ-4310, КПП, КАРТЕР, ЕЛЕКТРОКОНТАКТНЕ НАПЛАВЛЕННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ, SOLIDWORKS SIMULATION.

## Зміст

Анотація .....	6
Abstract .....	7
Перелік скорочень.....	8
Вступ .....	9
<b>1 Загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 .....</b>	<b>10</b>
1.1 Загальні відомості про військовий автомобіль КамАЗ-4310.....	10
1.2 Технічні характеристики військового автомобіля КамАЗ-4310 .....	14
<b>2 Загальні відомості, технічні характеристики, будова діагностика несправностей і ремонт КПП військового автомобіля КамАЗ-4310 .....</b>	<b>17</b>
2.1 Загальні відомості про КПП КамАЗ-4310 та її технічні характеристики.....	17
2.2 Будова КПП КамАЗ-4310 .....	18
2.2.1 Можливі несправності КПП і способи їх усунення.....	23
2.3 ТО КПП КамАЗ-4310.....	26
2.4 Ремонт КПП КамАЗ-4310 .....	28
2.4.1 Перевірка справності редукційного клапана дільника.....	28
2.4.2 Профілактичне обслуговування дистанційного приводу керування КПП .....	29
2.4.3 Демонтаж КПП .....	29
2.4.4 Вимоги до випробувального стенду .....	31
2.4.5 Вимоги до установки КПП на ДВЗ.....	33

КРБАТ 2521234.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Рижий		
Перевір.		Рудик		
Н. Контр.		Маковкін		
Затверд.		Диха		
<b>Проектування технології відновлення корпусних деталей автомобілів</b>			Літ.	Арк.
			4	73
ХНУ гр. АТ-21-1				

## Зміст

<b>Анотація .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Перелік скорочень.....</b>	<b>8</b>
<b>Вступ .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 .....</b>	<b>10</b>
1.1 Загальні відомості про військовий автомобіль КамАЗ-4310.....	10
1.2 Технічні характеристики військового автомобіля КамАЗ-4310 .....	14
<b>2 Загальні відомості, технічні характеристики, будова діагностика несправностей і ремонт КПП військового автомобіля КамАЗ-4310 .....</b>	<b>17</b>
2.1 Загальні відомості про КПП КамАЗ-4310 та її технічні характеристики.....	17
2.2 Будова КПП КамАЗ-4310.....	18
2.2.1 Можливі несправності КПП і способи їх усунення.....	23
2.3 ТО КПП КамАЗ-4310.....	26
2.4 Ремонт КПП КамАЗ-4310 .....	28
2.4.1 Перевірка справності редукційного клапана дільника.....	28
2.4.2 Профілактичне обслуговування дистанційного приводу керування КПП .....	29
2.4.3 Демонтаж КПП .....	29
2.4.4 Вимоги до випробувального стенду.....	31
2.4.5 Вимоги до установки КПП на ДВЗ.....	33

					<b>КРБАТ 2521234.000 ПЗ</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Проекування технології відновлення корпусних деталей автомобілів</b>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Рижий					4	73	
Перевір.	Рудик							
Н. Контр.	Маковкін					ХНУ гр. АТ-21-1		
Затверд.	Диха							

<b>3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти картера КПП вантажівки КамАЗ-4310.....</b>	<b>36</b>
3.1 Призначення та конструктивні особливості картера КПП.....	36
3.2 Основні дефекти картера КПП.....	37
<b>4 Розробка технології відновлення картера КПП вантажівки КамАЗ-431039</b>	<b>39</b>
4.1 Доцільність відновлення картера КПП.....	39
4.2 Вибір способу відновлення картера КПП .....	41
4.3 Розрахунок режимів електроконтактного наплавлення .....	46
<b>5 Дослідження працездатності стенду для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів.....</b>	<b>49</b>
5.1 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану сережки наплавлювальної головки стенду за допомогою SolidWorks Simulation .	50
5.1.1 Побудова у SolidWorks твердотільної моделі сережки наплавлювальної головки .....	50
5.1.2 Вибір матеріалу сережки .....	52
5.1.3 Вибір кріплення сережки.....	53
5.1.4 Прикладення навантажень до сережки .....	53
5.1.5 Створення сітки скінченних елементів сережки.....	55
5.1.6 Розрахунок напружено-деформованого стану сережки.....	56
<b>Висновки.....</b>	<b>62</b>
<b>Список використаних джерел .....</b>	<b>64</b>
<b>Додатки .....</b>	<b>68</b>

## Анотація

Наведено загальні відомості та технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310. Представлено будову його коробки передач, описано умови її експлуатації та перелік можливих дефектів і несправностей, описано способи їх усунення, технічного обслуговування і ремонту. Описана конструкція, принцип роботи, основні дефекти картера КПП і розглянута доцільність його відновлення з вибором оптимального способу і розрахунком режимів. Розроблений технологічний процес відновлення картера за допомогою стану для електроконтактного наплавлення чавунного порошку.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Abstract

General information and technical characteristics of the KamAZ-4310 all-wheel drive three-axle off-road truck are provided. The structure of its gearbox is presented, its operating conditions and a list of possible defects and malfunctions are described, methods for their elimination, maintenance and repair are described. The design, operating principle, and main defects of the gearbox crankcase are described and the feasibility of its restoration is considered with the selection of the optimal method and calculation of modes. A technological process for crankcase restoration using a stand for electrocontact deposition of cast iron powder is developed.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік скорочень

ЗСУ – збройні сили України.

КПП – коробка перемикання передач.

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

ТП – технологічний процес.

ТО – технічне обслуговування.

С – вуглець

Si – кремній.

Ti – титан.

Al – алюміній.

Mn – марганець.

Fe – залізо.

Ni – нікель.

САПР – система автоматизованого проектування.

СЕ – скінченні елементи.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

**Актуальність теми.** На сьогодні у складі ЗСУ експлуатується 218 різних марок і моделей транспортних засобів — автомобілів, спеціальних колісних шасі, транспортерів, тягачів, тракторів тощо. Однією з наймасовіших моделей у складі військового автопарку залишаються вантажні автомобілі підвищеної прохідності КамАЗ-4310 попри те, що вони є морально і технічно застарілими, мають великий строк експлуатації та вичерпали значну частину свого ресурсу. Одним з основних вузлів вантажівки є КПП, яка призначена для зміни крутного моменту за величиною і напрямом, а також для довготривалого вимикання працюючого двигуна від трансмісії при зупиненій машині. Від її справності залежить безпека руху автомобіля. Тому розроблений технологічний процес відновлення однієї з основних складових КПП – картера.

### **Мета та завдання кваліфікаційної роботи:**

- навести загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 та її КПП;
- розглянути конструкцію, принцип роботи, основні дефекти картера КПП КамАЗ-4310;
- розробити технологію відновлення картера КПП;
- дослідити працездатність стану для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів.

**Новизна роботи.** Розроблений технологічний процес відновлення картера за допомогою стану для електроконтактного наплавлення чавунного порошку. За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану серезки наплавлювальної головки стану.

**Можливість використання висновків і рекомендацій у наукових дослідженнях та на практиці:** застосувати запропонований технологічний процес відновлення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310

## 1.1 Загальні відомості про військовий автомобіль КамАЗ-4310

У 60-х роках ХХ століття в Радянському Союзі виникла нагальна потреба у створенні нових вантажних автомобілів, здатних перевозити вантажі масою до 8 тон, а також буксирувати причепа з такою ж вагою. Існуючі на той час виробничі потужності не могли забезпечити виготовлення подібної техніки у потрібній кількості. Мінський автомобільний завод і завод імені Лихачова, які раніше випускали вантажівки, з різних технічних, виробничих та організаційних причин не змогли взятися за реалізацію нового масштабного проєкту. У зв'язку з цим було прийнято стратегічне рішення — не модернізувати наявні заводи, а побудувати новий спеціалізований автозавод у зовсім іншому регіоні, який з самого початку планувався як сучасне, високотехнологічне підприємство повного циклу. Саме так почалася історія створення Камського автомобільного заводу, який у майбутньому став виробничим осередком легендарного вантажного автомобіля підвищеної прохідності — КамАЗ-4310 [1, 3–6].

Будівництво нового заводу розпочалося в 1969 р. у місті Набережні Челни, розташованому в Татарській АРСР. Цікаво, що спочатку радянське керівництво не мало наміру створювати нову вантажівку повністю самостійно. До початку 70-х років активно велися переговори з потенційними партнерами з капіталістичних країн, зокрема, на Заході. Одними з перших відбулися ділові зустрічі з представниками німецької компанії Daimler-Benz AG, однак угода так і не була укладена через те, що керівництво компанії не задовольнили фінансові умови співпраці. У 1970 р. серед потенційних партнерів проєкту КамАЗ був і американський концерн Ford Motor Co, проте з політичних причин переговори не привели до підписання контракту, і проєкт залишився виключно радянським [1].

У результаті було розпочато повноцінну розробку власного вітчизняного проєкту — вантажного автомобіля КамАЗ-4310. Ця модель представляла собою

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повнопривідний тривісний вантажівку, спроектовану за безкапотною схемою компонування, що забезпечувало компактність і кращу оглядовість для водія. Автомобіль мав підвищену прохідність і призначався для експлуатації в складних дорожніх умовах, включаючи бездоріжжя. У багатьох технічних аспектах КамАЗ-4310 значно відрізнявся від інших аналогічних всюдиходів, які виготовлялися в СРСР. Зокрема, найоригінальнішим і інноваційним технічним рішенням був пристрій приводу ведучих мостів, який забезпечував покращене зчеплення з поверхнею і високу надійність [1, 3–6].

Базова модель КамАЗ-4310 мала досить просту, але надійну конструкцію кузова. Він виготовлявся з міцного металу та оснащувався відкидним заднім бортом, що значно полегшувало завантаження і розвантаження. Окрім цього, було розроблено варіант кузова з 3-ма відкидними бортами, що дозволяло ще більше універсалізувати застосування автомобіля. У кузов можна було встановлювати дерев'яні або металеві лавки для перевезення особового складу або цивільних пасажирів. Також передбачалося використання високого брезентового верху, який натягувався на спеціальні металеві каркасні дуги. Згодом на КамАЗ-4310 почали встановлювати закриті герметичні фургони — так звані кунги, які забезпечували захист вантажу або людей від несприятливих погодних умов. Крім того, на шасі цієї моделі створювалися інші спеціалізовані транспортні засоби, зокрема самоскиди та машини спеціального призначення (рис. 1.1).



**Рисунок 1.1 – Загальний вигляд повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 [1, 2]**

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Як тільки розпочався серійний випуск вантажного автомобіля КамАЗ-4310, його майже одразу почали активно постачати до частин і підрозділів радянської армії. Найбільшу кількість нових машин було відправлено до складу так званого «обмеженого контингенту радянських військ», який дислокувався на території Афганістану в період радянської військової присутності у цій країні [1]. КамАЗ-4310 швидко зарекомендував себе як одна з ключових одиниць автотехніки в умовах складного гірського рельєфу та нестабільної бойової обстановки.

Зрозуміло, що й після розпаду Радянського Союзу частина цього технічного парку залишилася у спадок новоствореним незалежним державам, зокрема Україні. Саме тому в сучасних умовах автопарк Збройних сил України все ще включає певну кількість вантажних автомобілів КамАЗ-4310, попри те, що вони є морально і технічно застарілими, мають великий строк експлуатації та вичерпали значну частину свого ресурсу. Всі ці транспортні засоби дісталися ЗСУ внаслідок правонаступництва після розформування радянської армії.

За інформацією, отриманою з відкритих джерел, сьогодні у складі ЗСУ експлуатується 218 різних марок і моделей транспортних засобів — це автомобілі, спеціальні колісні шасі, гусенична техніка, транспортери, тягачі, трактори, а також причепи і напівпричепи. Примітно, що основу цього різноманітного, але розбалансованого парку досі складає саме техніка радянського виробництва, виготовлена ще кілька десятиліть тому. Однією з наймасовіших моделей у складі військового автопарку, поряд із іншими радянськими зразками, залишається КамАЗ-4310 [1].

Поглиблений аналіз стану цих вантажівок та досвіду їх застосування в умовах бойових дій на сході України — в зоні проведення Антитерористичної операції (АТО) та пізніше Операції об'єднаних сил (ООС) на Донбасі — виявив низку серйозних проблем. За даними Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки ЗСУ, КамАЗ-4310, як і багато інших старих зразків, характеризується значною технічною недосконалістю. Серед основних проблем — застарілість конструкції, відсутність уніфікації моделей, велика різноманітність типів техніки, що ускладнює ремонт і технічне обслуговування, а

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також невідповідність сучасним вимогам до військового транспорту, які диктуються світовими стандартами розвитку [1].

На жаль, попри всі виявлені недоліки, повністю відмовитися від використання таких вантажівок Збройні сили України наразі не мають змоги — через брак сучасної альтернативи у потрібній кількості та складну економічну ситуацію. Доказом цього є той факт, що навіть у 2019 р. військове командування продовжувало підтримувати стару техніку в робочому стані. Так, влітку того року Центральне управління забезпечення тилу ЗСУ замовило капітальний ремонт партії автопаливомаслозаправників АТМЗ-5,5-4310, які змонтовані на шасі КамАЗ-4310. Загалом було відремонтовано 8 одиниць такої техніки на загальну суму понад 5000000 грн., що свідчить про вимушену експлуатацію застарілого автопарку.

Порівняно з іншими видами транспорту, які застосовувалися радянською армією під час реальних бойових дій, то він виявився значно більш комфортабельним для особового складу. Його кабіна була просторішою, мав кращу амортизацію, що знижувало втому водіїв під час тривалих маршів у складних умовах. Також КамАЗ-4310 вирізнявся відносно м'яким ходом і кращим ергономічним виконанням кермового управління, що підвищувало ефективність його експлуатації в зонах бойових дій.

Втім, подальший розвиток військової автомобільної техніки ЗСУ вже давно вийшов за межі спадщини радянської епохи. Майбутнє українського військового автопарку, безумовно, пов'язане з новими, сучасними автомобілями. За останні шість років Україна активно нарощує потенціал власного виробництва й модернізації військових транспортних засобів. Так, на озброєння було офіційно прийнято 18 нових зразків військової автомобільної техніки. Серед них особливе місце посідають броньовані автомобілі «БАРС-8», «КОЗАК-2» і його модернізована версія «КОЗАК-2М1», а також одна спеціалізована медична машина на базі МТ-ЛБ-С, яка дозволяє евакуювати поранених навіть з передової [1].

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім вищезгаданих, до експлуатації було допущено ще кілька сучасних бронеавтомобілів, зокрема «ВАРТА», яка наразі проходить державні випробування, компактний багатоцільовий броньовик «НОВАТОР», а також броньований автомобіль-фургон Renault Sherpa Light Scout, який став результатом співпраці з іноземними партнерами. Значне поповнення також зафіксовано в сегменті вантажних транспортних засобів: до ЗСУ надійшли вантажівки КрАЗ-6322-WP і автомобільні шасі на їхній базі, а також машини «Богдан-6317». Усе це — важливий крок у напрямку модернізації та нарощування технічної спроможності армії.

