

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

«Технічне обслуговування редуктора заднього моста самоскида з
проектуванням ремонтних пристосувань»

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

Шифр **КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ**

Виконав студент 2 курсу група МТВАм-24-1


Підпис

Ярослав КРИВИЦЬКИЙ

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ


Підпис

Олександр РУДИК

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


Підпис

Олег МАКОВКІН

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ

05.12.2025 р.

Дата


Підпис

Олександр ДИХА

Хмельницький, 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

2025 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кривіцькому Ярославу Васильовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проєкту (роботи): Технічне обслуговування редуктора заднього моста самоскида з проєктуванням ремонтних пристосувань

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

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

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

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 01.12.2025 р.

3. **Вихідні дані до проєкту (роботи)** Матеріали практики; робочі креслення досліджуваної деталі; нормативно-технологічна документація з технічного обслуговування редуктора заднього моста самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)

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

1. Загальні відомості та технічні особливості самоскида та заднього моста КамАЗ-65115-6058-19(L4)

2. Аналіз стендів для ремонту редукторів заднього моста та проєктування відповідного стенду для самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)

3. Конструювання знімача підшипників РЗМ та дослідження працездатності його деталей за допомогою SolidWorks Simulation

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

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 15 жовтня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент


Підпис

Я.В. Кривіцький
Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи)


Підпис

О.Ю. Рудик
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 97 сторінок, кількість рисунків – 50, таблиць – 18, додатків – 2, кількість джерел згідно із переліком посилань – 31.

Студент гр. МТВАм-24-1 Кривіцький Ярослав Васильович

Тема «Технічне обслуговування редуктора заднього моста самоскида з проектуванням ремонтних пристосувань».

Дана кваліфікаційна робота магістранта присвячена проектуванню технічного обслуговування редуктора заднього моста самоскида КамАЗ з проектуванням ремонтних пристосувань.




У кваліфікаційній роботі вирішувались наступні завдання:

- навести загальні відомості про самоскид КамАЗ, його технічне обслуговування, дефекти та способи їх усунення;
- розглянути призначення, будову, основні функції, найхарактерніші несправності заднього моста КамАЗ;
- розробити технологію ремонту редуктора заднього моста;
- проаналізувати стенди для ремонту редукторів заднього моста та спроектувати відповідний стенд для самоскида КамАЗ;
- сконструювати знімач підшипників редуктора заднього моста та дослідити працездатність його деталей за допомогою SolidWorks Simulation.

Перелік ключових слів: КАМАЗ, РЕДУКТОР ЗАДНЬОГО МОСТА, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ, СТЕНД, ЗНІМАЧ ПІДШИПНИКІВ.

ЗМІСТ

Анотація	7
Abstract	8
Перелік скорочень.....	9
Вступ	11
1 Загальні відомості та технічні особливості самоскида та заднього моста КамАЗ-65115-6058-19(L4).....	12
1.1 Основні технічні характеристики самоскида КамАЗ.....	12
1.2 Призначення, будова, основні функції заднього моста КамАЗ	14
1.2.1 Найхарактерніші несправності заднього моста.....	17
1.3 Технологічний процес розбирання головної передачі заднього моста	19
1.4 Технологія ремонту редуктора заднього моста	22
1.4.1 Технологія заміни сальника валу ведучої конічної шестерні.....	24
1.4.2 Технологія зняття центрального редуктора.....	26
1.4.3 Технологічна послідовність виконання робіт з розбирання редуктора	27
1.4.4 Технологія складання редуктора	29
1.4.4.1 Складання валу ведучої шестерні й диференціала	29
1.4.4.2 Складання диференціала.....	31
1.4.4.3 Остаточне складання редуктора заднього моста	33
2 Аналіз стендів для ремонту редукторів заднього моста та проектування відповідного стенду для самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)	35
2.1 Призначення стендів для ремонту агрегатів автомобілів.....	35
2.2 Аналіз стендів для ремонту агрегатів автомобілів.....	36
2.2.1 Стенд-кантувальник N30057	38
2.2.2 Універсальний стенд NORDBERG N30160R	38

КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Кривіцький			
Перевір.	Рудик			
Н. Контр.	Маковкін			
Затверд.	Диха			
Технічне обслуговування редуктора заднього моста самоскида з проектуванням ремонтних пристосувань				
		Літ.	Арк.	Акрушів
			4	97
ХНУ гр.МТВАм-24-1				

ЗМІСТ

Анотація.....	7
Abstract	8
Перелік скорочень.....	9
Вступ.....	11
1 Загальні відомості та технічні особливості самоскида та заднього моста КамАЗ-65115-6058-19(L4)	12
1.1 Основні технічні характеристики самоскида КамАЗ.....	12
1.2 Призначення, будова, основні функції заднього моста КамАЗ.....	14
1.2.1 Найхарактерніші несправності заднього моста.....	17
1.3 Технологічний процес розбирання головної передачі заднього моста	19
1.4 Технологія ремонту редуктора заднього моста	22
1.4.1 Технологія заміни сальника валу ведучої конічної шестерні.....	24
1.4.2 Технологія зняття центрального редуктора	26
1.4.3 Технологічна послідовність виконання робіт з розбирання редуктора	27
1.4.4 Технологія складання редуктора.....	29
1.4.4.1 Складання валу ведучої шестерні й диференціала	29
1.4.4.2 Складання диференціала.....	31
1.4.4.3 Остаточне складання редуктора заднього моста.....	33
2 Аналіз стендів для ремонту редукторів заднього моста та проектування відповідного стенду для самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)	35
2.1 Призначення стендів для ремонту агрегатів автомобілів	35
2.2 Аналіз стендів для ремонту агрегатів автомобілів	36
2.2.1 Стенд-кантувальник N30057	38
2.2.2 Універсальний стенд NORDBERG N30160R	38

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Технічне обслуговування редуктора заднього моста самоскида з проектуванням ремонтних пристосувань			Літ.	Арк.	Акрушів		
Розроб.		Кривіцький								4	97	
Перевір.		Рудик						ХНУ гр.МТВАм-24-1				
Н. Контр.		Маковкін										
Затверд.		Диха										

2.2.3 Універсальний стенд Р-770Е для розбирання/збирання двигунів та інших агрегатів	39
2.2.4 Стенд-кантувальник Р-500Е	41
2.2.5 Стенди для ремонту редукторів задніх мостів автомобілів.....	42
2.2.5.1 Стенд для розбирання і складання редукторів задніх мостів автомобілів Б252АМ	42
2.2.5.2 Стенд для розбирання і складання редукторів задніх мостів Р-620.....	44
2.3 Проектування стенду для ремонту редуктора заднього моста самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)	46
2.3.1 Розробка конструкції стенду	46
2.3.2 Функціональні можливості стенду	47
2.3.3 Додаткові технічні рішення.....	47
2.3.4 Технологія виконання робіт на стенді	47
2.3.5 Конструкція опор повороту моста	48
2.3.6 Будова системи фіксації обертання моста	49
2.4 Розрахунок спроектованого стенду.....	50

3 Конструювання знімача підшипників РЗМ та дослідження працездатності його деталей за допомогою SolidWorks Simulation53

3.1 Розробка конструкції знімача підшипників РЗМ та дослідження працездатності його скоби.....	53
3.1.1 Параметри матеріалу скоби – сталі 45	59
3.1.2 Проведення статичного аналізу скоби.....	63
3.2 Дослідження можливості заміни матеріалу скоби знімача підшипників	70
3.2.1 Параметри матеріалу скоби – сталі 10.....	70
3.2.2 Повторне проведення статичного аналізу скоби.....	73
3.3 Визначення міцнісних характеристик гайки знімача підшипників.....	75
3.4 Визначення міцнісних характеристик тяги знімача підшипників.....	78