Проте навіть така динаміка поки що не є достатньою для повноцінного оновлення всього автопарку. Велика кількість застарілих зразків все ще перебуває на озброєнні, а їх поступова заміна потребує комплексного підходу. Тому першочерговим завданням має стати створення цілеспрямованої програми проектування нового покоління військової автомобільної техніки для ЗСУ. Найгострішою наразі є потреба у розробці легкого багатоцільового автомобіля, який би був придатним для перевезення особового складу, невеликих партій вантажу, а також міг діяти в умовах обмеженої інфраструктури. Паралельно необхідно проектувати легкі колісні платформи, вантажопідйомністю від 2 до 4 тон. Особливу увагу слід приділити розробці середніх і важких автомобілів, здатних перевозити вантажі масою від 6 до 25 тон. Також у край актуальною є потреба у створенні універсального багатоцільового гусеничного тягача, а також єдиного автомобільного шасі, яке могло б стати основою для широкого спектра військових машин [1].

## 1.2 Технічні характеристики військового автомобіля КамАЗ-4310

Технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 наведено у табл. 1.1.

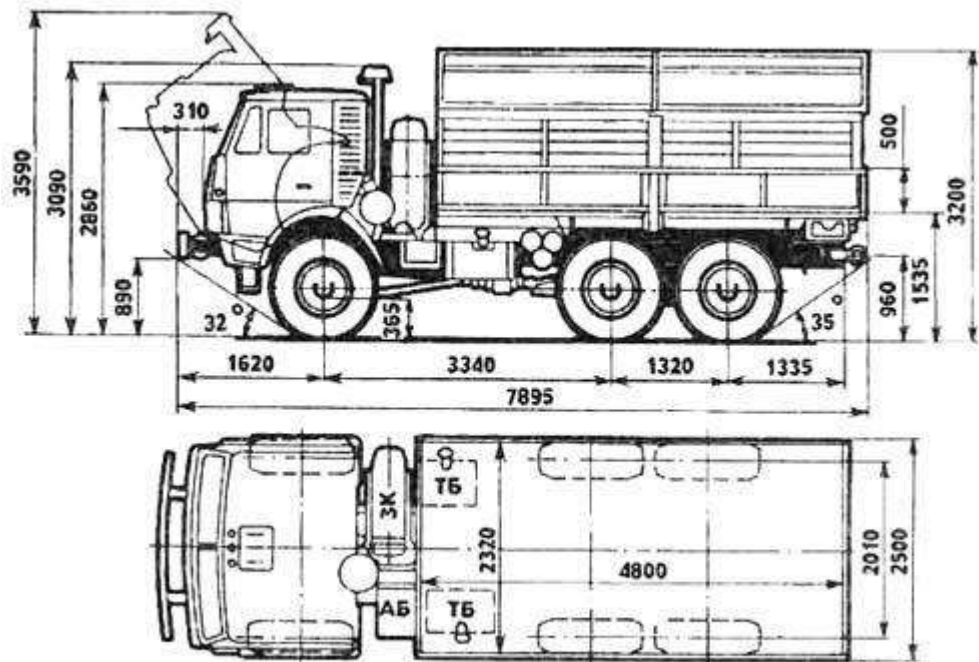
					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики повнопривідних тривісних вантажних автомобілів підвищеної прохідності КамАЗ-4310, які знаходяться на озброєнні ЗСУ [2]

Вантажопідйомність, кг	6000
Споряджена маса, кг	8745
У тому числі, кг:	
– на передню вісь	4315
– на візок	4430
Повна маса з урахуванням додаткового спорядження, кг	15205
У тому числі, кг:	
– на передню вісь	5020
– на візок	10185
Допустима маса причепа, кг:	
– по дорогах з твердим покриттям	10000
– по інших видах доріг	7000
Макс. швидкість автомобіля, км/год.	85
Макс. швидкість автопоїзда, км/год.	80
Час розгону автомобіля до 60 км/год, с	35
Макс, кут підйому, град	31
Макс, кут підйому автопоїздом, град	20
Вибіг автомобіля з 50 км/год., м	600
Гальмівний шлях автомобіля з 40 км/год., м	17,2
Гальмівний шлях автопоїзда з 40 км/год., м	18,4
Контрольна витрата палива при 60 км/год., л/100 км:	
– автомобіля	30,0
– автопоїзда	37,0
Глибина подолання броду з твердим дном при номінальному тиску в шинах, мм <sup>2</sup> :	
– без підготовки;	0,8

– з попередньою підготовкою тривалістю не більше 15 хв.	1,5
Радіус повороту, м:	
– за зовнішнім колесом	10,5
– габаритний	11,3

Розміри повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 наведено на рис. 1.2.



Автомобиль КамАЗ-4310 6×6.1

Рисунок 1.2 – Розміри повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310 [2]

## 2 Загальні відомості, технічні характеристики, будова діагностика несправностей і ремонт КПП військового автомобіля КамАЗ-4310

### 2.1 Загальні відомості про КПП КамАЗ-4310 та її технічні характеристики

На автомобілях КамАЗ-4310 встановлюється п'ятиступінчаста механічна КПП моделі 14, яка забезпечує стандартний набір передач для руху в типових дорожніх умовах. Додатково розміщено передній двоступінчастий редуктор, який виконує функцію дільника передач.

Редуктор-дільник має два режими роботи — вищу та нижчу (так звану пряму) передачу. У поєднанні з основною КПП це забезпечує можливість реалізації 10-ти передніх передач, що суттєво розширює діапазон передатних чисел, а також 2-х передач заднього ходу. Така схема трансмісії дозволяє водієві ефективніше використовувати потужність ДВЗ в різних умовах руху — як на рівнинній дорозі, так і при русі з повним навантаженням або по пересіченій місцевості.

Використання дільника передач позитивно впливає на тягово-динамічні характеристики вантажівки, підвищує її економічність у роботі, а також полегшує процес керування транспортним засобом. Це досягається завдяки зниженню частоти перемикаць важелем основної КПП, оскільки дільник дозволяє змінювати передаточне число без повного переключення основних ступенів коробки. Такий підхід не лише підвищує зручність для водія, а й сприяє зменшенню зношування деталей трансмісії та покращує плавність руху вантажівки при зміні навантажень.

Технічні характеристики КПП КамАЗ-4310 наведені у табл. 2.1.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 –Технічні характеристики механічної, п'ятиступінчастої КПП КамАЗ-4310 з триходовим механізмом перемикання передач [7, 9, 10]

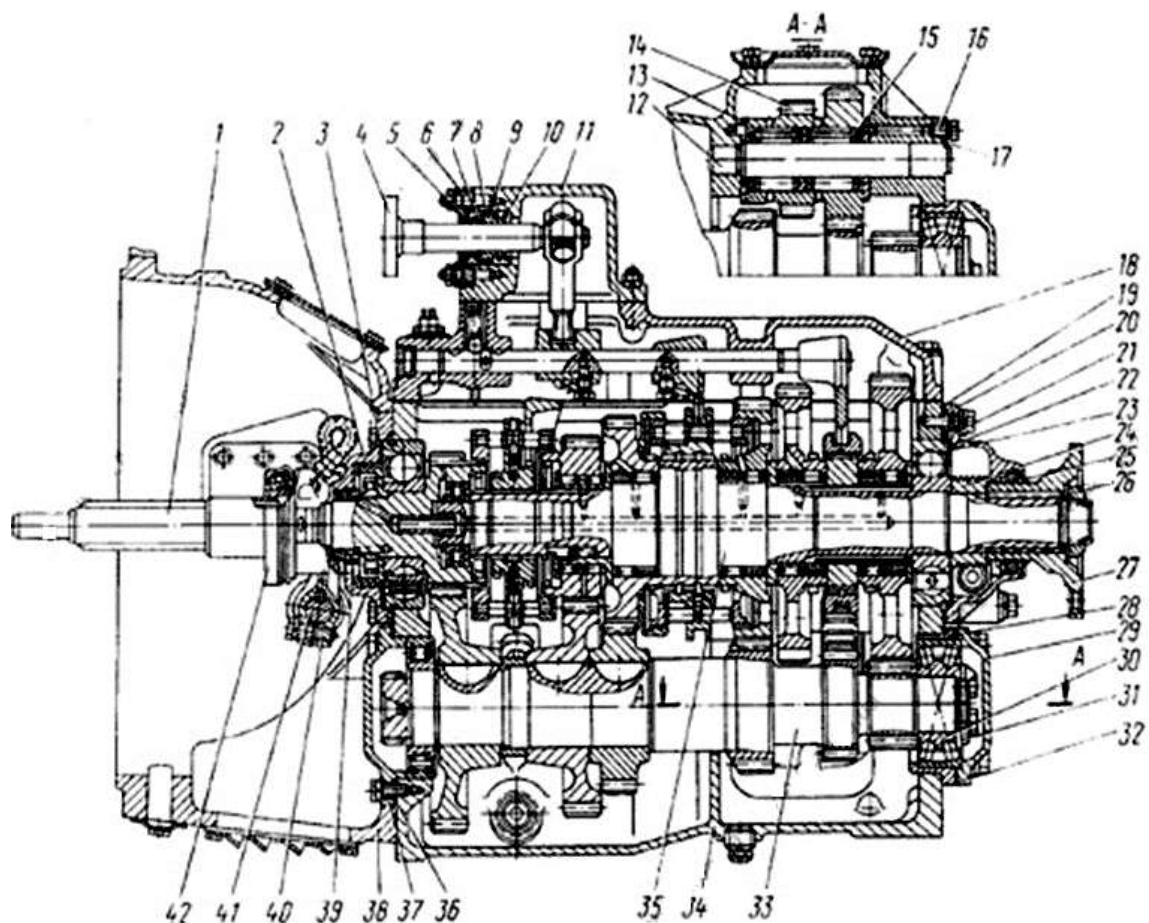
Передавальні числа	1 – 7,82 2 – 4,03 3 – 2,50 4 – 1,53 4 – 1,00 ЗадХід – 7,38
Види підшипників валів	Кулькові, роликові сферичний, роликові
Види підшипників шестерень	Роликові 2-рядні з сепараторами без кілець, підшипник шестерні 4-ї передачі без сепаратора
Синхронізатори	Інерційного типу, пальчикові з латунними конусними кільцями
Шестерні	3 косими зубами (окрім 1-ї передачі і передачі заднього ходу), постійного зачеплення
Привід спідометра	2-ступінчатий (складається з черв'ячної пари і змінної пари циліндричних прямозубих шестерень)
Система змащування	Комбінована: деталі змащують розбрикуванням; підшипники шестерень КПП і дільника ще мають додаткову плитку від мастилонагнітаючого пристрою
Відбір потужності	Від основної КПП з 2-х сторін через люк З правого боку – від зубчастого вінця блоку шестерень заднього ходу З лівоюю – від зубчастого вінця шестерні заднього ходу проміжного валу
Управління КПП	Механічне з дистанційним приводом для основної коробки і пневмомеханічне преселекторне для дільника

## 2.2 Будова КПП КамАЗ-4310

КПП (рис.2.1) складається з наступних основних вузлів: картера 34, в якому змонтовані ведучий 1, ведений 35 і проміжний 33 вали у зборі з шестернями, синхронізаторами і підшипниками; блоку шестерень 14 заднього ходу; верхньої

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кришки 18. До переднього торця картера КПП прикріплено картер зчеплень [7, 9, 10].



1 – ведучий вал; 2 – кришка заднього підшипника ведучого валу; 3 і 23 – регулювальні прокладки; 4 – шток важеля; 5 – захисне кільце; 6 – кришка опори важеля; 7 – сухар опори важеля; 8 – кільце для ущільнювач; 9 – опора для штоку; 10 – пружина; 11 – опора важеля перемикання передач; 12 – вісь блоку шестерень заднього ходу; 13 і 31 – шайби упорні; 14 – блок шестерень заднього ходу; 15 – роликпідшипник; 16 – болт зі штифтом; 17 – стопорна шайба; 18 – верхня кришка; 19 і 32 і 36 – прокладки-ущільнювачі; 20 – кришка заднього підшипника веденого валу; 21 – стопорне кільце; 22 – задній шарикопідшипник веденого валу; 24 – черв'як приводу спідометра; 25 і 39 – манжети-ущільнювачі; 26 – гайка для кріплення фланця; 27 – фланець кріплення карданного валу; 28 – чашка заднього підшипника проміжного валу; 29 – кришка підшипника; 30 – сферичний роликпідшипник; 33 – проміжний вал; 34 – картер КПП; 35 – вал ведений; 37 – кришка переднього підшипника проміжного валу; 38 – картер зчеплення; 40 – вилка виключення зчеплення; 41 – вал вилки виключення зчеплення; 42 – муфта виключення зчеплення

**Рисунок 2.1 – Будова коробки передач вантажівки КамАЗ-5320 [7, 9, 10]**

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

КРБАТ 2521234.000 ПЗ

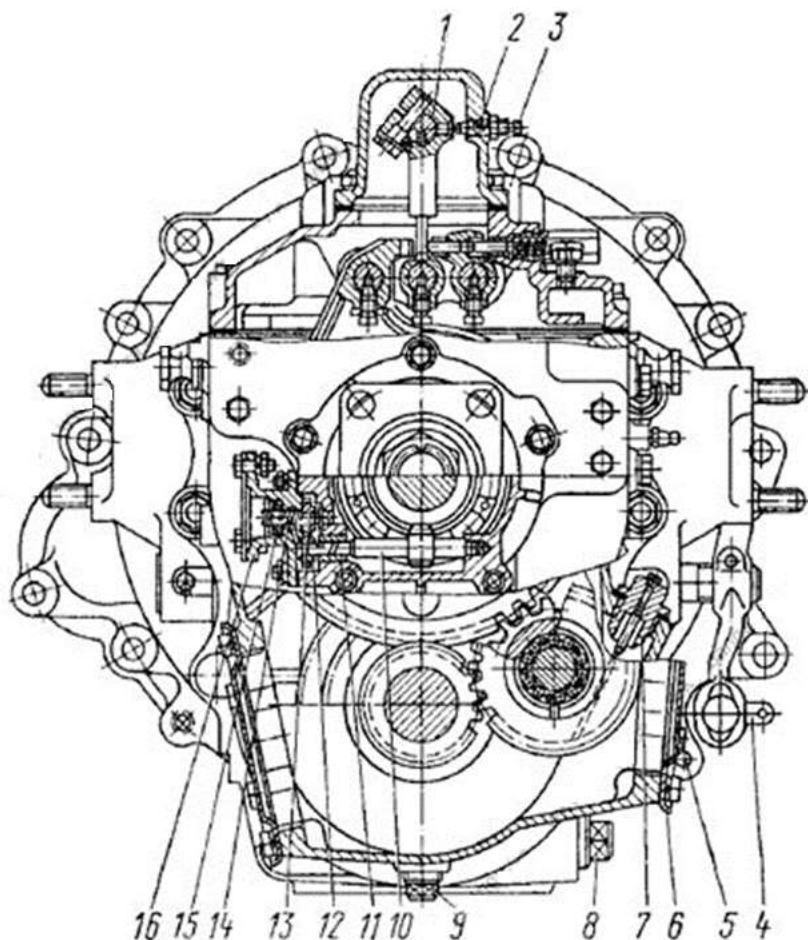
Підшипники валів КПП герметизуються спеціальними кришками, які оснащені ущільненнями з прокладками. Зокрема, кришка 2, яка закриває задні підшипники ведучого валу, має внутрішнє розточування, яке дозволяє центрувати її відносно зовнішньої обойми підшипника. Додатково, зовнішня поверхня цієї кришки оброблена з високою точністю по діаметру, слугує базовою центруючою поверхнею при приєднанні до картера зчеплення, забезпечуючи точне з'єднання вузлів. У внутрішню порожнину цієї кришки вмонтовано дві самопідтискні манжети (позиція 39), які мають правобічну насічку на робочих кромках для підвищення герметизації.

Крім того, внутрішня порожнина з більшим діаметром у конструкції кришки призначена для розміщення мастилонагнітача. Спіральні лопатки, розміщені на торці кришки, виконують функцію стабілізації потоку мастила, перешкоджаючи його надмірному розбризкуванню під дією обертання мастилонагнітаючого кільця. Це дозволяє зменшити відцентрові втрати і водночас сприяє підвищенню внутрішнього тиску в зоні нагнітання мастила. У верхній частині кришки передбачено спеціальний отвір, через який підводиться мастило з мастилонакопичувача КПП безпосередньо до порожнини нагнітання, що забезпечує стабільну подачу мастила до підшипників.

Кришка 20, яка закриває задній підшипник веденого валу, кріпиться до заднього торця картера КПП. Вона також центрується по зовнішній обоймі відповідного підшипника 22. У конструкції задньої частини цієї кришки встановлена манжета 25 з пильовиком, на робочій поверхні якої передбачено лівобічну насічку, що сприяє надійному утриманню мастила і запобігає його витіканню під час обертання валу.

У нижній частині цієї ж кришки, у спеціальному розточуванні, встановлено проміжний валик, який з'єднаний із черв'ячною шестернею 10 (рис. 2.2), що є частиною приводу спідометра.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – важіль для перемикавання передач; 2 – штифт-ущільнювач; 3 – настановний гвинт; 4 – важіль валу вилки виключення зчеплення; 5 – кришка люка відбору потужності; 6 – прокладка-ущільнювач; 7 – пробка з покажчиком рівня мастила; 8 – зливна пробка з магнітом; 9 – зливна пробка; 10 – шестерня приводу спідометра; 11 – втулка шестерні; 12 – ведуча шестерня приводу датчика спідометра; 13 – ведена шестерня приводу датчика спідометра; 14 – вал приводу спідометра; 15 – манжета-ущільнювач; 16 – фланець датчика спідометра

**Рисунок 2.2 – КПП КамАЗ-5320 (вигляд ззаду) [7, 9, 10]**

На виступаючому кінці цього валика, оснащеного спеціальною лискою для фіксації, монтується ведуча циліндрична шестерня №12 — одна з шестерень змінної пари в системі приводу спідометра. Ведена циліндрична шестерня 13 насаджена на валик 14, який обертається в точно обробленому отворі фланця 16 — це елемент, який підтримує датчик приводу спідометра.

Порожнина, де працюють змінні шестерні приводу спідометра, відокремлена від основної масляної ванни КПП, що запобігає потраплянню трансмісійного мастила у механізм. Для змащування цих шестерень використовують

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

консистентне мастило типу Циатим-201, яке закладається під час складання і не потребує подальшої заміни в процесі експлуатації. Витікання цього мастила запобігається за допомогою спеціальної мастилозгінної різьби, нанесеної на поверхні валика, а також манжети, яка додатково герметизує вузол.

Для точного відображення швидкості руху на спідометрі число зубців змінних циліндричних шестерень підбирається залежно від передавального числа головної передачі, що дозволяє забезпечити точність показників за будь-яких умов експлуатації.

У приливній частині правої стінки картера КПП виконане точне розточування, в яке запресована вісь 12 (див. рис. 2.1), що слугує опорою для блоку шестерень заднього ходу. Для надійної фіксації та запобігання випадання осі з посадкового місця, вона утримується стопорною шайбою 17, яка закріплена болтом 16. Болт має спеціальне свердління, у яке вставлено пластмасовий ущільнювальний штифт. Цей штифт не тільки герметизує різьбове з'єднання, а й запобігає витіканню мастила, що особливо важливо для підтримання нормальної роботи трансмісії.

Заливка мастила в КПП здійснюється через спеціальну заправну горловину, яка розташована на правій стінці картера. Вона закривається металевою пробкою, у корпус якої вмонтовано масляний щуп для контролю рівня мастила. У нижній частині картера (у спеціально відлитих бобишках) розміщені дві зливні пробки – 8 і 9 (див. рис. 2.2). Особливістю пробки 8 є наявність вбудованого магніту, який у процесі експлуатації притягує і затримує металеві частинки, що можуть утворюватися внаслідок зношування шестерень або підшипників. Це дозволяє запобігти потраплянню сторонніх частинок у мастильну систему й зменшує ризик пошкодження поверхонь тертя.

З обох боків картера передбачено спеціальні люки для встановлення коробок відбору потужності. У разі їхньої відсутності люки закриваються кришками 5, які герметизуються ущільнювачами 6.

У внутрішній порожнині картера – в передній частині лівої стінки, розташований спеціальний литий мастилонакопичувач. Під час обертання

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шестерень мастило з основної ванни закидається в цей накопичувач, після чого по спеціально висвердленому отворі, виконаному в передній стінці картера, направляється до порожнини задньої кришки ведучого валу та до мастилонагнітального кільця, яке відповідає за подальший розподіл мастила у системі.

У верхній правій зоні задньої стінки картера також передбачена окрема мастильна кишеня. Вона заповнюється мастилом, яке закидається в неї обертанням шестерень під час роботи КПП. З цієї кишені мастило подається через свердління в стінці картера до порожнини задньої кришки веденого валу, де забезпечує змащування черв'ячної передачі приводу спідометра. Це дозволяє підтримувати надійну роботу спідометричного механізму без ризику перегріву або заклинювання через нестачу мастила.

Шестерні КПП підбираються попарно відповідно до технічних вимог — зокрема, враховується пляма контакту, яка визначає якість зачеплення зубців, а також рівень шуму, що генерується при роботі пари. Такий підхід до комплектації гарантує оптимальну передачу крутного моменту, надійну роботу агрегату та зменшення акустичних навантажень на оператора.

### 2.2.1 Можливі несправності КПП і способи їх усунення

Можливі несправності КПП і способи їх усунення наведені у табл. 2.3 [7, 9, 10].

Таблиця 2.3 – Можливі несправності КПП і способи їх усунення

Причина несправності	Метод усунення
<b>Ускладнене включення усіх передач, включення передачі заднього ходу і 1-ї передачі із скреготом</b>	
Неповне виключення зчеплення (його «веде»)	Відрегулюйте вільний хід муфти виключення зчеплення

<b>На важелі перемикання передач велика сила</b>	
Забруднення опор тяги дистанційного керування. Відсутність або загустіння мастила	Промийте опори і заповніте їх свіжим мастилом
<b>Включення 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї передач з ударом і скреготом</b>	
Зношення: – конусних кілець синхронізатора; – блокуючих фасок пальців і каретки. Занижена сила виведення кареток з нейтрального положення	Замініть синхронізатор
<b>Включення передач у дільнику з ударом і скреготом</b>	
Підвищений тиск у пневмосистемі управління дільником	Відрегулюйте редукційний клапан
Розрив мембрани редукційного клапана	Замініть мембрану
Зношення конусних кілець синхронізатора, блокуючих фасок пальців і каретки	Замініть синхронізатор
<b>Зношення сухарів вилки перемикання передач дільника</b>	
Відсутність скидання повітря в атмосферу при перемиканні передач в дільнику у зв'язку із забрудненням повітряних каналів і сапуна клапана включення дільника передач	Розберіть клапан і промийте усі його деталі, включаючи сапун. При складанні клапана усі тертьові поверхні змастіть мастилом
Немає зазору між кареткою синхронізатора і сухарем вилки перемикання передач	Відрегулюйте зазор
<b>Мимовільне перемикання передач під час руху вантажівки</b>	
Неповне включення передач через несправність фіксаторів механізму перемикання, зносу лапок або сухарів вилки, послаблення кріплення вилки і важелів, розрегулювання дистанційного керування	Підтягніть кріплення, замініть зношені деталі, відрегулюйте привід управління
Не працює шліцьовий замок веденого валу	Замініть вал і відповідний синхронізатор
<b>Не включаються передачі</b>	

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Зношення деталей і розрегулювання дистанційного приводу управління КПП	Відрегулюйте привід і замініть зношені деталі, підтягніть кріплення
Руйнування підшипників шестерень веденого валу	Замініть несправні деталі
<b>Не включаються передачі в дільнику</b>	
Заїдання поршнів розподільника повітря	Розберіть, промийте і змастіть мастилом деталі розподільника повітря
Розрегульоване положення упору клапана включення дільника	Відрегулюйте положення упору клапана
Поломка упору клапана	Замінити упор
Засмічення пневмосистеми керування дільником	Промийте і продуйте дросель, повітропроводи і клапани
Обрив троса крану керування дільником	Замінити трос
<b>Підвищений шум при роботі КПП</b>	
Підвищене зношення або поломка зубів шестерень. Руйнування підшипників шестерень	Несправні деталі замініть
Руйнування підшипників валів	Несправні деталі замініть
<b>Теча мастила з КПП</b>	
Зношення або втрата еластичності сальників	Сальники замініть
Підвищений тиск у картері КПП	Сапун промийте
Порушення герметичності по ущільнюючих поверхнях	Підтягніть кріпильні деталі або замініть прокладки
<b>Зношення латунних кілець синхронізаторів основної КПП</b>	
Неповне виключення зчеплення при перемиканні передач	Синхронізатори замініть. Перевірте справність роботи зчеплення і приводу
<b>Зношення латунних кілець синхронізаторів дільника передач</b>	
Положення упору клапана включення	Синхронізатор замініть. Положення

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дільника передач не відрегульовано	упору клапана включення дільника передач відрегулюйте
Неповне виключення зчеплення	Перевірте справність роботи зчеплення і приводу

### 2.3 ТО КПП КамАЗ-4310

Для виконання технічного обслуговування першої категорії (ТО-1) вантажівки КамАЗ-4310 згідно з [7, 9, 10] необхідно здійснити низку операцій, спрямованих на забезпечення надійної роботи КПП та дільника:

- Перевірити технічний стан троса, який передає силу до крана керування дільником передач; у разі виявлення пошкоджень, деформацій або порушення ходу — провести відповідний ремонт або заміну.
- Виконати зовнішній огляд з метою виявлення можливого підтікання мастила через манжету веденого валу або через прокладки ущільнювачів корпусу; за наявності слідів мастила — усунути причини негерметичності.
- Провести регулювання зазору між упором та обмежувачем штока клапана, що забезпечує увімкнення дільника передач.
- Через прес-масельнички змастити опори передньої та проміжної тяг дистанційного приводу управління КПП; мастило необхідно подавати до моменту появи свіжого змащувального матеріалу на виході з вузла.
- Видалити бруд, пил і мастило із сапунів (вентиляційних елементів), які служать для компенсації тиску в картері КПП.
- Перевірити рівень мастила в картері КПП і за необхідності долити до встановленого рівня.

Для правильної установки зазору між упором та штоком клапана дільника потрібно:

- Перевірити налаштування приводу вимикання зчеплення; у разі виявлення порушень — провести його регулювання.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Від'єднати стопорні елементи, після чого послабити та відкрутити гайки упору.
- Встановити упор так, щоб забезпечити номінальний зазор у межах  $(20,50 \pm 0,50)$  мм, при цьому педаль зчеплення повинна залишатися у відпущеному положенні.
- Зафіксувати гайки за допомогою замкових шайб.

Щоб перевірити рівень змащувального матеріалу в КПП, потрібно викрутити пробку із заправної горловини. Далі слід витерти щуп насухо та занурити його в отвір до упору пробки у різьбу, при цьому щуп не потрібно загвинчувати. Отриманий рівень порівнюється з маркуванням на індикаторі.

Під час сезонного сервісного обслуговування необхідно виконати такі додаткові роботи:

- Надійно закріпити важелі та елементи тяг дистанційного приводу керування КПП, перевірити надійність їхнього з'єднання.
- Перевірити та, за необхідності, підтягнути кріплення фланця веденого валу КПП.
- Здійснити повну заміну мастила в картері КПП.
- Змастити трос, що з'єднує кран управління з дільником, використовуючи відповідне консистентне або рідке мастило.

Щоб замінити мастило в коробці передач, потрібно:

- Злити старе мастило, коли КПП ще гаряча після роботи, через 2 зливні отвори, розташовані в нижній частині картера КПП і дільника.
- Очистити магніти, вбудовані в зливні пробки, від металевих частинок і бруду.
- Промити картери КПП і дільника, використовуючи моторне мастило: залити в коробку 8,50 л. чистого мастила, прокрутити КПП за допомогою ДВЗ, застосовуючи нейтральне положення важеля перемикачів передач, протягом 12 хв..

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Після промивки злити мастило, закрутити зливні пробки на місце й залити основне трансмісійне мастило типу API GL-3 [11] до верхньої мітки щупа.
- Додатково прокрутити КПП протягом (4–6) хв., застосовуючи нейтральне положення важеля, після чого перевірити рівень мастила ще раз і, за потреби, долити до норми.

## 2.4 Ремонт КПП КамАЗ-4310

### 2.4.1 Перевірка справності редукційного клапана дільника

Для перевірки справності редукційного клапана дільника його необхідно демонтувати з КПП і встановити на спеціальний стенд. Цей стенд повинен бути оснащений пневматичною системою, яка забезпечує подачу стисненого повітря під тиском у межах від 580 до 680 кПа на вхід клапана. На виході клапана необхідно підключити точний манометр, клас точності якого забезпечує мінімальну похибку не гірше ніж  $\pm 4,9$  кПа, що гарантує достовірність показань. Після подачі повітря перевіряється вихідний тиск, який має знаходитися в межах від 388 до 438 кПа [7, 9, 10].

Для визначення витоків у пневмосистемі дільника необхідно виконати наступний огляд методом прослуховування:

- По черзі перемикайте важіль управління у положення «вища передача» та «нижча передача», уважно прислухаючись до роботи повітропроводів керування дільником.
- При повному натисканні педалі зчеплення прослухайте пневмомагістралі, пов'язані із системою перемикування дільника.

У разі виявлення витoku повітря усуньте його, підтягнувши кріпильні болти з'єднань або замінивши зношені ущільнювальні шайби та дефектні ділянки повітропроводів.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання правильного зачеплення зубчастих муфт синхронізатора дільника передач здійснюється при підключеному до системи стислому повітрі. Водночас клапан увімкнення дільника має бути натиснутий до упору, що дозволяє зафіксувати момент увімкнення і провести регулювання точно за умов експлуатації.

#### **2.4.2 Профілактичне обслуговування дистанційного приводу керування КПП**

Під час ремонту або профілактичного обслуговування дистанційного приводу керування КПП для зменшення сили на важелі перемикачів рекомендується:

- Замінити мастило в трьох опорах приводу.
- Провести змащення сферичних головок шарнірних з'єднань важелів управління.

Для змащення слід викрутити пробки на корпусах опор і встановити замість них прес-маслянки. Через ці маслянки необхідно закачати свіже мастило до повного витіснення старого.