3.5 Визначення міцнісних характеристик гвинта знімача підшипників	82
Висновки	86
Список використаних джерел	88
Додатки.....	92

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Анотація

Редуктор заднього моста самоскиду КамАЗ є невід'ємною частиною трансмісії та виконує одну з ключових функцій — забезпечує передавання крутного моменту від ДВЗ до ведучих коліс із заданим передавальним числом. Він належить до базових елементів силової передачі транспортного засобу, від працездатності й надійності якого залежать динамічні характеристики самоскида, паливна економічність, довговічність вузлів трансмісії та безпека експлуатації. Тому розглянуті типові експлуатаційних ознаки його несправностей, які вимагають подальшої дефектації та ремонту. На основі цього наведене технічне обслуговування і розроблена технологія ремонту редуктора заднього моста та спроектований і розрахований відповідний стенд. Для полегшення ремонту редуктора сконструйований знімач його підшипників та за допомогою SolidWorks Simulation досліджена працездатність його деталей.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Abstract

The rear axle gearbox of the KamAZ dump truck is an integral part of the transmission and performs one of the key functions - it provides torque transmission from the internal combustion engine to the drive wheels with a given gear ratio. It belongs to the basic elements of the vehicle's power transmission, the performance and reliability of which determine the dynamic characteristics of the dump truck, fuel economy, durability of transmission components and operational safety. Therefore, typical operational signs of its malfunctions that require further troubleshooting and repair are considered. Based on this, maintenance is given and the technology for repairing the rear axle gearbox is developed, and the corresponding stand is designed and calculated. To facilitate the repair of the gearbox, a bearing puller is designed and the performance of its parts is investigated using SolidWorks Simulation.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання.

ТО – технічне обслуговування.

ТП – технологічний процес.

РЗМ – редуктор заднього моста.

ТБ – техніка безпеки.

ТЗ – транспортний засіб.

КПП – коробка перемикачів передач.

АГ – автомобільний агрегат.

АТП – автотранспортне підприємство.

САПР – система автоматизованого проектування.

Fe – залізо.

C – вуглець.

Si – кремній.

Mn – марганець.

S – сірка.

P – фосфор.

Ni – нікель.

Cr – хром.

Cu – мідь.

As – арсен (або миш'як).

N₂ – азот.

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

σ_b – межа короточасної міцності, [МПа].

δ_5 – відносне подовження при розриві, [%].

ψ – відносне звуження, [%].

KCU – ударна в'язкість, [кДж/м²].

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ХТО – хіміко-термічна обробка.

SW – SolidWorks.

СЕ – скінченні елементи.

НДС – напружено-деформований стан.

ДМ – деталі машин.

ТПВ – технологічна підготовка виробництва.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність теми. Редуктор заднього моста самоскиду КамАЗ є невід’ємною частиною трансмісії та виконує одну з ключових функцій — забезпечує передавання крутного моменту від ДВЗ до ведучих коліс із заданим передавальним числом. Тому розглянуті типові експлуатаційних ознаки його несправностей, які вимагають подальшої дефектації та ремонту. На основі цього розроблена технологія ремонту редуктора заднього моста, його технічне обслуговування та спроектований і розрахований відповідний стенд. Для полегшення ремонту редуктора сконструйований знімач його підшипників з вибором матеріалів деталей і відповідною термообробкою та за допомогою SolidWorks Simulation досліджена працездатність цих деталей.

Новизна роботи. Розроблена технологія ремонту редуктора заднього моста самоскиду КамАЗ та спроектований і розрахований відповідний стенд. Для полегшення ремонту редуктора сконструйований знімач його підшипників та за допомогою SolidWorks Simulation досліджена працездатність його деталей.

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

Результати досліджень були представлені на:

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

Можливість використання висновків і рекомендацій на практиці: застосувати запропоновану методика ремонту редуктора заднього моста самоскиду КамАЗ.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Загальні відомості та технічні особливості самоскида та заднього моста КамАЗ-65115-6058-19(L4)

1.1 Основні технічні характеристики самоскида КамАЗ

КамАЗ-65115 — це серійний вантажний автомобіль-самоскид з колісною формулою 6×4 та заднім способом розвантаження, призначений для транспортування сипучих будівельних та промислових матеріалів масою до 15 т. Конструкція автомобіля забезпечує оптимальне поєднання вантажопідйомності, надійності та ремонтпридатності, що дозволяє ефективно застосовувати його у будівництві, промисловості та дорожньо-експлуатаційних організаціях [1, 2]. Модель КАМАЗ-65115 має декілька видів комплектацій, зокрема 65115-6058-19(L4) – рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Самоскид КамАЗ-65115-6058-19(L4)

Кабіна — тримісна, суцільнометалева, відкидного типу, розташована над силовим агрегатом за схемою «cab-over-engine». Вона оснащена шумо- та теплоізоляцією, що підвищує комфортність умов експлуатації та знижує вібраційно-акустичні навантаження на водія.

Кузовна платформа має зварну коробчасту конструкцію із суцільнометалевих панелей, нахилений передній борт та захисний козирок. Система підігріву відпрацьованими газами запобігає прилипанню та примерзанню вантажу.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автомобіль обладнаний дизельним ДВЗ, зчленованим із механічною коробкою передач та дводисковим зчепленням. Передня підвіска — ресорна, задня — балансирна; ведучі мости оснащені міжосьовим диференціалом із можливістю примусового блокування.

Технічні характеристики самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4) наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)

Параметр	Значення
Колісна формула	6×4
Повна маса самоскида, кг	25 000
Вантажопідйомність, кг	15 000
Споряджена маса, кг	~ 10 000
Об'єм кузова, м ³	10,0–12,0
Тип ДВЗ	Дизельний, V8, турбонаддув
Робочий об'єм ДВЗ, л	10,85
Потужність, к.с.	240,0–280,0
Максимальна швидкість, км/год.	90,0
Коробка передач	10-ступенева механічна
Зчеплення	Дводискове, сухе
Підвіска передня	Ресорна з гідравлічними амортизаторами
Підвіска задня	Балансирна
Гальмівна система	Пневматична, з ABS
Розмір шин	11.00R20

1.2 Призначення, будова, основні функції заднього моста КамАЗ

Привід ведучих коліс в АТ з однією задньою ведучою віссю включає головну передачу, диференціал та півосі (рис. 1.2). Усі зазначені елементи конструктивно розміщені в загальному картері з напівосьовими рукавами. Сукупність цих механізмів утворює вузол, відомий як задній тяговий міст [5].