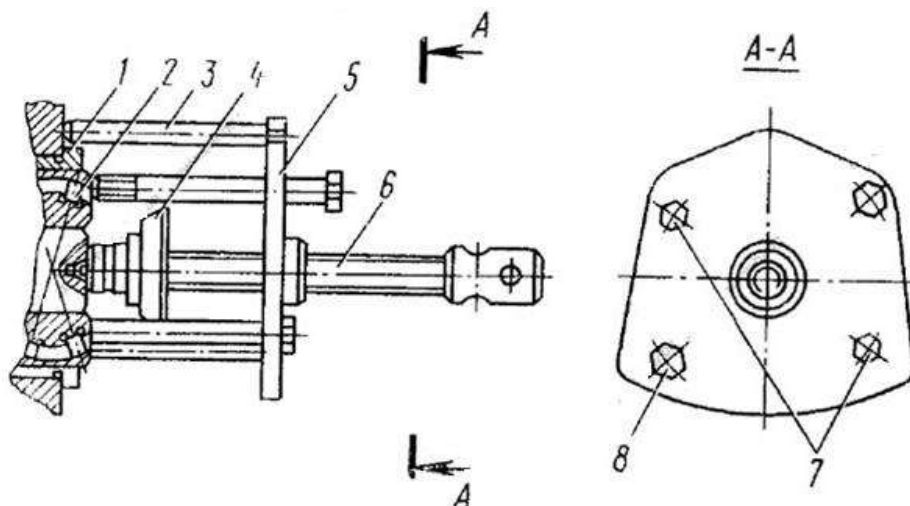
#### **2.4.3 Демонтаж КПП**

Для повного демонтажу КПП КамАЗ-4310 та проведення її ремонту або діагностики слід дотримуватися наступної послідовності:

1. Від'єднайте дільник або картер зчеплення від КПП.
2. Розберіть основний корпус КПП у наступному порядку:
  - Відкрутіть болти кріплення верхньої кришки КПП; для зняття самої кришки вкрутіть два болти у спеціальні різьбові отвори, попередньо викрутивши з них пробки.
  - Відкрутіть гайку, яка утримує фланець карданного валу, після чого зніміть сам фланець.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Демонтуйте передні та задні кришки підшипників ведучого, веденого та проміжного валів, укрупуючи болти в передбачені різьбові отвори на кришках; при знятті кришок обов'язково зберігайте прокладки ущільнювачів.
  - Зніміть стопорне кільце заднього підшипника.
  - Розстопоріть та викрутіть два болти, які фіксують упорну шайбу заднього підшипника проміжного валу.
  - Демонтуйте задній підшипник веденого валу.
3. Зніміть склянку 28 (див. рис. 2.1), в якій розміщується задній підшипник, разом з підшипником 30 проміжного валу.
4. Для вилучення підшипника з валу використовуйте спеціальний демонтажний пристрій (рис. 2.3):
- Укрутіть у різьбовий отвір чашки підшипника два болти 7 до упору, при цьому опора 3 має спиратися на стінку картера.
  - Потім, упираючись наконечником 4 у торець валу, укрутіть гвинт 6 у плиту № до повного демонтажу підшипника разом зі стаканом.



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

**Рисунок 2.3 – Пристосування для зняття заднього підшипника проміжного валу**

Під час демонтажу чашки заднього підшипника проміжного валу з картера КПП необхідно встановити технологічну упорну шайбу. Її слід розмістити між

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вінцем шестерні 2-ї передачі проміжного валу і вінцем блоку шестерень заднього ходу. Це дозволяє уникнути пошкодження або поломки зубців шестерні другої передачі в процесі демонтажу.

Після цього послідовно витягніть наступні компоненти:

- Ведучий вал (поз. 1 на рис. 2.1).
- Ведений вал (поз. 35).
- Проміжний вал (поз. 33).

Для демонтажу осі (поз. 12) блоку шестерень заднього ходу слід скористатися спеціальним знімачем, який дозволяє безпечно спресувати вісь з корпусу. Далі витягніть сам блок шестерень (поз. 14, див. рис. 2.1), а також підшипники (поз. 15), які йдуть у комплекті з кільцем і упорні шайби (поз. 13).

Після розбирання і очищення всіх компонентів необхідно провести регулювання зачеплення зубчастих муфт синхронізатора дільника передач. Це важливо для забезпечення плавної і точної роботи дільника після складання. Після завершення ремонтних робіт зібрана КПП підлягає обов'язковим випробуванням на спеціальному діагностичному стенді.

#### 2.4.4 Вимоги до випробувального стенду

Стенд для випробувань КПП [32, 33] повинен бути обладнаний наступними технічними пристроями та мати такі характеристики [7, 9, 10]:

- Привід, який забезпечує два режими швидкості обертання 1-го валу: 1300 об/хв. та 2600 об/хв.;
- Муфта зчеплення, сполучена з ведучим валом КПП, яка має можливість роз'єднання під час перемикання передач; при цьому момент інерції ведених частин муфти не повинен перевищувати 12,70 МПа;
- Гальмівний пристрій, приєднаний до веденого валу, який створює:
  - гальмівний момент 49,10 Нм при перевірці 1-ї та задньої передач;
  - гальмівний момент у межах 98,10-147,0 Нм — для інших ступенів передач;

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Механізм вимірювання крутного моменту на веденому валу;
- Пневмосистема, яка підтримує тиск повітря в діапазоні (580–680) кПа;
- Шумовимірювальні прилади, призначені для оцінки акустичних характеристик КПП під час роботи.

Під час випробувань КПП мастило має бути попередньо нагріте до температури (78-82)°С. Рекомендується використовувати моторне мастило відповідної якості, яке забезпечує надійну роботу компонентів трансмісії.

Випробування повинні проводитися у 2-х основних режимах:

1. Без навантаження — для перевірки легкості та чіткості увімкнення всіх передач.
2. Під навантаженням — для оцінки роботи агрегату при імітації експлуатаційних умов.

Режими, за якими повинні проводитись випробування, наведені в таблицях 2.4 та 2.5.

Таблиця 2. 4– Параметри режиму випробувань КПП без навантаження [7, 9, 10]

Частота обертання ведучого валу, хв. <sup>-1</sup>	Яка передача включена	Тривалість випробувань, хв.
1300,0	Нейтральна	1,50
2600,0	->-	1,50
2600,0	Послідовне включення передач ЗадХід – 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 – ЗадХід	3,0

Таблиця 2.5 – Параметри режиму випробувань КПП під навантаженням [7, 9, 10]

Частота обертання ведучого валу, хв. <sup>-1</sup>	Навантаження на веденому валу, Нм	Яка передача включена	Тривалість випробувань, хв.
2600,0	>49 (50)	ЗадХід	1,50
	98,10-147,10	2 – 3 – 4 – 5	

При випробуваннях коробок передач перевірте [7, 9, 10]:

— легкість перемикавання передач (при перемиканні 2-ї, 3-ї, 4-ї і 5-ї передач скрегіт не допускається; передачу заднього ходу і 1-у передачу включайте тільки при зупинених валах);

— момент на веденому валу (при частоті обертання ведучого валу 2600,0хв-1 момент на веденому валу не повинне перевищувати 9,81 Нм);

— самовимкнення передач (не допускається);

— наявність різких нерівномірних стуків, які свідчать про несправності вузлів і деталей (не допускається);

— рівень шуму на відстані 0,25 м від КПП у зоні блоку шестерень заднього ходу або в зоні дільника (при включеній вищій передачі в дільнику і частоті обертання ведучого валу 2600 хв-1 шум не повинне перевищувати 105 dB).

Після випробувань злийте масло з КПП, коли воно ще гаряче. Очищайте при цьому магніти зливних пробок від металевих відкладень.

#### 2.4.5 Вимоги до установки КПП на ДВЗ

При установці КПП на ДВЗ:

— перевірте стан ведучого валу за допомогою контрольної шліцьової оправки заввишки не < 30 мм, яка повинна вільно (без заїдань) переміщатися по шліцах валу, після чого змастіть шліцьовий кінець тонким шаром мастила;

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— не допускайте різких ударів, а ведені диски зчеплення не навантажуйте вагою КПП, щоб уникнути поломки зчеплення і переднього підшипника ведучого валу;

— після установки КПП перевірте повний хід муфти виключення зчеплення (35-40 мм); цьому ходу відповідає переміщення важеля на (40-48) мм, заміряне на радіусі 90,0 мм;

— перед установкою дистанційного механізму змастіть робочі поверхні голівок і опори тяги мастилом

– установіть голівки механізму і затягніть стяжними болтами; гойдання голівок на тязі не допускається;

– чохли ущільнювачів голівок тяги дистанційного механізму повинні щільно охоплювати посадочні поверхні; при перемиканні передач за допомогою дистанційного механізму заїдання тяги в опорах не допускається; фіксатори механізму перемикання передач повинні чітко відчуватися як на нейтралі, так і на будь-якій включеній передачі в коробці передач;

— у КПП залийте мастило і проведіть триразову перевірку на пуск ДВЗ стартером; при цьому зчеплення має бути вимкнене;

— перевірте правильність монтажу зчеплення і КПП на працюючому ДВЗ при частоті обертання колінчастого валу (1850-2050) хв.-1, проконтролювавши [7, 9, 10]:

1. Відсутність заїдань деталей механізму виключення зчеплення.

2. Чистоту виключення зчеплення.

Для цього потрібно повністю вимкнути зчеплення, забезпечивши хід муфти виключення зчеплення не  $> 12,0$  мм. Це відповідає переміщенню важеля на 16,0 мм, заміряному на  $r = 90,0$  мм. У цьому положенні 1-а передача і передача заднього ходу повинні включатися без скреготу, а при включеній прямій передачі ведений вал не повинен обертатися. Перевірку потрібно повторити не  $< 3$ -х разів.

3. Шумність роботи КПП (різкий нерівномірний шум і стук) не допускається.

4. Перемикання передач повинне робитися при вимкненому зчепленні без великих зусиль і без заїдань, включення синхронізованих передач із скреготом не

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допускається. У КПП перемикання передач робиться на нижчій і вищій передачах дільника.

5. Для перемикання передач дільника підведіть до редуційного клапана стисле повітря під тиском (490,0-590,0) кПа і зробіть 2-3 перемикання передач дільника, послідовно переводячи перемикач крану управління у верхнє і нижнє положення і переміщаючи на 6,50 мм шток клапана включення дільника, заздалегідь вимкнувши зчеплення. Перемикання передач дільника має бути чітке, без затримки і без виключення зчеплення не допускається. При обох положеннях перемикача крану управління дільником перевірте герметичність з'єднань і крану.

6. Теча мастила не допускається (допускається утворення масляних плям без краплеутворення в місцях сальникових ущільнень і установки сапунів).

Для ремонту КПП рекомендується застосувати спеціальне обладнання та інструменти [32-35].

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **3 Конструкція, принцип роботи, основні дефекти картера КПП вантажівки КамАЗ-4310**

#### **3.1 Призначення та конструктивні особливості картера КПП**

У процесі експлуатації картер КПП піддається багаторазовим впливам високих та змінних температур, а також дії ударних навантажень, які виникають як під час руху вантажівки, так і в результаті передавання сил від зчеплення, ДВЗ або трансмісії. Крім того, на нього постійно діють значні механічні навантаження.

У картері закріплюються всі основні елементи трансмісійного механізму: 1-й, 2-й і проміжний вали, а також усередині нього розташовуються вал-шестерні, зубчасті колеса, напрямні елементи, куліса, підшипники та інші важливі вузли. Кожен із цих компонентів під час роботи зазнає певного механічного навантаження, а отже, сукупний вплив передається на картер КПП.

Ці навантаження мають не лише велику величину, але й змінюються за напрямком і характером дії, що висуває високі вимоги до жорсткості та міцності корпусу картера. Він має бути конструктивно спроектований так, щоб не деформуватися під час роботи навіть за інтенсивних динамічних навантажень.

Серед типових дефектів картера КПП найпоширенішими є не лише тріщини чи зірвані різьбові з'єднання. Досить часто виявляється рношування посадочних місць під чашки підшипників або кулькові підшипники. Таке зношування призводить до неправильного розташування валів, що викликає осьове биття, неспіввісність зубчастих коліс, підвищену вібрацію та передчасне зношення всієї передачі.

Іншими, хоча й рідше зустрічаються, є тріщини у корпусі КПП, які можуть з'явитися внаслідок недосконалої внутрішньої структури металу. Це свідчить про порушення технологічного процесу лиття або термообробки під час виготовлення деталі.

Оскільки на практиці дедалі частіше зустрічаються картери з локальними зонами зношування посадкових або опорних поверхонь, доцільним і економічно

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вигідним є організація їх ремонту безпосередньо в умовах підприємства чи ремонтної майстерні.

Варто зазначити, що більшість серйозних дефектів картера КПП, зокрема зношування або мікротріщини, можливо виявити лише під час капітального ремонту вантажівки, коли трансмісійні агрегати повністю демонтовані та розібрані.

Статистичні дані свідчать, що до 80,0 % деталей картера, які надходять у ремонт, мають ті чи інші пошкодження або відхилення від норм, що вимагають кваліфікованого відновлення [7–10].

### 3.2 Основні дефекти картера КПП

Картер КПП вантажівки КамАЗ-4310 виготовляють із сірого чавуну СЧ21 ДСТУ 8833:2019 [12, 13] і є базовою несучою деталлю трансмісії. У картері КПП знаходяться складні вузли і деталі: вали, зубчасті колеса, різні механізми тощо.

Картер КПП працює в умовах великих ударних навантажень і вібрацій; він – опора 3-х основних валів – 1-го, 2-го, і проміжного, які спираються на отвори у картері за допомогою кулькових підшипників.

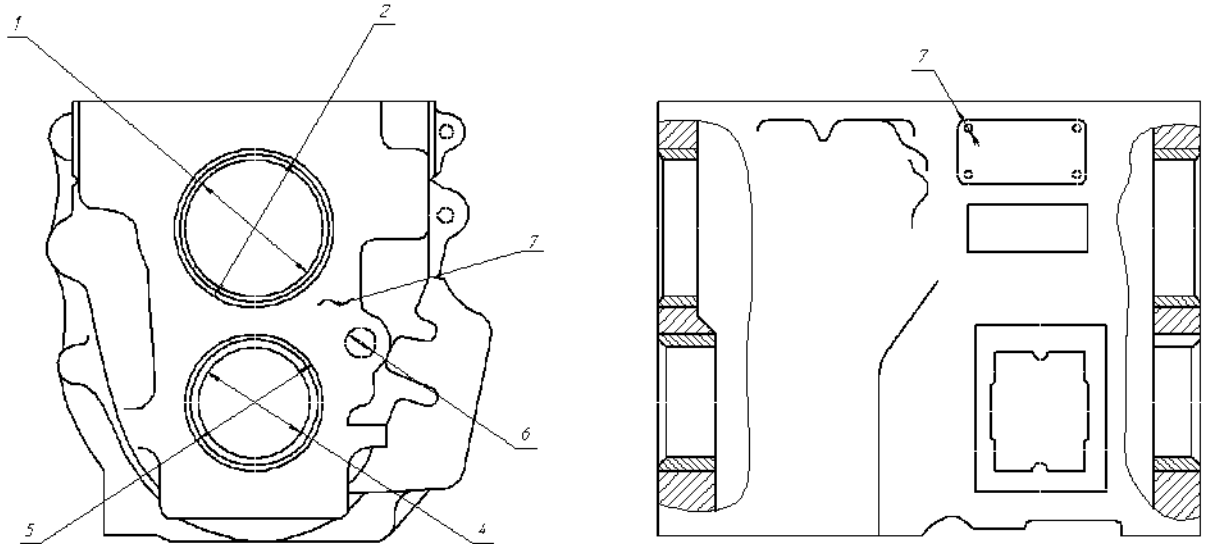
Розміри деталей картера КПП КамАЗ-4310 наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розміри деталей картера КПП КамАЗ-4310 [7, 8, 10]

Картер КПП	Номінальний розмір, мм	Допустимий розмір, мм
Ø отвору під підшипник:		
– задній ведучого валу	150,000-150,040	150,055
– задній веденого валу	150,000-150,040	150,055
– передній проміжного валу	120,000-120,035	120,050
Ø отвору під чашку заднього підшипника проміжного валу	120,000-120,035	120,050

Ø отвору під передній кінець осі блоку шестерень заднього ходу	26,000-26,023	26,033
Ø отвору під задній кінець осі блоку шестерень заднього ходу	32,000-32,027	32,027

Креслення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310 наведено на рис. 3.1.



**Рисунок 3.1 – Креслення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310**

Основні дефекти картера КПП наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні дефекти картера КПП згідно рис. 3.1

№ дефекту	Найменування дефекту
1	Зношування поверхні під підшипники до розміру > 104,050 мм
2	Зношування під чашку підшипника > 120,050 мм
3	Тріщина в перемичках між опорами
4	Зношування поверхні під підшипники > 82,050 мм
5	Зношування під чашку підшипника > 100,050 мм
6	Тріщини на корпусі > 5,0 мм
7	Зрив різьби М8 під шпильки насоса

## 4 Розробка технології відновлення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310

### 4.1 Доцільність відновлення картера КПП

Процеси відновлення та наплавлення зношених деталей при ТО й ремонті машин пов'язані з матеріальними витратами, трудомісткістю і потребою в технічних ресурсах. У зв'язку з цим перед початком будь-яких відновлювальних операцій необхідно здійснити попередню оцінку доцільності таких робіт як з технічної, так і з економічної точок зору. Тільки після обґрунтування рентабельності та ефективності виконання цих операцій можна ухвалювати рішення щодо їх впровадження [14].

З технічного боку доцільність відновлення деталей враховує низку чинників [14], зокрема:

- унікальність або складність виготовлення деталі, яку необхідно відновити (тобто її незамінність або відсутність у продажу);
- можливість серійного виконання відновлювальних робіт для однотипних деталей;
- ступінь зносу елементів та залишкові міцнісні характеристики;
- наявність технологічних умов і обладнання для збору, підготовки, очищення й відновлення деталей;
- наявність необхідних матеріалів і витратних ресурсів;
- прогнозований ресурс та надійність відновленої деталі у подальшій експлуатації.

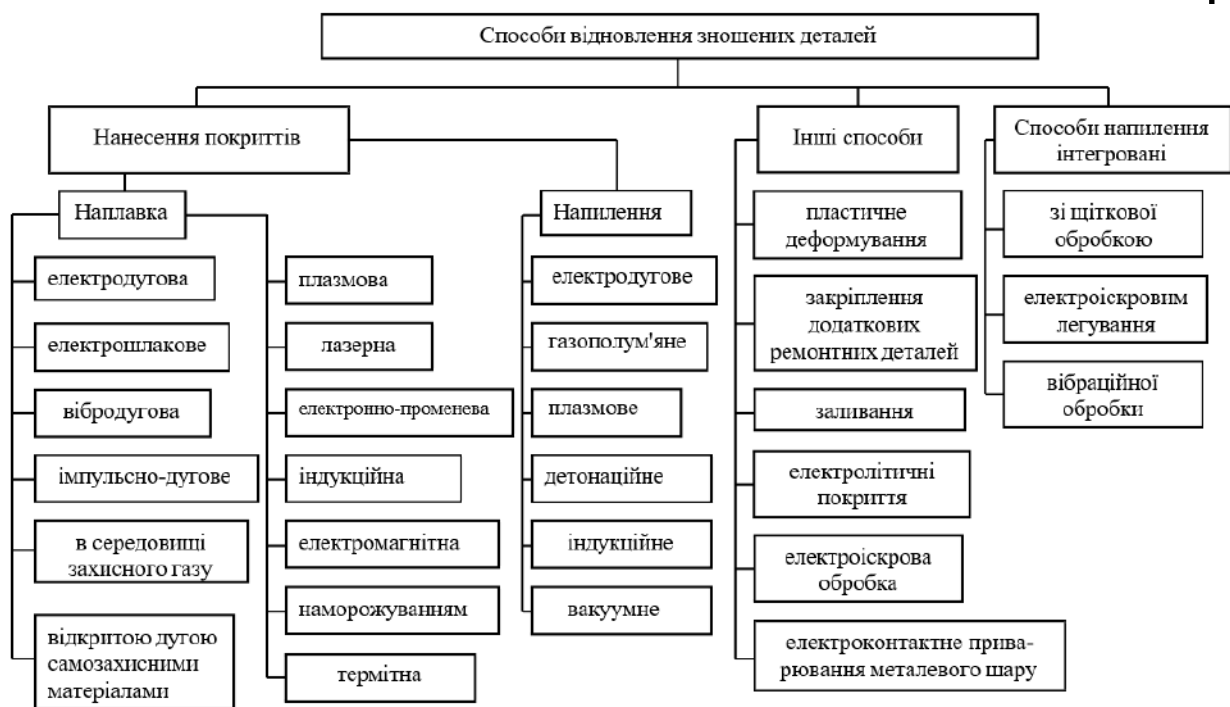
У загальному обсязі робіт з відновлення деталей, що виконуються на спеціалізованих ремонтних підприємствах, застосовуються різні технологічні способи. Відповідно до статистичних даних, розподіл методів виглядає так [14]:

- приблизно 31,0 % від загального обсягу наплавлення під шаром флюсу;
- 12,0 % вібродугове наплавлення;
- 20,0 % наплавлення в середовищі вуглекислого газу;
- 10,0 % використання порошкового дроту без флюсу і газового захисту;

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1,5 % плазмове наплавлення;
- 6,0 % електроконтактне відновлення;
- 5,0 % гальванічні методи нанесення покриттів;
- 1,0 % електромеханічна обробка;
- 1,5 % електрошлакове наплавлення;
- 2,0 % наплавлення рідким металом;
- 5,0 % ремонт із застосуванням полімерних матеріалів;
- 5,0 % інші, менш поширені методи.

Способи та технології відновлення зношених деталей зображено на рис. 4.1 [16].



**Рисунок 4.1 – Способи відновлення зношених деталей [16]**

Як свідчить табл. 3.2, основними дефектами картера КПП є зношування поверхні під підшипники та їх чашки, тобто отворів у картері КПП.

Тому в даному випадку необхідно підібрати такий спосіб відновлення дефектів картера, при якому зніметься мінімальний шар металу в процесі механічної обробки.

## 4.2 Вибір способу відновлення картера КПП

Для усунення невеликого зношування деталей ефективним методом є електроконтактне наплавлення порошкових матеріалів. Цей спосіб дозволяє формувати необхідний профіль поверхні з мінімальними втратами металу під час наступної обробки різанням, що значно підвищує загальну економічність процесу. На відміну від інших методів наплавлення (див. рис. 4.1), де часто утворюється надмірний припуск, який потребує значного об'єму зняття стружки, електроконтактне наплавлення забезпечує більш точне нанесення металу, мінімізуючи подальші оброблювальні операції.

Серед усіх доступних способів відновлення електроконтактне наплавлення вважається менш трудомістким і більш технологічно доцільним. Воно дозволяє отримати покриття з високою твердістю, що ефективно протистоїть подальшому зносу, а також забезпечує рівномірне нанесення шару без утворення залишкових напружень у зонах переходів, кромek і торців. Продуктивність цього методу, за оцінками фахівців, перевищує аналогічні показники традиційних способів наплавлення на (25,0-30,0)%, що робить його особливо вигідним при масовому ремонті. Додатковою перевагою є відсутність потреби у видаленні шлаку після нанесення металу, що також спрощує процес.

Крім того, відповідно до даних джерела [14], електроконтактне приварювання металевого шару (наприклад, у вигляді стрічки або дроту) широко застосовується для відновлення поверхонь, які працюють у нерухомих з'єднаннях. Особливо ефективним цей спосіб є для ремонту валів, що мають незначне зношення. Він дозволяє зберегти геометрію деталі та зменшити термічне навантаження на основний метал.

Попри переваги, варто враховувати один з потенційних недоліків методу. В процесі електроконтактного наплавлення матеріалів окремі ділянки можуть зазнавати дії потужних імпульсів електричного струму, що спричиняє утворення локальних концентрацій залишкових напружень. Це явище може стати причиною

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зниження втомної міцності відновлених поверхонь у тривалому циклічному режимі роботи [15].

Основні технологічні характеристики способу електроконтактного наплавлення узагальнено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технологічні характеристики електроконтактного наплавлення [15]

Продуктивність, кг/год.	Частка основного металу в наплавленому, %	Товщина наплавленого шару за 1 прохід, мм
0,50–1,50	–	0,2 0–1,50

Цей спосіб має кілька суттєвих переваг при відновленні поверхонь, які експлуатуються в нерухомих з'єднаннях, зокрема: мінімальний тепловий вплив на основний матеріал деталі, зниження витрат на використання наплавних матеріалів, а також значне підвищення продуктивності та поліпшення умов праці ремонтного персоналу [15].

На відміну від контактної приварювання, при електродуговому наплавленні процес плавлення металу деталі та присадного дроту відбувається завдяки теплу, яке утворюється внаслідок горіння електричної дуги. Така дуга є потужним джерелом тепла — температура в її осьовій частині може досягати значень у межах (600,0-750,0)°С, залежно від значення струму, а також його щільності, тобто сили струму, яка припадає на одиницю площі поперечного перерізу електрода [17].

Електродугове наплавлення може здійснюватися як на змінному, так і на постійному струмі. Проте дуга, що живиться змінним струмом, характеризується нестійкістю горіння. Для стабілізації процесу необхідно збільшувати щільність струму. Натомість при використанні постійного струму дуга горить стабільніше та рівномірніше. При цьому слід зазначити, що на позитивному полюсі дуги виділяється 43,0% тепла, при досягненні температури близько 420,0 °С, тоді як на

негативному полюсі — лише 36,0%, з відповідно нижчою температурою, що становить близько 350,0 °С [17].

Електроконтактне зварювання, до якого належить приварювання металеві стрічки або дроту, класифікується як процес термомеханічного типу. Основна ідея методики полягає у нагріванні металу заготовок, які перебувають у щільному контакті, за допомогою струму великої сили, а також у їх наступному пластичному деформуванні. Тепло для плавлення або розм'якшення металу виникає в результаті електричного опору з'єднаних деталей у зоні контакту, що й забезпечує надійне з'єднання [18].

Кількість теплової енергії, яка виділяється у зоні зварювання, визначається за законом Джоуля-Ленца [18]:

$$Q = I^2 R t \quad (4.1)$$

де  $Q$ , Дж – кількість тепла;

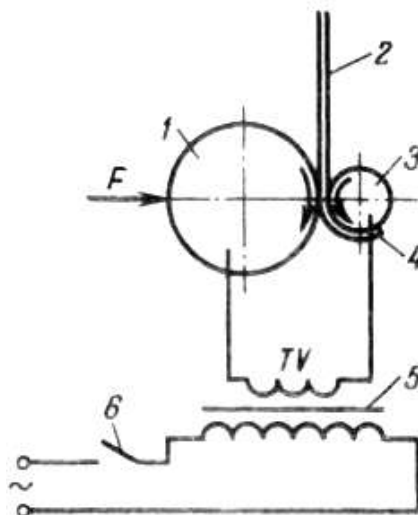
$I$ , А – сила зварювального струму;

$R$ , Ом – опір у зоні зварювання;

$t$ , с – час проходження зварювального струму.

Електроконтактне приварювання металеві стрічки є ефективним методом для відновлення зношеного шару циліндричних деталей. Суть процесу полягає в подачі електричного струму низької напруги — у межах (1,0–4,0) В, але з високою силою струму (10,0–20,0) кА, яка надходить від спеціального зварювального трансформатора. Цей струм передається через ролики, між якими розміщена приварювальна стрічка, безпосередньо до відновлюваної поверхні деталі (рис. 4.2). Для забезпечення надійного контакту та міцності приварювання стрічки застосовується сила притискання роликів, яка становить від 1,40 до 1,60 кН.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 –електрод-ролик для притиску; 2 – приварювальна стрічка; 3 – виріб;  
4 – наплавлений шар; 5 – трансформатор; 6 – переривач

**Рисунок 4.2 – Схема електроконтактного приварювання стрічки**

Особливістю даної технології є те, що струм подається не безперервно, а короткими імпульсами з тривалістю (0,004–0,080) с, що досягається завдяки спеціальним переривникам струму. Таким чином, стрічка приварюється до поверхні у вигляді окремих точок, що аналогічно технології шовного зварювання. В результаті накладання імпульсів з певною частотою та інтервалами забезпечується перекриття суміжних точок на (25,0–33,0) % їхнього діаметра, що гарантує суцільність приварювання по всій довжині. У напрямку осі деталі суцільність шва досягається за рахунок того, що ширина ролика значно перевищує крок повздовжньої подачі, створюючи суцільне покриття [18, 23].

У якості присадного матеріалу найчастіше використовують сталеву стрічку з  $h = (0,40–0,50)$  мм або електродний дріт  $\varnothing 2$  мм. Властивості сформованого шару, зокрема твердість та опір до зносу, залежать від складу використовуваного матеріалу. Для досягнення високої якості наплавленого шару часто застосовується охолодження зони наплавлення водою, що дозволяє зменшити вплив високих температур на структуру деталі [18].

Підготовка деталей до електроконтактного наплавлення включає кілька обов'язкових етапів: спочатку проводиться шліфування поверхні до повного

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

видалення зношеного, а також наклепаного шару, після чого поверхню ретельно знежирюють. Після завершення процесу наплавлення проводиться остаточна механічна обробка до заданих розмірів — як правило, шляхом шліфування. Для цього залишають припуск на обробку в межах (0,01–0,20) мм [18].

Однією з прогресивних технологій також вважається наплавлення порошковим дротом або стрічкою. Такий дріт виготовляють шляхом згортання сталеві стрічки шириною (14,0–15,0) мм і товщиною (0,50–0,80) мм у трубчасту форму, яка заповнюється спеціальною шихтою. Склад цієї суміші включає легуючі компоненти, шлакоутворюючі, газоутворюючі та стабілізуючі речовини, що забезпечують необхідні характеристики зварювального шва [19, 23].

Цей метод довів свою ефективність при відновленні отворів у корпусних деталях із чорних металів, зокрема, чавуні.

Для ремонту чавунних корпусних деталей широке застосування знайшли порошкові дроти типу ПАНЧ-11 та ППЧ-1,2,3. Наприклад, дріт марки ПАНЧ-11 має наступний хімічний склад: С — (7,00-7,50)%, Si — (4,00-4,50)%, Ti — (0,40-0,60)%, Al — (0,60-0,90)%, Mn — (0,40-0,80)%, решта — Fe.

Рекомендовані режими зварювання для самозахисного тонкого дроту суцільного перерізу ПАНЧ-11, який застосовується для зварювання тріщин, зношених отворів чавунних деталей: сила струму — (80,0–120,0) А, напруга — (14,0–1,08) В, швидкість подачі дроту — (1,80–2,00) м/хв., швидкість наплавлення — (0,08–0,09) м/хв. [19].

Дріт ПАНЧ-11 містить елементи, які перешкоджають окисненню зварювальної ванни та сприяють формуванню зварного шва. Після завершення наплавлення або заварювання тріщин рекомендується кування шва на пневматичному молоті для покращення його механічних властивостей [19].

Для відновлення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310 використовуємо стенд для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів, наведений на рис. А3, А4.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3 Розрахунок режимів електроконтактного наплавлення

Основний час електроконтактного наплавлення [20-22]:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{1000 \cdot V_H \cdot S}, \quad (4.2)$$

де  $d = 120$  мм – діаметр отвору під підшипник у картері (див. табл. 3.1);

$l = 30$  мм – довжина приварюваної поверхні;

$V_H$ , м/год. – швидкість наплавлення;

$S = 1,95$  мм/об. – крок наплавлення.