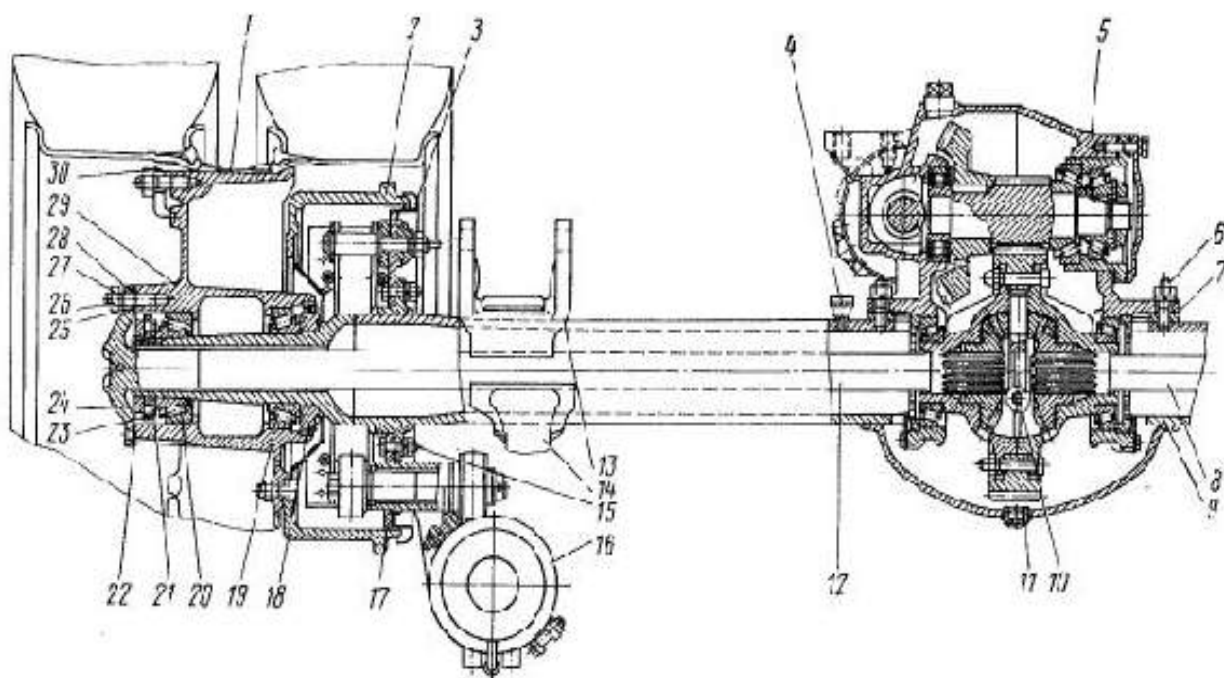


Рисунок 1.2 – Задній міст КамАЗ-65115-6058-19(L4):

1 – кільце; 2 – гальмівний барабан; 3 – щиток; 4 – запобіжний клапан; 5 – картер; 6 – шпилька; 7 – картерна прокладка; 8 – права піввісь; 9 – картер; 10 – пробка; 11 – зливна пробка; 12 – ліва піввісь; 13 – ресорна опора; 14 – кронштейн для реактивної штанги; 15 – кріпильний болт; 16 – гальмівна камера; 17 – гальмівний механізм; 18 – утримуюча манжета; 19 і 20 – роликові конічні підшипники; 21 – кріпильна гайка підшипників; 22 – прокладка для півосі; 23 – стопорна шайба; 24 – контргайка; 25 – шпилька для півосі; 26 – гайка; 27 – шайба; 28 – втулка; 29 – маточина; 30 – притискач колеса

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ				

Функціональне призначення заднього моста полягає у зменшенні частоти обертання, що передається від ДВЗ на колеса, збільшенні крутного моменту та зміні напрямку його передавання від карданного валу до півосей під прямим кутом. У конструкції головних передач застосовуються одинарні або подвійні зубчасті передачі [5].

Диференціал дає змогу правому і лівому ведучим колесам обертатися з різною швидкістю, що необхідно при виконанні поворотів та під час руху по нерівностях. Це пояснюється тим, що внутрішнє колесо на повороті проходить коротшу траєкторію, ніж зовнішнє, тому його обертання повинно бути повільнішим для забезпечення плавного руху без пробуксовування.

Півосі є невід'ємним елементом трансмісії, що забезпечує передавання крутного моменту від диференціала безпосередньо до ведучих коліс самоскида. Конструктивне виконання та умови роботи півосей залежать від схеми встановлення підшипників, тому вони поділяються на 2 основних типи: напіврозвантажені та повністю розвантажені.

У випадку напіврозвантаженої півосі один її кінець входить у коробку диференціала, який обертається на підшипниках, установлених у картері заднього моста. Другий кінець опирається на підшипники, розташовані в напівосьовому рукаві. На зовнішній частині півосі закріплюється маточина, на яку монтується колесо. У такій схемі частина навантажень від колеса передається безпосередньо на саму піввісь.

Повністю розвантажена піввісь конструктивно відрізняється тим, що одним кінцем вона з'єднується з коробкою диференціала, а іншим за допомогою спеціального фланця жорстко прикріплюється до маточини колеса. У цьому випадку маточина з колесом установлена на двох підшипниках, розміщених на кінці напівосьового рукава картера заднього моста. Завдяки такій конструкції основне навантаження сприймають підшипники, а не піввісь, що підвищує її довговічність і надійність.

Головна передача разом із диференціалом монтується всередині картера заднього тягового моста. Півосі розташовуються усередині напівосьових рукавів,

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

які захищають їх від механічних пошкоджень та впливу зовнішнього середовища, а також жорстко кріпляться до картера. У зібраному вигляді картер із напівосьовими рукавами утворює балку заднього моста, яка одночасно є задньою віссю з ведучими колесами та виконує роль опорної конструкції для кріплення кузова самоскида, забезпечуючи передачу всіх навантажень від дорожнього полотна на раму транспортного засобу.

Головна передача мостів у конструкції самоскида є 2-ступеневою. 1-й ступінь представлений парою конічних шестерень зі спіральним профілем зубів, які забезпечують плавність роботи та підвищену несучу здатність. 2-й ступінь складається з циліндричної пари шестерень із косими зубами, що дає змогу ефективно передавати крутний момент із меншими шумами та вібраціями.

Диференціал у зборі з конічними підшипниками монтується у спеціальних гніздах картера головної передачі. Після його встановлення на зовнішні обойми підшипників накладаються кришки, які забезпечують надійне фіксування та регулювання попереднього натягу підшипникових вузлів.

Міжосьовий диференціал конструктивно складається з передньої та задньої чашок, усередині яких розташовані конічні шестерні приводів середнього і заднього мостів. Основним його призначенням є рівномірний розподіл крутного моменту між осями ведучих мостів під час руху автомобіля.

Для забезпечення підвищеної прохідності на бездоріжжі та покращення тягових характеристик у складних дорожніх умовах (слизьке покриття, ожеледиця, глибокий сніг) у конструкцію міжосьового диференціала введено механізм примусового блокування. Він складається із зубчастих муфт, штока звилкою, діафрагмової пневматичної камери та керуючого крана. Активація цього механізму дозволяє жорстко з'єднати півосі між собою, що унеможлиблює їх відносне проковзування та забезпечує більш ефективну передачу крутного моменту на всі ведучі колеса.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Найхарактерніші несправності заднього моста

Найхарактерніші несправності заднього моста зведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Несправності заднього моста [3-5]

Причина несправності	Метод усунення
<i>Підвищений шум заднього моста</i>	
<p>При діагностиці шумів заднього моста необхідно попередньо переконатися, що джерелом сторонніх звуків є саме головна передача, оскільки подібний за характером шум може виникати й унаслідок дефектів підшипників маточини задніх коліс. На відміну від інших вузлів, шум, зумовлений несправністю головної передачі, не зникає при зміні дорожніх умов і зберігається незалежно від типу покриття.</p> <p>Шум зношеного підшипника маточини має специфічні ознаки: він чітко прослуховується на малих швидкостях руху автомобіля та зникає при легкому гальмуванні. Це пов'язано з тим, що під час гальмування навантаження на підшипниковий вузол перерозподіляється, і коливання, які викликають шум, тимчасово зменшуються. Для точного виявлення несправності рекомендується підняти домкратом кожне заднє колесо окремо та здійснити його обертання вручну. У процесі обертання потрібно перевірити стан підшипників — наявність люфту, сторонніх звуків (гулу, потрiскувань), а також плавність ходу. Такий метод дозволяє локалізувати джерело шуму та відокремити дефекти підшипників маточини від пошкоджень деталей головної передачі.</p>	
Неправильне регулювання зачеплення шестерень головної передачі за плямою контакту є однією з найпоширеніших причин підвищеного шуму, передчасного зносу та навіть поломки деталей цього вузла.	Правильне регулювання зачеплення передбачає, щоб пляма контакту розташовувалася по центру зуба і займала оптимальну площу. При цьому вона повинна бути симетричною як у поздовжньому, так і у висотному напрямках. Досягти цього можна шляхом регулювання товщини регулювальних прокладок, положення підшипників ведучої шестерні та точного виставлення зазору в зачепленні.
Збільшений бічний зазор у зачепленні ведучої та веденої шестерень виникає внаслідок експлуатаційного зносу зубців і є однією з основних причин підвищеного шуму та зниження ефективності передачі крутного моменту в головній передачі.	Провести регулювання положення шестерень у зачепленні та заміну зношених зубчастих коліс, щоб відновити оптимальний бічний зазор і забезпечити рівномірний контакт зубів по всій робочій поверхні.
Порушення регулювання підшипників у головній передачі виникає найчастіше внаслідок експлуатаційного зносу їхніх робочих поверхонь. Зношені підшипники не забезпечують правильного центрування валів і шестерень, що призводить до зміщення зубів у зачепленні та нерівномірного розподілу навантажень.	Провести перевірку люфту та попереднього натягу підшипників, оцінити ступінь зносу та при необхідності замінити або відрегулювати підшипникові вузли. Відновлення правильного регулювання забезпечує стабільне положення валів і шестерень, рівномірний контакт зубів і нормальну роботу головної передачі протягом тривалого часу.

<i>Великий кутовий люфт ведучої шестерні</i>	
Знос шліців півосі є однією з поширених несправностей трансмісії, яка безпосередньо впливає на передачу крутного моменту від диференціала до ведучих коліс. Поступове зношування шліців призводить до збільшення люфту в з'єднанні.	Для відновлення працездатності півосей застосовують ремонтні шліцеві вставки, проточування або повну заміну півосі.
Збільшений бічний зазор у зачепленні шестерень головної передачі, що виникає внаслідок експлуатаційного зносу зубців, є поширеною причиною зниження ефективності передачі крутного моменту та підвищення шуму трансмісії. При зношуванні зубів контактні поверхні шестерень скорочуються, що призводить до збільшення бічного зазору між ведучою та веденою шестернями. У результаті навантаження концентрується на обмеженій ділянці зуба.	Для усунення цієї проблеми необхідно регулювання положення шестерень у зачепленні та, при значному зносі зубів, їх відновлення або заміна. Відновлення оптимального бічного зазору забезпечує рівномірний контакт зубів, нормальну передачу крутного моменту та продовжує ресурс головної передачі.
Знос або порушення регулювання підшипників є однією з найпоширеніших причин передчасного зносу та неправильної роботи вузлів трансмісії. Підшипники забезпечують точне центрування валів і шестерень, а також рівномірний розподіл навантажень у головній передачі та диференціалі.	Для відновлення працездатності вузла необхідно перевірити попередній натяг підшипників, оцінити ступінь їх зносу та при необхідності провести регулювання або заміну підшипникових вузлів
<i>Витікання мастила через манжети ведучої шестерні маточин, а також по площині роз'єму картера</i>	
Знос фланця ведучої шестерні, втулок цапф картера моста та робочих кромок манжет ведучої шестерні маточин, а також послаблення затягування болтів кріплення картера редуктора або розриви прокладок (картера редуктора чи фланця півосі) є типовими дефектами трансмісійних вузлів, що призводять до втрати герметичності та погіршення передачі крутного моменту.	Відновити або замінити фланці ведучих шестерень та втулок цапф картера моста; провести огляд і відновлення манжет ведучої шестерні маточин, щоб забезпечити герметичність; відрегулювати і проконтролювати момент затягування болтів картера редуктора; замінити пошкоджені прокладки картера редуктора та фланців півосі.
<i>Задирки на зубцях шестерень головної передачі</i>	
Використання низькоякісного або некоректно підбраного масла у трансмісії є однією з основних причин передчасного зносу деталей головної передачі, диференціала, півосей та підшипників. Низькоякісне масло часто не забезпечує необхідні мастильні властивості, стійкість до високих температур та тискоздатність, що критично для роботи вузлів при великих навантаженнях.	Використовувати масла, рекомендовані виробником, із дотриманням правильного рівня та періодичності заміни. Вибір масла з відповідними в'язкістю, індексом в'язкості та протизносними присадками забезпечує надійне змащення, рівномірний розподіл навантажень і довговічність трансмісійних вузлів. Замінити зношені шестерні в комплекті, залити масло відповідно до Карті мащення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРМТВА 024329.01.14.ПЗ

Арк.

18

1.3 Технологічний процес розбирання головної передачі заднього моста

Для проведення розбирання головної передачі заднього моста необхідно виконати наступні операції:

– викрутити болти, що утримують стопори гайок підшипників диференціала, та демонтувати стопори 43 (див. рис. 1.3);

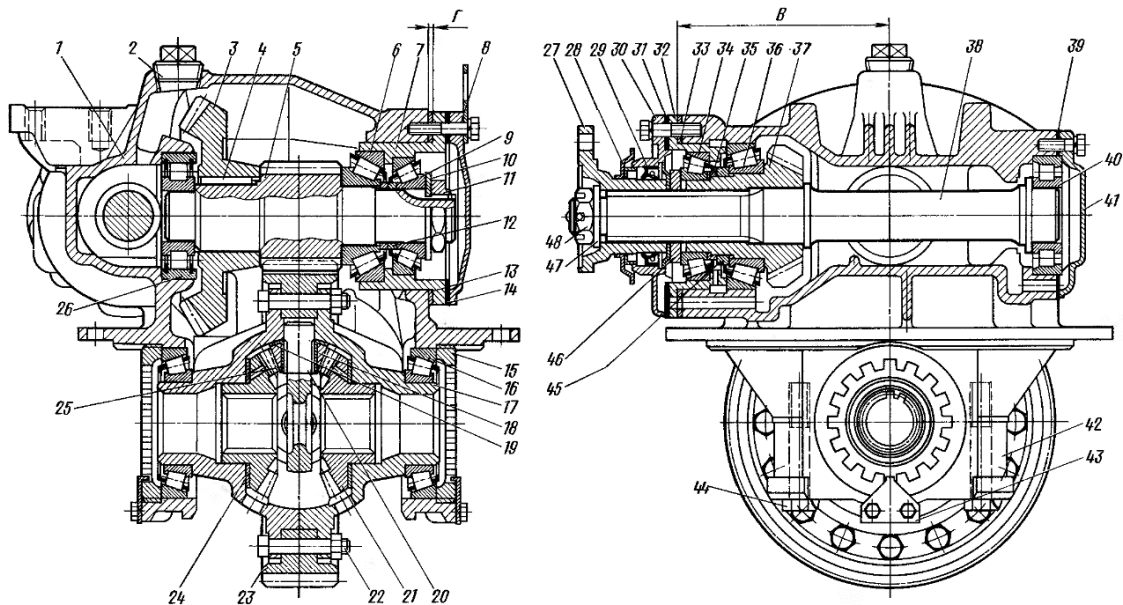


Рисунок 1.3 – Задній міст: головна передача:

1 – редуктор (картер головної передачі); 2 – пробка заливна; 3 – шестерня ведена;
4 – шпонка; 5 – шестерня ведуча; 6 і 9 і 16 – ролик-підшипники; 7 і 32 – стакан підшипників; 8 – кришка підшипника; 10 і 19 і 24 і 46 – шайби стопорні; 11 і 48 – гайки; 12 і 35 – шайби для регулювання; 13 і 33 – прокладки для регулювання; 14 – прокладка; 15 – гайка для регулювання; 17 – чашка диференціала; 18 – сателіт; 20 – хрестовина; 21 – шестерня напівосьова; 22 – болт для кріплення чашок диференціала; 23 – шестерня ведена; 25 – втулка сателіта; 26 і 40 – ролик-підшипники; 27 – фланець; 28 – відбивач; 29 – манжета; 30 – кришка; 31 і 39 – прокладки; 34 і 36 – ролик-підшипники; 37 – шестерня ведуча; 38 – вал ведучий; 41 – кришка; 42 – кришка підшипника диференціала; 43 – стопор; 44 – болт для кріплення кришки підшипника диференціала; 45 – втулка розпірна; 47 – шайба; 48 – гайка

						КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
							19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- відігнути стопорні пластини болтів, які фіксують кришки підшипників диференціала, після чого викрутити болти 44;
- зняти кришки 42, демонтувати гайки 15 і вийняти вузол диференціала з картера;
- відкрутити гайку 48 та зняти фланець 27 ведучої шестерні;
- викрутити кріпильні болти та послідовно зняти кришку 30, масловідбивач і опорну шайбу 46.