Швидкість наплавлення [20-22]:

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{(h \cdot S \cdot \gamma)}, \quad (4.3)$$

де  $\alpha_H = 10,0$  г/А\*год. - коефіцієнт наплавлення;

$I = 10000$  А – струм наплавлення;

$h = 0,80$  мм – товщина приварюваного шару, наноситься на внутрішні поверхні;

$\gamma = 7,83$  кг/м<sup>3</sup> – щільність матеріалу електродного порошку (так як картер виготовлений із сірого чавуну СЧ-21).

Тоді:

$$V_H = \frac{10 \times 10000}{(0,80 \times 1,95 \times 7830)} = 8,21 \text{ м/год.};$$

Основний час для наплавлення [29-31]:

$$T_0 = \frac{\pi \times d \times l}{1000 \times V_H \times S} = \frac{3,14 \times 120 \times 30}{1000 \times 8,21 \times 1,95} = 0,7 \text{ год.} \approx 42,0 \text{ хв.}$$

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штучний час наплавлення [29-31]:

$$T_{ШТ} = T_O + T_D + T_{ДОП} = 42 + 3 + 4,5 = 49,5 \text{ хв.}; \quad (4.4)$$

$T_D = 3,0$  хв. – додатковий час наплавлення;

$T_{ДОП}$  – допоміжний час наплавлення:

$$T_{ДОП} = \frac{(T_O + T_{ВС}) \times K}{100} = \frac{(42 + 3) \times 10}{100} = 4,5 \text{ хв.}; \quad (4.5)$$

де  $K = 10\%$  – коефіцієнт для додаткового часу.

Штучний калькуляційний час [29-31]:

$$T_{ШК} = T_{ШТ} + T_{ПЗ} / n = 49,5 + 18/10 = 6,75 \text{ хв.}; \quad (4.6)$$

де  $n = 10,0$  – к-ть картерів у партії;

$T_{ПЗ} = 18,0$  хв. – підготовчо-заключний час [29-31].

Таким чином, для відновлення картера КПП вантажівки КамАЗ-4310 використовуємо стенд для електроконтактного наплавлення чавунного порошку (перемеленого з дроту ПАНЧ-11) з наступними параметрами:

- струм наплавлення  $I = 10000$  А;
- тривалість імпульсів подачі струму  $\tau = 0,05$  с;
- напруга наплавлення  $U = 20,0$  В;
- густина матеріалу чавунного порошку  $\gamma = 7,83$  кг/м<sup>3</sup>;
- хімічний склад чавунного порошку: С = (7,00–7,50)%, Si = (4,00–4,50)%, Ti = (0,40–0,60)%, Al = (0,60–0,90)%, Mn = (0,40–0,80)%, решта – Fe;
- порошок самопливно подається з бункера безпосередньо на картер та одразу приварюється імпульсами струму;
- частота обертання валу електроду  $J = 8,0$  об/хв.;
- швидкість наплавлення  $V_H = 8,21$  м/год.;

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- крок наплавлення  $S = 1,95$  мм/об.;
- продуктивність наплавлення 1,20 кг/год.;
- товщина наплавленого шару за 1 прохід 0,8 мм;
- основний час наплавлення  $T_O = 42,0$  хв.;
- штучний час наплавлення  $T_{Ш} = 49,50$  хв.;
- додатковий час наплавлення  $T_D = 3,0$  хв.;
- допоміжний час наплавлення  $T_{Доп} = 4,50$  хв.;
- підготовчо-заклучний час наплавлення  $T_{ПЗ} = 18,0$  хв.;
- штучний калькуляційний час наплавлення  $T_{ШК} = 6,75$  хв.;
- продуктивність стенду 75,0 см<sup>2</sup>/хв.

Карта ескізів електроконтактного наплавлення картера наведена на рис. А1.

Операційна карта електроконтактного наплавлення картера наведена на рис. А2.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Дослідження працездатності стенду для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів

Стенд для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів функціонує наступним чином (рис. А3): відновлюваний картер 4 встановлюється на стіл 17. Фіксація картера на столі здійснюється за допомогою 4-х затискачів 9, які закручуються механічним способом через затискні гайки.

Після закріплення центрується наплавлювальна головка 7 відносно зношеного отвору. Для цього за допомогою регулювального гвинта 1 здійснюється вертикальне переміщення хобота 5 разом зі зварювальною головкою. У процесі регулювання необхідно встановити ролик-електрод 12 так, щоб його твірна поверхня щільно прилягала до внутрішньої поверхні відновлюваного отвору картера 4.

Підготовка до приварювання включає також заповнення бункера 6 присадковим порошком. Після цього регулюється положення живильника 16 для забезпечення рівномірної подачі порошку під час роботи. Диск 13 встановлюється на ролик-електрод 12 і фіксується болтом для забезпечення стабільного обертання.

Процес наплавлення починається з увімкнення приводу пневмоциліндра 11, який за допомогою прикладеного тиску щільно притискає ролик до поверхні відновлюваного отвору. Потім подається зварювальний струм та відкривається подача порошку з бункера. Завдяки використанню диска 13, діаметр якого перевищує діаметр ролика 12, порошок рівномірно наноситься на поверхню і надійно приварюється, не обсипаючись.

Обертання картеру 4 навколо власної осі забезпечується за допомогою електродвигуна 18, з'єданого через редуктор 10. Таким чином, відбувається рівномірне наплавлення порошкового матеріалу по всьому периметру отвору.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану сережки наплавлювальної головки стану за допомогою SolidWorks Simulation

Одним з найбільш навантажених вузлів стану є наплавлювальна головка, креслення якої наведено на рис. А4, а її 3D-модель – на рис. 5.1.

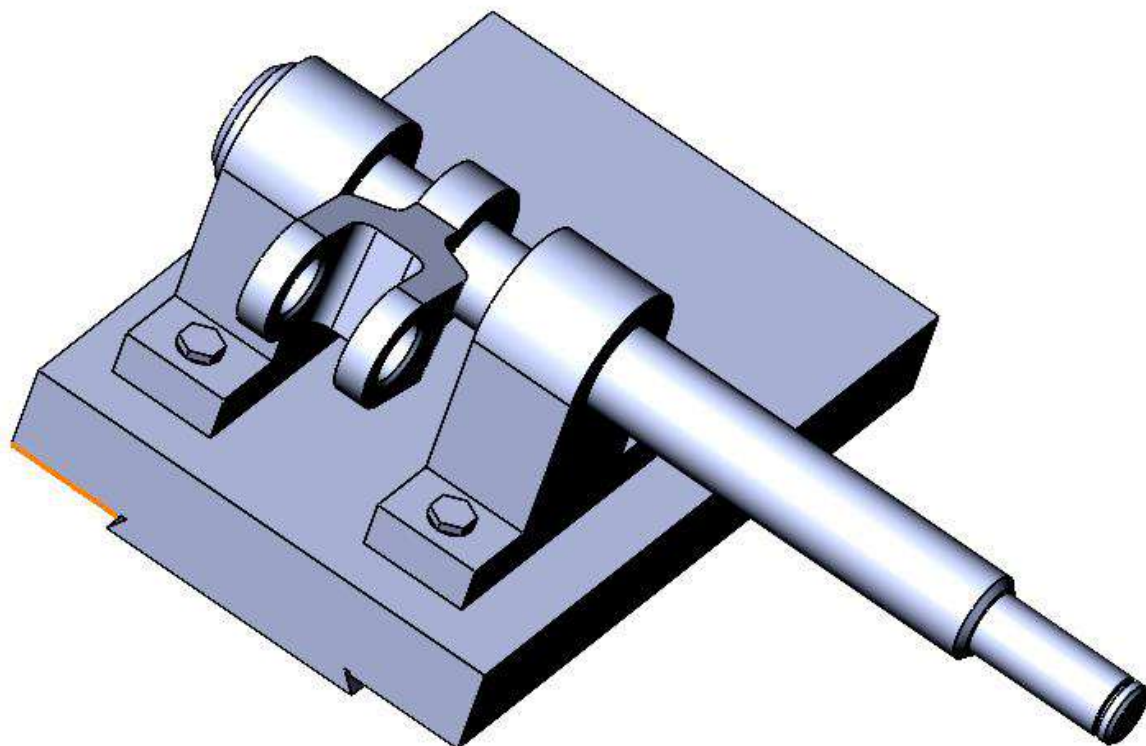
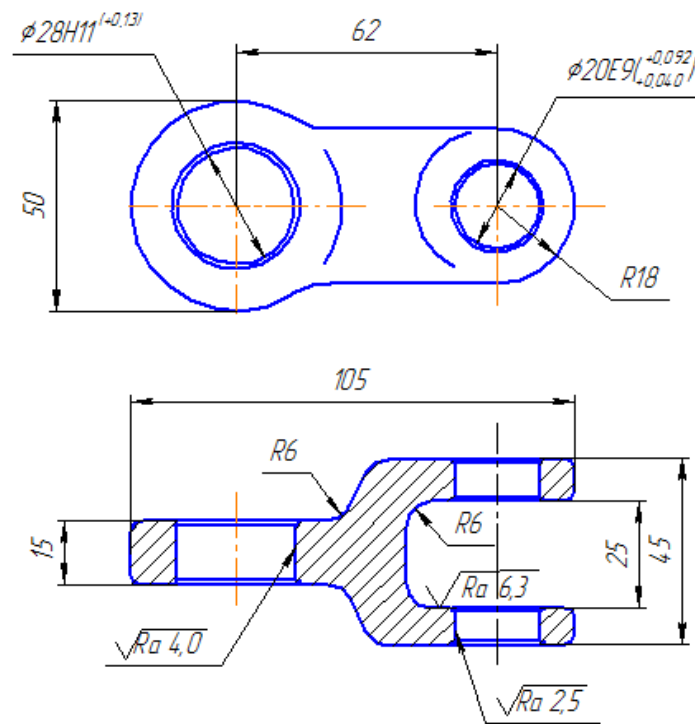


Рисунок 5.1 – 3D-модель наплавлювальної головки

### 5.1.1 Побудова у SolidWorks твердотільної моделі сережки наплавлювальної головки

Працездатність установки для електроконтактного наплавлення порошкових матеріалів багато у чому залежить від міцнісних характеристик сережки (рис. 5.2) наплавлювальної головки. Тому потрібно дослідити її напружено-деформований стан: визначимо, яке максимальне навантаження витримає сережка при заданому мінімальному коефіцієнті запасу міцності  $n_{\min} = 3$ .

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



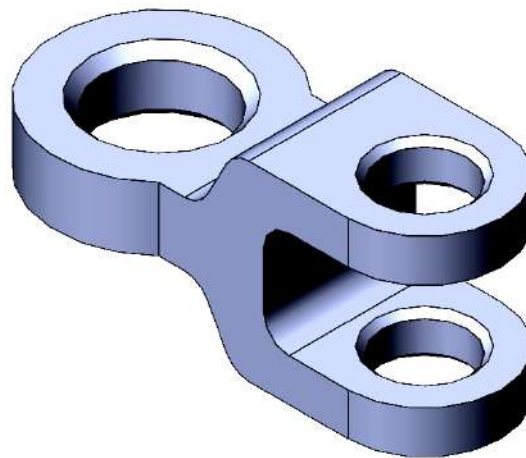
**Рисунок 5.2 – Сережка наплавлювальної головки (поз. 8 на рис. А4)**

Застосування сучасних комп'ютерних програмних засобів під час проектування, розроблення, а також при виконанні розрахунків на міцність і аналізу конструкційних елементів машин та різноманітних типів їх з'єднань відкриває нові можливості для інженерів. Завдяки високій точності, швидкодії та автоматизованому підходу, такі системи значно підвищують ефективність процесу проектування. Одним із яскравих прикладів є досвід використання САПР в автомобільній промисловості, де впровадження цифрового моделювання дозволило зменшити часові витрати на створення нових моделей автомобілів майже на 50 %, що свідчить про значну економію ресурсів та зростання продуктивності [25].

Тому для проведення розрахунків конструктивних елементів використано програмний комплекс SolidWorks Simulation — інструмент, що дає змогу здійснювати інженерні розрахунки в інтерактивному середовищі. У цьому середовищі можливо задавати фізико-механічні властивості матеріалів, визначати типи кріплення і прикладені навантаження, а також виконувати детальний аналіз

напружено-деформованого стану моделей. Отримані результати можна візуалізувати у вигляді графіків і карт розподілу напружень, що значно спрощує інтерпретацію даних та подальше прийняття конструкторських рішень.

Спочатку у SolidWorks побудували твердотільну (геометричну) модель сережки (рис. 5.3).



**Рисунок 5.3 – Твердотільна модель сережки**

### 5.1.2 Вибір матеріалу сережки

З бібліотеки SolidWorks виберемо матеріал сережки – сталь DIN 1.1191 (C45E), аналог сталі 45 ГОСТ 535-88 (рис. 5.4).

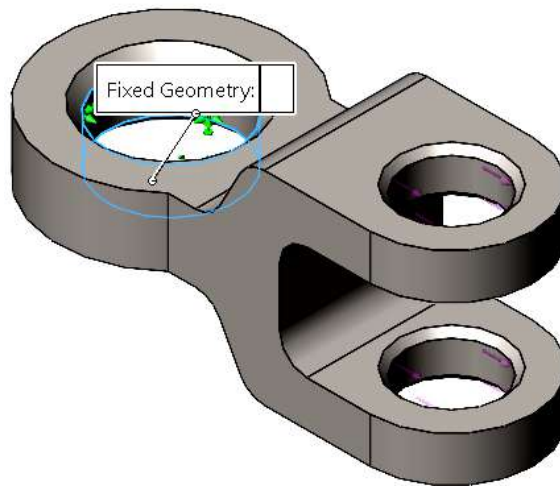
Properties	
Name:	1.1191 (C45E)
Model type:	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress
Yield strength:	5,65e+08 N/m <sup>2</sup>
Tensile strength:	7,5e+08 N/m <sup>2</sup>
Elastic modulus:	2,1e+11 N/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio:	0,28
Mass density:	7 800 kg/m <sup>3</sup>
Shear modulus:	7,9e+10 N/m <sup>2</sup>
Thermal expansion coefficient:	1,1e-05 /Kelvin

**Рисунок 5.4 – Вибір матеріалу сережки**

Наступний етап – дослідження напружено-деформованого стану сережки за допомогою SolidWorks Simulation.

### 5.1.3 Вибір кріплення сережки

Для фіксування сережки на вкладці SolidWorks Simulation «Консультант по кріпленням» обираємо «Зафіксована геометрія» і вказуємо необхідні поверхні (рис. 5.5).



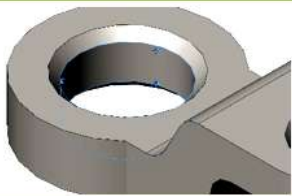
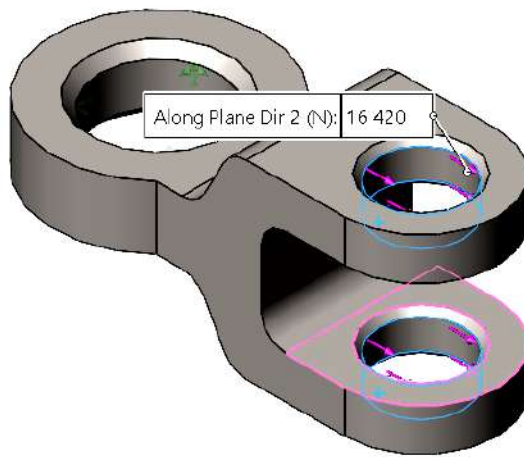

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details				
Fixed-1		<table border="1"> <tr> <td>Entities:</td> <td>1 face(s)</td> </tr> <tr> <td>Type:</td> <td>Fixed Geometry</td> </tr> </table>	Entities:	1 face(s)	Type:	Fixed Geometry
Entities:	1 face(s)					
Type:	Fixed Geometry					

Рисунок 5.5 – Вибір поверхні фіксування сережки

### 5.1.4 Прикладення навантажень до сережки

На вкладці «Консультант по зовнішнім навантаженням» обираємо «Сила» та вказуємо її величину і напрямок (рис. 5.6).



Load name	Load Image	Load Details								
Strength-2		<table border="1"> <tr> <td>Entities:</td> <td>2 face(s)</td> </tr> <tr> <td>Reference:</td> <td>Face&lt; 1 &gt;</td> </tr> <tr> <td>Type:</td> <td>Apply force</td> </tr> <tr> <td>Values:</td> <td>---; -16 420; --- N</td> </tr> </table>	Entities:	2 face(s)	Reference:	Face< 1 >	Type:	Apply force	Values:	---; -16 420; --- N
Entities:	2 face(s)									
Reference:	Face< 1 >									
Type:	Apply force									
Values:	---; -16 420; --- N									

**Рисунок 5.6 – Вибір граней для прикладення напрямку сил та їх значень до моделі серезжки**

Результуючі сили та моменти, діючі на модель серезжки, наведені на рис. 5.7.

### Resultant Forces

#### Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-32 840	-0,0331311	-0,11178	32 840

#### Reaction Moments

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

#### Free body forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0,186117	-0,0206755	-0,679841	0,70516

#### Free body moments

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

**Рисунок 5.7 – Результуючі сили та моменти, діючі на модель серезжки**

### 5.1.5 Створення сітки скінченних елементів сережки

Наступний етап дослідження – SolidWorks Simulation ділить модель сережки на елементи (малі частинки простої форми – CE), які з'єднано у вузлах (спільних точках). При цьому програма аналізу CE розглядає модель сережки як сітку (мережу дискретно зв'язаних між собою CE). Метод CE прогнозує поведінку моделі шляхом зіставлення інформації, яка одержана від усіх CE моделі.

Створення сітки CE – важливий етап в аналізі конструкції сережки. Вона створюється на основі розміру елемента, допуску на нього і характеристик локального управління сіткою, які дозволяють задати різні розміри CE для кромки, вершин і граней. SolidWorks Simulation визначає розмір елемента для моделі сережки з урахуванням її об'єму, площі поверхні та ін. геометричних характеристик. Розмір створюваної сітки (к-ть вузлів та елементів) залежить від:

- розмірів і геометрії моделі сережки;
- характеристик контакту;
- допуску сітки;
- параметрів управління сіткою.

На ранніх стадіях розрахунку моделей, щоб пришвидшити розрахунки та отримати приблизні результати, задається більший розмір елемента.

При використанні елементів оболонки SolidWorks Simulation створює наступний тип елементів у залежності від параметрів створення сітки, які вибрані для розрахунків – сітка якості:

- низької (лінійні трикутні елементи оболонки);
- високої (параболічні трикутні елементи оболонки).

Тому на вкладці «Запустити це дослідження» вибираємо «Створення сітки», яка необхідна для розбиття поверхні моделі сережки на малі ділянки прикладення результатів силового розрахунку. У вікні «Сітка» на вкладці Визначення погодитись із запропонованими (рис. 5.8).

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

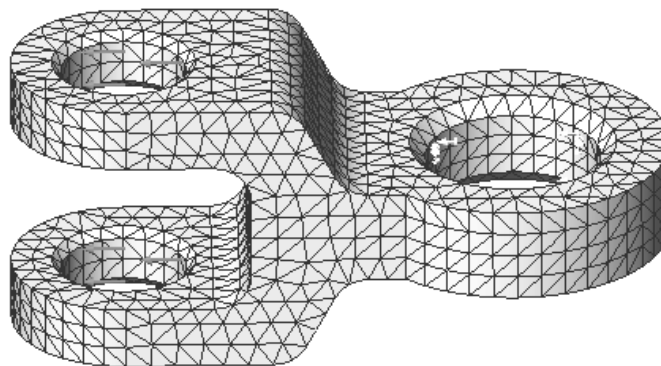
### Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points for High quality mesh	4 Points
Element Size	3,9276 mm
Tolerance	0,19638 mm
Mesh Quality	High

### Mesh information - Details

Total Nodes	13281
Total Elements	8042
Maximum Aspect Ratio	5,0821
% of elements with Aspect Ratio < 3	99,8
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0
Percentage of distorted elements	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:01
Computer name:	

а



б

**Рисунок 5.8 – Параметри сітки (а)  
та її відображення на моделі серезки (б)**

Таким чином, прийняті параметри сітки наступні: якість сітки висока; 4 точки Якобіана; розмір елемента 3,9276 мм, допуск 0,19638 мм, всього вузлів 13281, всього елементів 8042.; перекожчених елементів Якобіана – 0%.

### 5.1.6 Розрахунок напружено-деформованого стану серезки

В інструменті «Запустити це дослідження» вибираємо відповідну вкладку. Аналіз розрахунків, проведених SolidWorks Simulation, показав області моделі

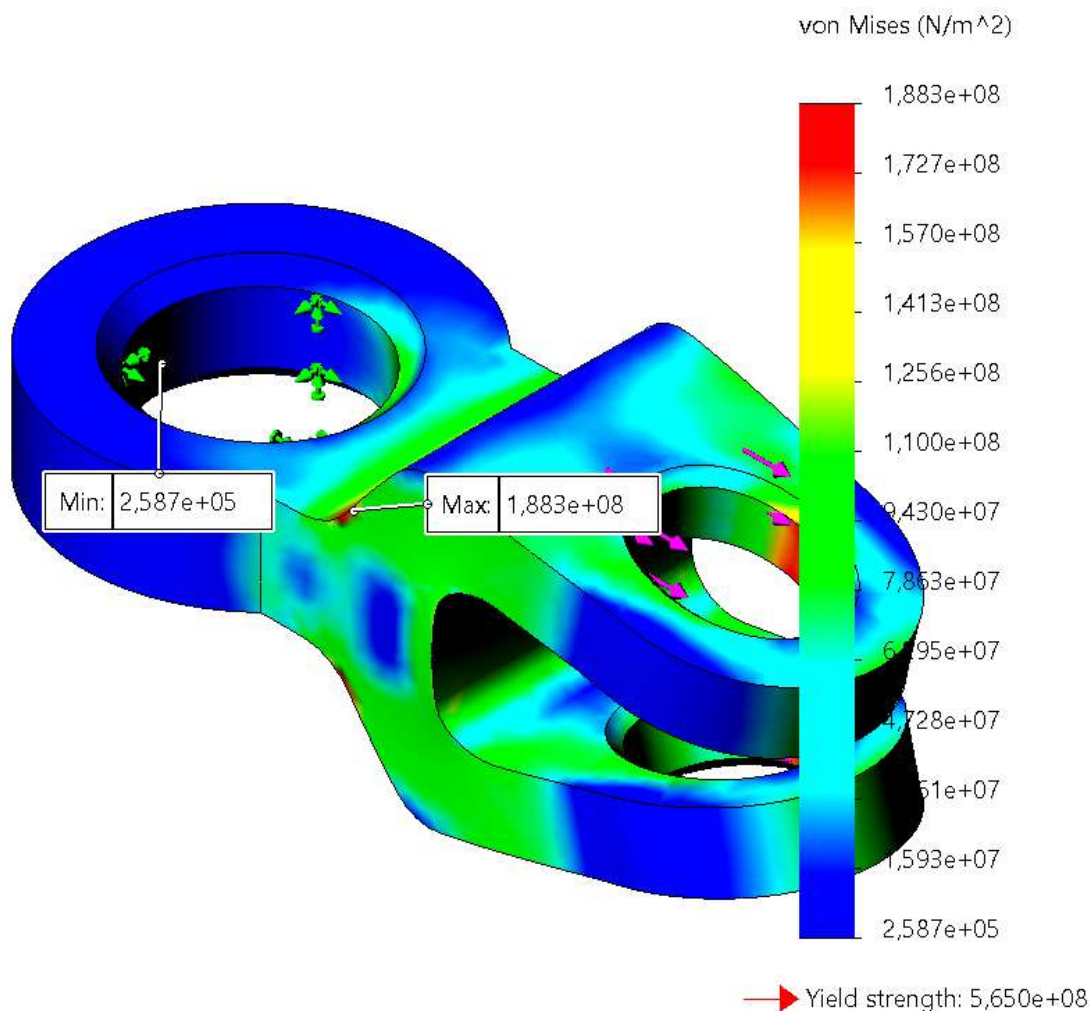
					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

сережки, в яких під дією зовнішніх навантажень з'являються max та min внутрішні напруження.

Результати розрахунків: максимальні вузлові напруження von Mises виникають у вузлі № 8428 і складають  $\sigma_{max} = 188,3$  МПа – рис. 5.9; максимальне результуюче переміщення  $h_{max} = 0,6820$  мм (вузол № 253) – рис. 5.10; максимальна еквівалентна деформація  $\delta_{max} = 0,0006357$  (елемент № 5069) – рис. 5.11.

Type	Min	Max
VON: von Mises Stress	2,587e+05N/m <sup>2</sup> Node: 216	1,883e+08N/m <sup>2</sup> Node: 8428

а

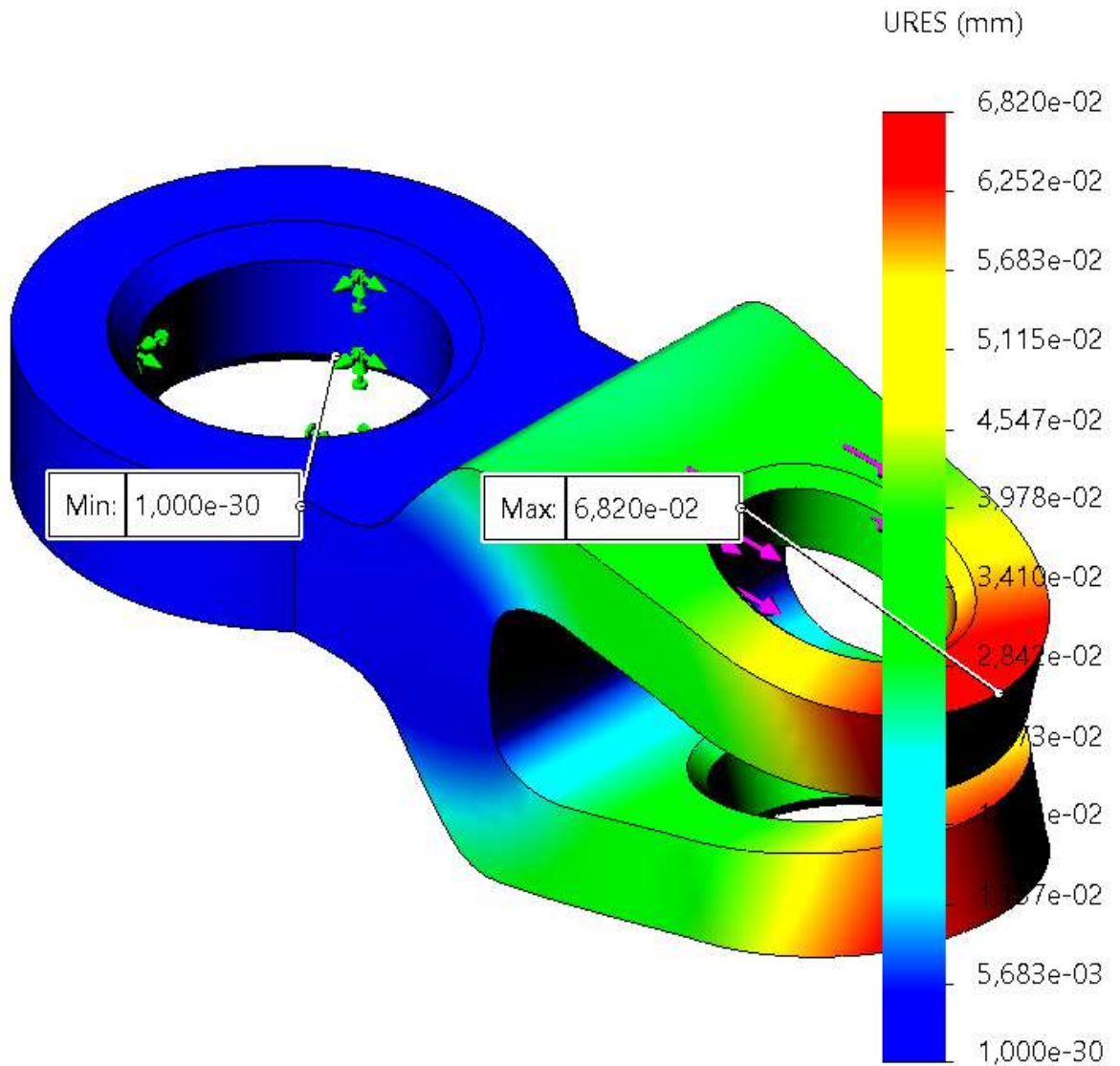


б

**Рисунок 5.9 – Результати розрахунку (а) і контурний графік сумарних напружень von Mises (б) моделі сережки**

Type	Min	Max
URES: Resultant Displacement	0,000e+00mm Node: 1	6,820e-02mm Node: 253

a



б

**Рисунок 5.10 – Результати розрахунку (а) і контурний графік сумарних переміщень URES (б) моделі сережки**

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

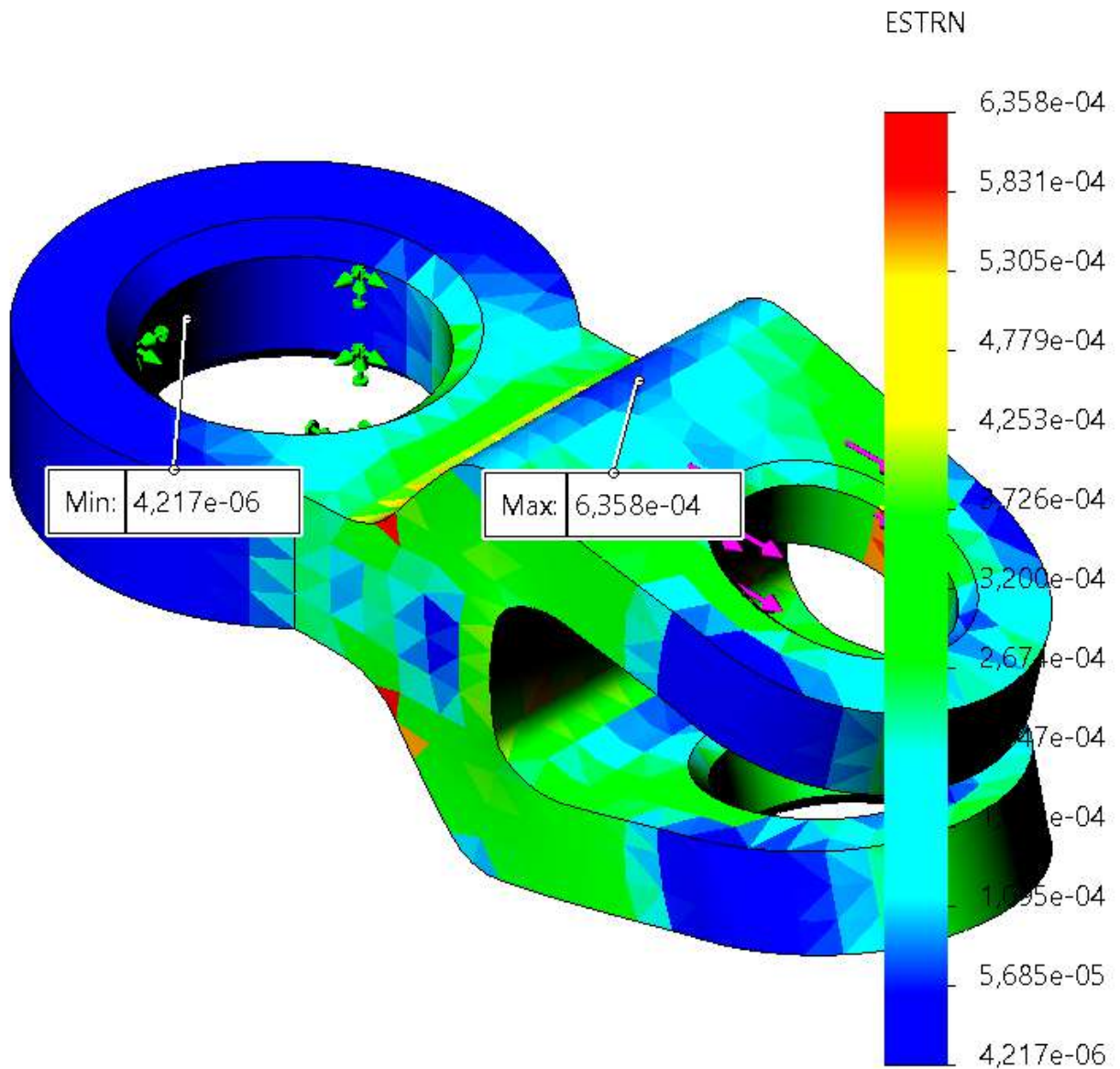
КРБАТ 2521234.000 ПЗ

Арк.