Ця послідовність операцій дозволяє правильно та без пошкоджень демонтувати головну передачу для подальшої дефектації або ремонту окремих елементів.

Розбирання головної передачі заднього моста:

1. Викрутити болти кріплення та зняти кришку 41.
2. Випресувати ведучий вал 38 у зборі з ведучою конічною шестернею.
3. Викрутити болти кріплення та зняти кришку 8.
4. Розстопорити та відкрутити гайку 11, після чого зняти опорну шайбу 10.
5. Вийняти стакан 7 у зборі з підшипником 9 та зовнішньою обоймою підшипника 6.
6. Зняти шайби 12 і вийняти вузол веденої шестерні.

Розбирання диференціала заднього моста:

1. Спресувати внутрішні кільця конічних роликотпідшипників 16 із чашок 17 диференціала.
 2. Відкрутити гайки кріплення та вийняти болти 22.
 3. Зняти чашки 17 диференціала.
 4. Демонтувати ведену циліндричну шестірню 23.
 5. Вийняти напівосьові шестерні 21.
- Зняти опорні шайби 19 і 24.

6. Витягнути сателіти 18 разом із хрестовиною 20.

Розбирання вузла ведучої конічної шестерні:

1. Зняти стакан 2 (рис. 1.4) у зборі з підшипником 11.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Демонтувати регулювальні шайби 12 та розпірну втулку 13.
3. Випресувати ведучий вал 15 заднього моста.
4. Спресувати внутрішнє кільце конічного роликопідшипника 1.

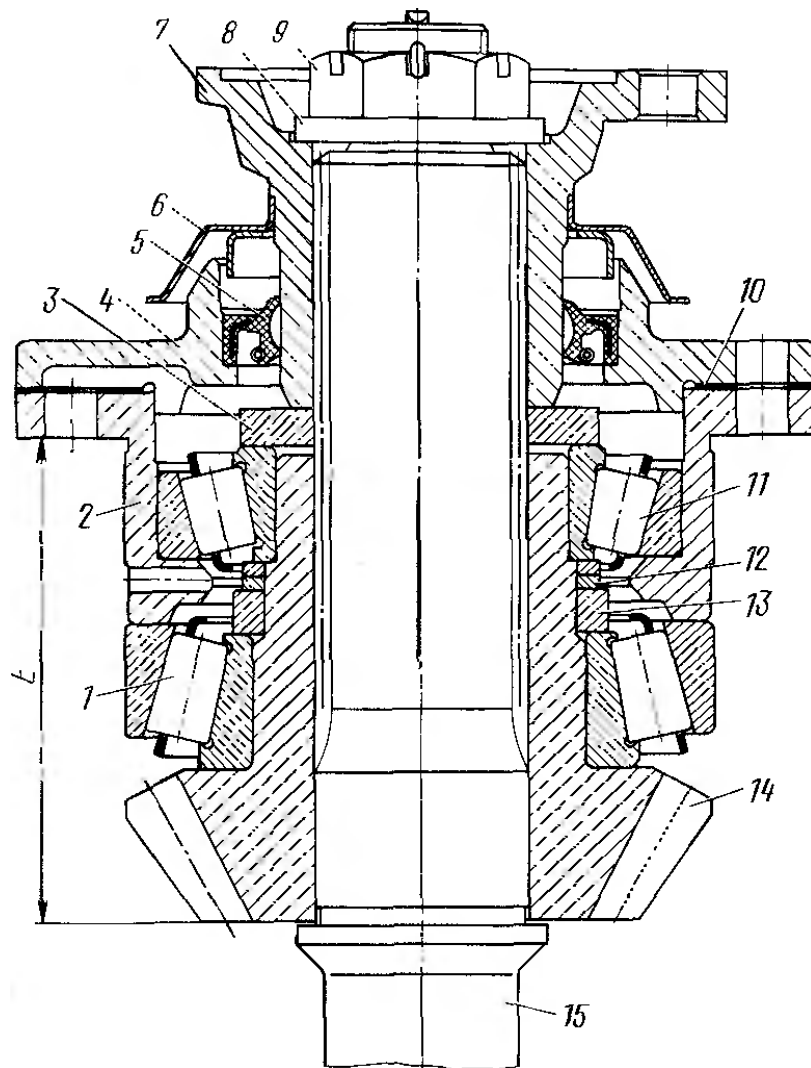


Рисунок 1.4 – Ведуча конічна шестерня головної передачі заднього моста:

1 – роликопідшипники; 2 – стакан; 3 – шайба; 4 – кришка; 5 – манжета; 6 – відбивач; 7 – фланець для ведучої шестерні; 8 – шайба; 9 – гайка; 10 – прокладка; 12 – шайба для регулювання; 13 – втулка; 14 – шестерня; 15 – ведучий вал

Розбирання вузла веденої конічної шестерні:

1. За допомогою преса спресувати ведену конічну шестерню 3 (див. рис. 1.3) у зборі з циліндричним роликопідшипником 26.
2. Вийняти шпонку 4, яка забезпечує фіксацію шестерні на валу.

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ				

3. Спресувати внутрішнє кільце конічного роликотітшипника 6 з посадочного місця.

1.4 Технологія ремонту редуктора заднього моста

Редуктори вантажних самоскидів КамАЗ є невід'ємною частиною трансмісії та виконують одну з ключових функцій — забезпечують передавання крутного моменту від ДВЗ до ведучих коліс із заданим передавальним числом. Вони належать до базових елементів силової передачі ТЗ, від працездатності й надійності яких залежать динамічні характеристики самоскида, паливна економічність, довговічність вузлів трансмісії та безпека експлуатації [3, 4].

У процесі роботи редуктори зазнають значних експлуатаційних навантажень — ударних, динамічних і теплових, які виникають при русі з повним навантаженням, подоланні бездоріжжя, різких змінах швидкості чи інтенсивному гальмуванні. Це зумовлює необхідність своєчасного ТО та проведення відновлювальних операцій, спрямованих на підтримання їх працездатності.

У практиці ремонту розглядаються кілька різновидів редукторів самоскидів КамАЗ, а саме:

- головний РЗМ, який забезпечує зміну напрямку обертання та підвищення крутного моменту;
- середній редуктор, який бере участь у передаванні моменту до проміжного мосту;
- міжосьовий редуктор, який розподіляє крутний момент між мостами й оснащений механізмом блокування для підвищення прохідності.

Кожний із зазначених типів редукторів має свої конструктивні особливості (тип зубчастої передачі, схему змащування, способи підшипникових опор), які визначають відмінності у технології діагностування, дефектації та ремонту.

Першим етапом у ТП ремонту РЗМ вантажного самоскида КамАЗ (рис. 1.5) є проведення діагностичних операцій, метою яких є встановлення фактичного технічного стану агрегату та виявлення потенційних чи вже наявних дефектів.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – РЗМ КамАЗ-65115-6058-19(L4)

До типових експлуатаційних ознак несправностей, які вимагають подальшої дефектації та ремонту, належать:

– поява сторонніх шумів (гулу, стукоту, свисту) та підвищеної вібрації під час руху, що може свідчити про порушення регулювання зачеплення або зношування зубців шестерень;

– витоки мастильних матеріалів у зоні сальників і прокладок, які виникають унаслідок зносу робочих кромek ущільнень, деформацій поверхонь фланців або ослаблення кріплень картера;

– ускладнене або неточне перемикання передач, що може бути пов'язане з підвищеним зносом зубчастих передач, зниженням жорсткості підшипникових вузлів чи порушенням їх регулювання.

Такі симптоми сигналізують про необхідність більш детальної перевірки геометрії зубчастих коліс, стану підшипників, ущільнень та правильності регулювання редуктора.

Комплекс діагностичних робіт при ТО та ремонті РЗМ самоскида КамАЗ включає [3, 4] – табл. 1.3.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 – Діагностичні роботи при ТО та ремонті РЗМ самоскида КамАЗ

Метод діагностики	Мета проведення	Очікуваний результат
Візуальний огляд корпусу та ущільнювачів	Виявлення тріщин, деформацій, місць розгерметизації чи витоку мастильного матеріалу	Фіксація механічних пошкоджень та локалізація зон можливого витоку масла
Контроль рівня та якості трансмісійного мастила	Оцінка відповідності об'єму і стану мастила нормам експлуатації	Виявлення стружки, продуктів зносу, ознак перегріву або зміни властивостей мастила
Акустична діагностика	Вимірювання інтенсивності та спектру шумів у роботі редуктора	Встановлення наявності сторонніх шумів, що вказують на дефекти зубців чи підшипників
Перевірка радіальних та осьових люфтів	Визначення стану підшипників та правильності регулювання валів	Виявлення підвищених люфтів, що свідчать про знос або розрегулювання підшипникових вузлів
Оцінка зазорів у зачепленні зубчастих коліс	Встановлення ступеня зносу зубців та коректності роботи головної передачі	Обґрунтування потреби у відновленні профілю зубців або заміні зношених деталей

Застосування системного підходу до діагностування дозволяє своєчасно локалізувати несправність, попередити розвиток вторинних дефектів та обґрунтовано вибрати оптимальну ремонтну технологію.

1.4.1 Технологія заміни сальника валу ведучої конічної шестерні

Ремонтні роботи РЗМ, як правило, передбачають заміщення зношених або пошкоджених елементів з відновленням працездатності вузла. Однією з поширених операцій є заміна сальника валу ведучої конічної шестерні. Для цього потрібно:

1. Від'єднати карданний вал від фланця редуктора.
2. Відкрутити гайку та демонтувати фланець разом із гальмівним барабаном стоянкового гальма (перед відкрученням гайки бажано нанести мітку для фіксації її початкового положення).
3. Зняти колодки стоянкового гальма для забезпечення доступу до ущільнювального вузла.

4. Відкрутити кріпильні гайки та демонтувати кришку сальника у зборі з ущільнювальним елементом.

5. Видалити зношений сальник та встановити новий, запресувавши його заодно із зовнішнім торцем кришки.

6. Виконати зворотне складання вузла у послідовності, зворотній до розбирання, з контролем моментів затягування різьбових з'єднань.

Необхідні інструменти та пристрої для відновлення герметичності РЗМ шляхом заміни зношеного сальника валу ведучої конічної шестерні:

1. Набір гайкових ключів (на 17, 19, 27).
2. Монтувальний ломик.
3. Знімач фланця.
4. Домкрат / підйомник.
5. Динамометричний ключ (для контролю моментів затягування).
6. Молоток мідний або гумовий.
7. Прес або оправка для запресування сальника.

Матеріали та запасні частини для відновлення герметичності РЗМ:

1. Новий сальник ведучої конічної шестерні.
2. Мастильний матеріал (трансмісійне масло відповідної марки).
3. Герметик або прокладковий матеріал (за потреби).
4. Ганчір'я для очищення деталей.

При цьому потрібно дотримуватись наступних вимог безпеки:

- виконувати роботи тільки при надійно зафіксованому автомобілі;
- використовувати спецодяг та захисні рукавиці;
- при роботі з пресом або знімачем дотримуватися правил техніки безпеки.

Технологічна послідовність виконання робіт для відновлення герметичності РЗМ шляхом заміни зношеного сальника валу ведучої конічної шестерні наведена у табл. 1.4.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Технологічна послідовність виконання робіт для відновлення герметичності РЗМ шляхом заміни зношеного сальника валу ведучої конічної шестерні

№	Найменування операції	Інструмент / пристрій	Примітка
1	Встановити автомобіль на оглядову яму або підйомник, зафіксувати упорами	Домкрат, упори	Безпека
2	Від'єднати карданний вал від фланця редуктора	Ключі на 17/19	–
3	Відкрутити гайку та зняти фланець з гальмівним барабаном стоянкового гальма	Ключ на 27, знімач фланця	Перед зняттям нанести мітку
4	Демонтувати колодки стоянкового гальма	Монтувальний ломик, ключ	–
5	Відкрутити гайки та зняти кришку сальника	Ключ на 17/19	–
6	Витягти зношений сальник	Знімач / викрутка	–
7	Встановити новий сальник, запресувавши його заподлице із зовнішнім торцем кришки	Прес або оправка, молоток гумовий	Попередньо змастити робочу кромку
8	Виконати зворотне складання у послідовності, протилежній розбиранню	Набір ключів, динамометричний ключ	Контроль моментів затягування
9	Заправити редуктор мастильним матеріалом до нормативного рівня	Масило, мірна ємність	–
10	Провести контрольний запуск і перевірку герметичності	–	Без витоків масла

1.4.2 Технологія зняття центрального редуктора

Необхідні інструменти та пристрої для зняття РЗМ:

- набір гайкових ключів (на 17, 19, 27);
- ємність для зливу мастила;
- монтувальний ломик;
- домкрат або підйомник;
- піднімальний візок / таль;
- викрутка, молоток мідний або гумовий.

Матеріали та допоміжні засоби для зняття РЗМ:

- трансмісійне масло (для подальшої заправки після зворотного складання) ;
- ганчір'я для очищення деталей;

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– герметик або прокладка для повторної установки редуктора.

Технологічна послідовність виконання робіт з демонтажу РЗМ з метою його подальшого ТО, дефектації або ремонту наведена у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Технологічна послідовність виконання робіт для зняття РЗМ з метою його подальшого ТО, дефектації або ремонту

№	Найменування операції	Інструмент / пристрій	Примітка
1	Злити мастило з картера заднього моста	Ємність для зливу, ключ	Повністю видалити мастило
2	Від'єднати карданний вал та зняти стояночне гальмо	Ключі, ломик	–
3	Демонтувати малі кришки колісних передач	Ключ, викрутка	–
4	Викрутити болт великої кришки колісної передачі; закручуючи його по чергово у різьбові гнізда на торцях півосей; вивести півосі з диференціала	Ключ на 19/27	Акуратно, щоб не пошкодити шліци
5	Відкрутити гайки шпильок кріплення редуктора до картера моста	Набір ключів	–
6	Зняти редуктор із картера моста за допомогою піднімального візка або талі	Піднімальний візок / підйомник	Дотримуватись правил безпеки

Вимоги безпеки при виконанні робіт для зняття РЗМ з метою його подальшого ТО, дефектації або ремонту:

- самоскид має бути надійно встановлений на оглядовій ямі або підйомнику;
- перед зливанням мастила переконатися, що воно охоллоло до безпечної температури;
- використовувати захисні рукавиці та спецодяг;
- при зніманні редуктора застосовувати піднімальний візок, щоб уникнути травм через значну масу агрегату.