58

Type	Min	Max
ESTRN: Equivalent Strain	4,217e-06 Element: 7500	6,358e-04 Element: 5069

a



б

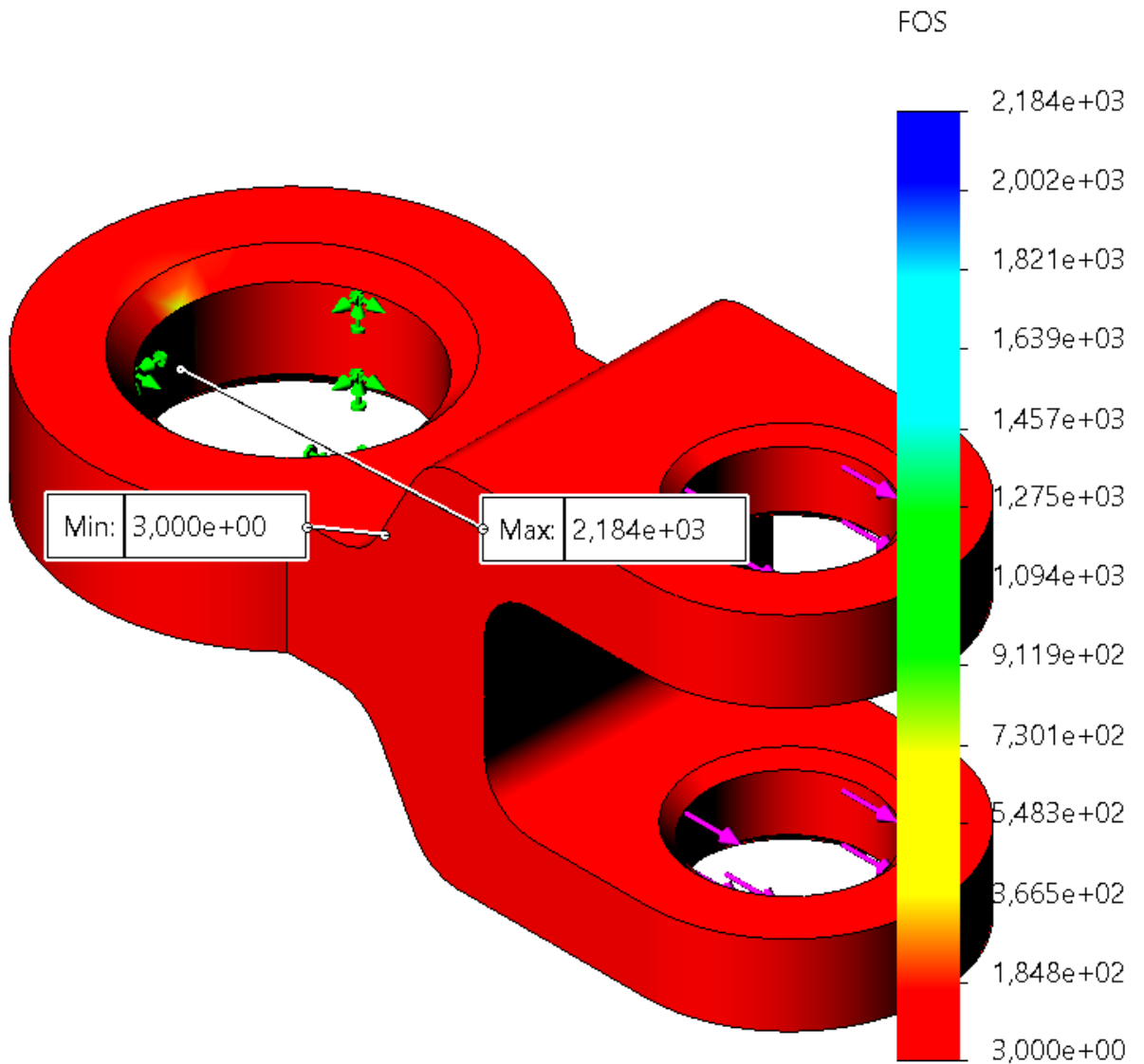
**Рисунок 5.11 – Результати розрахунку (а) і контурний графік сумарних деформацій ESTRN (б) моделі сержки**

Згідно розрахунків, при заданому мінімальному коефіцієнті запасу міцності  $n_{\min} = 3$  (рис. 12) серга витримає навантаження у 16420 Н (рис. 5.6), що дозволяє регламентувати параметри спряжених з нею деталей.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Type	Min	Max
Automatic	3,000e+00 Node: 8428	2,184e+03 Node: 216

а



б

**Рисунок 5.12 – Результати розрахунку (а) і контурний графік запасу міцності FOS (б) моделі серезки**

Таким чином, SolidWorks – це потужний інструмент для інженерів–конструкторів, так як з його допомогою:

- створюються 3D-моделі деталей;
- розробляються їх креслення;

– зменшується час на проведення експериментальних досліджень та виробничих випробувань.

Методика моделювання навантажень у SolidWorks:

- визначає слабкі місця в конструкції деталі ще на етапі конструювання;
- проводить необхідні зміни конструкції без виготовлення натурних зразків.

Це економить витрати на матеріали, чим зменшується вартість випущеної продукції [26-28].

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Наведені загальні відомості, технічні характеристики повнопривідного тривісного вантажного автомобіля підвищеної прохідності КамАЗ-4310.

Представлена будова КПП КамАЗ-4310, охарактеризовані умови її роботи й перелік можливих дефектів і несправностей, способи їх усунення, технічне обслуговування та ремонт (перевірка справності редукційного клапана дільника, профілактичне обслуговування дистанційного приводу керування і демонтаж КПП, вимоги до випробувального стенда і до установки КПП на двигун).

Описана конструкція, принцип роботи, основні дефекти картера КПП вантажівки КамАЗ-4310 і розглянута доцільність його відновлення з вибором оптимального способу і розрахунком режимів.

Розроблена технологія відновлення картера (електроконтактне наплавлення порошкових матеріалів) за допомогою стенду для електроконтактного наплавлення чавунного порошку (перемеленого з дроту ПАНЧ-11) з наступними параметрами:

- струм наплавлення  $I = 10000$  А;
- тривалість імпульсів подачі струму  $\tau = 0,05$  с;
- напруга наплавлення  $U = 20,0$  В;
- густина матеріалу чавунного порошку  $\gamma = 7,83$  кг/м<sup>3</sup>;
- хімічний склад чавунного порошку: С = (7,00–7,50)%, Si = (4,00–4,50)%, Ti = (0,40–0,60)%, Al = (0,60–0,90)%, Mn = (0,40–0,80)%, решта – Fe;
- порошок самопливно подається з бункера безпосередньо на картер та одразу приварюється імпульсами струму;
- частота обертання валу електроду  $J = 8,0$  об/хв.;
- швидкість наплавлення  $V_H = 8,21$  м/год.;
- крок наплавлення  $S = 1,95$  мм/об.;
- продуктивність наплавлення 1,20 кг/год.;
- товщина наплавленого шару за 1 прохід 0,80 мм;
- основний час наплавлення  $T_O = 42,0$  хв.;

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- штучний час наплавлення  $T_{Ш} = 49,50$  хв.;
- додатковий час наплавлення  $T_{Д} = 3,00$  хв.;
- допоміжний час наплавлення  $T_{Доп} = 4,50$  хв.;
- підготовчо-заклучний час наплавлення  $T_{ПЗ} = 18,0$  хв.;
- штучний калькуляційний час наплавлення  $T_{ШК} = 6,75$  хв.;
- продуктивність стенду  $75,0$  см<sup>2</sup>/хв.

Розроблені карта ескізів та операційна карта відновлення картера.

За допомогою SolidWorks Simulation проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану сережки наплавлювальної головки стенду для електроконтактного наплавлення чавунного порошку з відображенням контурних графіків сумарних напружень von Mises, переміщень URES, деформацій ESTRN і запасу міцності FOS.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список використаних джерел

1. КамАЗ 4310: радянський «динозавр» в автопарку Збройних сил України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nova.net.ua/kamaz-4310-radianskyi-dynozavr-v-avtoparku-zbroinykh-syl-ukrainy/>
2. КамАЗ-4310 – армійський вантажний автомобіль [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://military.com/uk/articles/kamaz-4310/>
3. КамАЗ-4310 ЗСУ з кунгом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://icm.com.ua/ua/technique/kamaz-4310-zsu-z-kungom/>
4. Автомобіль КамАЗ ЗСУ-АТО, Слов'янськ, варіант 6 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://modelbriks.com.ua/avtomobil-kamaz-vsu-ato-slavyansk-variant-6>
5. Збірна модель КамАЗ-4310 ЗСУ з кунгом, 1:35, ICM, 35004 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fortmodels.com.ua/zbirna-model-kamaz-4310-zsu-z-kunhom-135-icm-35004/?srsltid=AfmBOopfCmdZ0mjJo-xmS1OoADyvU5Se5B8mBpX2cksBII36ztfj-vI6>
6. КамАЗ-4310 ЗСУ з кунгом 1/35 ICM 35004 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aerostir.com.ua/ua/p2468178609-kamaz-4310-zsu.html>
7. Коробка передач КамАЗ-5320, -55102, -55111, -53212 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://banga.ua/pages/gruzovie-sng/kamaz/tehnikeskaya-dokumentatsiya-kamaz/rukovodstvo-po-remontu-i-texnicheskomu-obsluzhivaniyu-avtomobilej-kamaz/kamaz-1-gl2-09>
8. Коробка передач КамАЗ-5320, -55102, -55111, -53212 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://banga.ua/pages/gruzovie-sng/kamaz/tehnikeskaya-dokumentatsiya-kamaz/avtomobili-kamaz-texnicheskoe-obsluzhivanie-i-remont/kamaz-2-gl2-05>
9. Конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи ремонту автомобілів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» за освітньо-професійною програмою

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

“Автомобільний транспорт” / Укладач: к.т.н., доцент Сасов О.О., Кам’янське, ДДТУ, 2023 р. – 97 с.

10. Коробка передач КамАЗ-4310 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://banga.ua/pages/gruzovie-sng/kamaz/tehnicheskaya-dokumentatsiya-kamaz/kamaz-3-soderzhaniye/kamaz-3-gl3-05-02>

11. Трансмісійна олива [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Трансмісійна\\_олива](https://uk.wikipedia.org/wiki/Трансмісійна_олива)

12. ДСТУ 8833:2019. Відливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82147](https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=82147)

13. Чавун СЧ21 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auremo.org/materials/chugun-sch21.html>

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

15. Конспект лекцій з дисципліни «Основи технології відновлення деталей» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за спеціальністю 131 - Прикладна механіка за освітньо-професійною програмою «Технологія та устаткування зварювання» / Укл. Гасило Ю.А. Кам’янське: ДДТУ, 2017. – 147 с.

16. Лузан С.О. Інженерія поверхні. Конспект лекцій. – Харків: НТУ «ХП», 2023. – 168 с.

17. Автухов А. К., Мартиненко О. Д., Тіхонов О. В., Бантковський В. А. / Сервісна інженерія. Технічний сервіс в АПВ та ремонт: курс лекцій для підготовки бакалаврів за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (3 кредити). – Х.: ДБТУ, 2022. – 135 с.

18. Швець Л.В. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник / Л.В. Швець, Ю.Б. Паладійчук, О.О. Труханська. – Вінниця: ВНАУ, 2019. – 648 с.

19. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник/ Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Методичні вказівки до практичної роботи № 1 на тему: «Розрахунок параметрів режиму контактного точкового зварювання» з дисципліни «Технології та обладнання обробки і зварювання деталей тиском» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Береженко Б.М. Береженко Є.Б. Король О.І.. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2022. – 30 с.

21. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 1 «Дослідження впливу зміни параметрів режиму контактного точкового зварювання на якість зварного з'єднання» з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання тиском» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології та устаткування зварювання» всіх форм навчання / Укл.: Куликовський Р.А. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 26 с.

22. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньо-професійною програмою «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл. Д.Г. Носов – Кам'янське: ДДТУ, 2019. – 171 с.

23. Аулін В.В. Термонапружений стан зносостійкого шару деталі транспортного засобу при електроконтактній наплавці / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, І.В. Жилова та ін. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/bc653ce6-3b0d-422b-b8b0-ee40339088fb/content>

24. Митко М.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В. Цимбал – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.

25. Калівода Я. Використання автоматизованих систем при проектуванні та випробуванні рухомого складу / Я. Калівода, Л. Недужа, О. Очкасов, Д. Черняєв // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» 17.05-18.05.2018 р. – Дніпро, 2018. – С. 17-19.

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: навчально-методичний посібник з виконання практичних робіт / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 152 с.

27. Ворощук В.Я SolidWorks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.

28. Камишацький О.Ф. Моделювання технологічних процесів. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / О.Ф. Камишацький, В.О. Расцветаєв. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 48 с.

29. Особливості встановлення норм і нормативів праці на підприємстві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5251734/page:3/>

30. Технічне нормування технологічного процесу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/11165588/page:9/>

31. Дідур В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Ремонт машин і обладнання» для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». – Умань: УНУС, 2020. – 134 с.

32. Обладнання для випробувань коробок передач автомобілів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5352382/page:97/>

33. Стенд для випробування коробок передач ВХТ-3С (Китай) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://atiks.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=193](https://atiks.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=193)

34. Інструмент для демонтажу сухої коробки передач [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vidpravka.com.ua/instrument-dlia-demontazu-suxoyi-korobki-peredac-12227382591>

35. Підйомник для коробки передач 500 кг Курczyk KPS-05Т стійка двигуна 0,5 т [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alora.com.ua/ua/p2250356762-podemnik-dlya-korobki.html>

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додатки**

					КРБАТ 2521234.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		