1.4.3 Технологічна послідовність виконання робіт з розбирання редуктора

Технологічна послідовність виконання робіт з розбирання РЗМ для проведення дефектації, ремонту або заміни зношених деталей наведена у табл. 1.6.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.6 – Технологічна послідовність виконання робіт з розбирання РЗМ для проведення дефектації, ремонту або заміни зношених деталей

№	Найменування операції	Інструмент / пристрій	Примітка
1	Зняти вал ведучої конічної шестерні з підшипниками у зборі	Лещата, монтажні накладки	–
2	Відкрутити гайки підшипників диференціала	Ключі	–
3	Зняти кришки підшипників та вийняти диференціал	Ключі, монтажна лопатка	–
4	Відкрутити гайки шпильок кріплення чашок диференціала, розкрити диференціал: зняти сателіти, напівосьові шестерні, упорні шайби	Ключі, монтажні інструменти	–
5	При необхідності зняти підшипники диференціала	Прес, оправки	–
6	Затиснути вал ведучої шестерні в лещатах з м'якими накладками та зняти фланець валу ведучої шестерні, масловідбивач і кришку із сальником	Лещата, мідний молоток	–
7	Зняти картер підшипників валу ведучої шестерні з підшипниками	Прес, монтажні інструменти	–
8	Випресувати внутрішнє кільце та внутрішні конічні підшипники з хвостовика валу ведучої шестерні	Прес, обойма для шестерні	Шестерню з півкільцями помістити у обойму
9	Зняти циліндричний роликовий підшипник, попередньо видаливши стопорне кільце	Знімач стопорного кільця, прес	–
10	При необхідності випресувати зовнішні обойми підшипників валу ведучої шестерні з картера підшипників	Прес, оправки	–

При цьому допускається зношування:

- шийок хрестовини до $\varnothing 24,88$ мм;
- отворів втулок сателітів до $\varnothing 25,06$ мм;
- отворів у чашках диференціала під хрестовину до $\varnothing 25$ мм.

У разі перевищення цих меж або ослаблення посадки втулки сателіта вона підлягає обов'язковій заміні. Нову втулку після запресовування в корпус сателіта обробляють до робочого $\varnothing 25,000 \pm 0,045$ мм. При необхідності чашки

диференціала замінюють комплектно, забезпечуючи правильну посадку і точність зачеплення зубчастих передач.

Вимоги безпеки для виконання робіт з розбирання РЗМ для проведення дефектації, ремонту або заміни зношених деталей наступні:

- виконувати роботи при надійно зафіксованому редукторі;
- використовувати захисні рукавиці та спецодяг;
- при роботі з пресом або лещатами дотримуватися правил ТБ.

1.4.4 Технологія складання редуктора

Під час складання редуктора посадкові спряжені поверхні змащують відповідним трансмісійним мастилом, ущільнювальні прокладки обробляють пастою або нітрофарбовим складом, а робочі кромки сальників змащують солідолом. Підшипники перед установкою підлягають очищенню та промиванню бензином для видалення забруднень і старого мастила.

1.4.4.1 Складання валу ведучої шестерні й диференціала

Призначення операції: відновлення працездатності РЗМ шляхом повного складання вузлів із заміною зношених деталей, регулюванням підшипників та герметизацією посадкових з'єднань.

Необхідні інструменти та пристрої:

- прес або оправки для запресування підшипників;
- лещата з м'якими накладками;
- набір гайкових ключів (на 17, 19, 27);
- динамометричний ключ;
- монтувальний ломик, викрутки;
- молоток гумовий або мідний;
- знімач стопорних кілець.

Матеріали та витратні частини:

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підшипники (конічні, циліндричні роликові);
- сальники, ущільнювальні прокладки, розпірні кільця, регулювальні шайби;
- трансмісійне мастило;
- солідол (для сальників);
- мастило для підшипників;
- бензин для промивання підшипників;
- герметик або нітрофарба для ущільнень.

Технологічна послідовність складання РЗМ КамАЗ наведена у табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технологічна послідовність виконання робіт з розбирання РЗМ для проведення дефектації, ремонту або заміни зношених деталей

№	Операція	Інструмент / пристрій	Матеріали / мастило	Примітка
1	Запресувати зовнішні обойми підшипників у картер підшипників до упору в середній буртик	Прес, нагрівач	Мастило	Картер нагріти до 60–70°C
2	Запресувати сальник у кришку картера підшипників заодно з торцем	Прес, оправка	Солідол	–
3	Напресувати внутрішній конічний підшипник на вал ведучої шестерні до упору в буртик	Прес, лещата	Мастило	–
4	Напресувати роликовий циліндричний підшипник на малий хвостовик шестерні та зафіксувати пружинним кільцем	Прес, знімач кільце	Мастило	–
5	Встановити на вал шестерні розпірне кільце та регулювальну шайбу, розмістити шестерню у картері підшипників	Монтажні інструменти	Мастило	–
6	Встановити другий конічний підшипник, масловідбивач, фланець карданного валу, шайбу та закрутити гайку фланця	Ключ, динамометричний ключ	Мастило	Закрутити гайку до упору
7	Відрегулювати конічні	Динамометричний	Мастило	Контроль

№	Операція	Інструмент / пристрій	Матеріали / мастило	Примітка
	підшипники з попереднім натягом	ключ, індикатор годинникового типу		плавності обертання та точності установки
8	Промити підшипники перед установкою	Бензин	–	Видалити старе мастило та забруднення
9	Змастити посадкові спряжені поверхні, ущільнювальні прокладки та робочі кромки сальників	Пензель, шпатель	Мастило, паста/нітрофарба, солідол	Забезпечити герметичність вузлів

Вимоги безпеки при складанні РЗМ КамАЗ:

- виконувати роботи на надійно закріпленому редукторі;
- використовувати спецодяг, рукавиці та окуляри–
- при роботі з пресом та лещатами дотримуватись правил ТБ;
- забезпечити правильне позиціонування вузлів під час запресовування підшипників та установки сальників.

1.4.4.2 Складання диференціала

Складання диференціала проводять з перевіркою правильності установки напівосьових шестерень, сателітів і підшипників, а також контролем бічного зазору для забезпечення плавної роботи і тривалого ресурсу вузла.

Технологічна послідовність складання диференціала РЗМ наведена у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Технологічна послідовність складання диференціала РЗМ

№	Операція	Інструмент / пристрій	Матеріали / мастило	Примітка
1	Напресувати підшипник на праву чашку диференціала до упору	Прес	Мастило	–
2	Закрутити в праву чашку шпильки	Ключ	–	Закручування

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№	Операція	Інструмент / пристрій	Матеріали / мастило	Примітка
	кріплення чашок до упору останньої нитки різьби			виконувати рівномірно
3	Вкласти сталеву та опорну шайбу напівосьової шестерні у праву чашку	–	Мастило	–
4	Встановити напівосьову шестерню у розточення правої чашки	–	Рідке мастило	Шестерня повинна легко обертатися від руки
5	Змастити рідким мастилом цапфи хрестовини диференціала та надіти упорне кільце, сателіти з втулками й опорні шайби	–	Рідке мастило	–
6	Установити хрестовину із сателітами й шайбами у гнізда шипів правої чашки, розташувавши вусики опорних шайб у пази	–	Мастило	–
7	Перевірити бічний зазор між зубами напівосьових шестерень і сателітів: 0,60–0,80 мм	Щуп	–	–
8	Напресувати підшипник у ліву чашку диференціала до упору	Прес	Мастило	–
9	Встановити сталеву та опорну шайби й напівосьову шестерню в ліву чашку (аналогічно правій)	–	Мастило	–
10	Перенести на ліву чашку хрестовину із сателітами й шайбами і перевірити бічний зазор	Щуп	–	Зазор повинен бути 0,60–0,80 мм
11	Установити хрестовини із сателітами й шайбами у праву чашку коробки диференціала	–	Мастило	При обертанні 1-го або 2-ох сателітів інші повинні обертатися
12	Притримуючи пальцями через отвір для півосі напівосьову шестерню лівої чашки, поставити ліву чашку на праву та надіти на шпильки	–	–	Сполучити відповідно номера комплекту чашок
13	Виміряти щупом зазор між напівосьовою шестернею й опорною шайбою через два вільні отвори на лівій чашці: 0,70–1,40 мм	Щуп	–	Різниця між діаметрально протилежними місцями $\leq 0,20$ мм
14	Вставити шліцьову оправку в одну з напівосьових шестерень та зробити кілька обертів	Шліцьова оправка	–	Шестерні повинні обертатися легко, без стукотів та заїдань

Вимоги безпеки при складанні диференціала РЗМ:

- виконувати роботи на надійно зафіксованому редукторі;
- використовувати захисні рукавиці та спецодяг;

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечити чистоту робочих поверхонь та правильне мастило всіх вузлів;
- контролювати правильність установки підшипників і шайб для запобігання перекосів і передчасного зносу.

1.4.4.3 Остаточне складання редуктора заднього моста

Остаточне складання редуктора проводять після монтажу валу ведучої шестерні та диференціала, включаючи встановлення корпусу, регулювання підшипників і зачеплення конічних шестерень для забезпечення правильного функціонування вузла.

Технологічна послідовність остаточного складання диференціала РЗМ наведена у табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Технологічна послідовність остаточного складання диференціала РЗМ

№	Операція	Інструмент / пристрій	Матеріали / мастило	Примітка
1	Встановити картер редуктора на пристосування передньою горловиною долілиць	Підйомник/пристрій	–	Забезпечити стійкість та доступ до вузлів
2	Змастити підшипники диференціала невеликою кількістю рідкого мастила, надягти зовнішні обойми	Прес	Мастило	–
3	Установити складений диференціал у гнізда підшипників у картері	–	Мастило	–
4	Установити на шпильки центруючі втулки, поставити кришки підшипників і затягнути гайки шпильок до упору, після чого виконати шплінтування	Ключ, шплінт	–	–
5	Виконати регулювання підшипників диференціала з попереднім натягом	Динамометричний ключ	Мастило	Контроль плавності обертання
6	Повернути картер для установки валу ведучої шестерні	–	–	Забезпечити правильне положення для монтажу
7	Виконати регулювання зачеплення	Щуп, ключі	Мастило	Контроль зазору та

№	Операція	Інструмент / пристрій	Матеріали / мастило	Примітка
	конічних шестерень			плавності обертання
8	Затягнути всі гайки шпильок кріплення фланця картера підшипників валу ведучої шестерні до картера редуктора	Динамометричний ключ	Мастило	–
9	Установити стопори регулювальних гайок підшипників та затиснути їхні болти	Ключі, шплінти	–	–
10	Закрутити обмежник деформації веденої шестерні до упору в шестерню, потім відпустити на 1/10–1/12 оберту (за допомогою щупа забезпечити зазор 0,15–0,20 мм) і затягнути контргайку	Ключі, щуп	–	Контроль точного зазору для запобігання передчасному зносу

Вимоги безпеки при остаточному складанні диференціала РЗМ:

- виконувати роботи на надійно зафіксованому редукторі;
- використовувати спецодяг, рукавиці та окуляри;
- контролювати чистоту робочих поверхонь і мастильних матеріалів;
- забезпечити точне регулювання підшипників і зачеплення шестерень для запобігання пошкодженню вузлів.

РЗМ на самоскид встановлюють у послідовності, зворотній зніманню.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Аналіз стендів для ремонту редукторів заднього моста та проєктування відповідного стенду для самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)

2.1 Призначення стендів для ремонту агрегатів автомобілів

Стенди для ремонту АГ застосовуються з метою забезпечення максимально зручних і безпечних умов під час виконання операцій з розбирання, складання, діагностики та ТО вузлів ТЗ, таких як ДВЗ, механічні КПП, редуктори та інші компоненти трансмісії [6-8].

Завдяки конструктивним особливостям стендів АГ можуть бути жорстко зафіксовані та надійно утримуватись у потрібному положенні, що виключає можливість їхнього самовільного переміщення або падіння. Крім того, більшість стендів обладнані механізмом повороту з фіксатором, який дозволяє оператору змінювати просторове положення АГ, забезпечуючи вільний доступ до будь-якої поверхні чи елемента вузла без додаткових переміщень.

Додатковою перевагою сучасних стендів є наявність спеціальних піддонів для збору відпрацьованих технічних рідин (мастила, охолоджувальної рідини тощо), а також ґраток для уловлювання дрібних деталей, що знижує ризик забруднення робочого місця й підвищує рівень охайності та екологічної безпеки ремонту.

Таким чином, використання стендів не лише підвищує продуктивність праці та якість виконуваних ремонтних робіт, а й мінімізує фізичні навантаження на персонал, роблячи процес обслуговування АГ більш раціональним, безпечним і технологічно досконалим. Застосування стендів у процесі ремонту АГ також дозволяє суттєво скорочувати трудомісткість робіт і знижувати час, необхідний для виконання технологічних операцій.

Стенди для ремонту поділяються за своїм функціональним призначенням і можуть мати різні типи та конструктивні виконання. Основними факторами, які визначають їх конструкцію, є габаритні розміри агрегату, його маса, особливості конструкції та принцип дії.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незалежно від сфери застосування, будь-який стенд для ремонту АГ повинен бути розрахований на значні статичні та динамічні навантаження, мати підвищену жорсткість і міцність, а також забезпечувати безпеку та зручність виконання операцій персоналом.

Залежно від призначення, усі роботи на стендах можна умовно поділити на такі групи:

- проведення випробувань різних типів (гідравлічних, втомних, тимчасових на герметичність);
- локалізація та усунення протікань;
- виявлення дефектів та пошкоджень;
- заміна зношених деталей і вузлів;
- розбирання агрегатів;
- складання агрегатів після ремонту.

При виборі конкретної моделі стенду необхідно враховувати його тип. Універсальні стенди є найбільш практичними для застосування в умовах автосервісу, оскільки вони сумісні з різними моделями автомобілів та агрегатів, забезпечуючи гнучкість у використанні та економічну доцільність.

2.2 Аналіз стендів для ремонту агрегатів автомобілів

Процес розбирання та збирання АГ традиційно вимагає значних фізичних зусиль від персоналу, що суттєво впливає на продуктивність праці та якість виконання робіт. Застосування засобів механізації, спеціально розроблених для проведення ремонтних операцій, дозволяє істотно полегшити фізичне навантаження на працівників і помітно знизити трудомісткість усього процесу. До таких засобів належать, насамперед, стенди для розбирання та збирання АГ [6-8].

Ці пристрої мають відносно просту конструкцію, відзначаються легкістю у використанні, а також надійністю під час експлуатації. Вони можуть відрізнятися між собою конструктивними деталями або брендом виробника, але виконують однакові базові функції. У практиці ТО вони часто відомі під назвою кантувателі,

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що більш точно відображає їхнє основне призначення – змінювати положення агрегатів у просторі та надійно їх фіксувати в необхідному робочому положенні.

Завдяки використанню кантувателів можна виконувати такі базові операції: підйом і утримання агрегату у підвішеному стані; обертання та зміна положення вузла під різними кутами; надійна фіксація для забезпечення зручного доступу до будь-якої частини агрегату.

Практичний досвід і різні джерела свідчать, що застосування таких стендів дозволяє скоротити загальний час, необхідний на розбирання і складання агрегатів, у середньому в 1,5-2,0 рази, що робить їх надзвичайно ефективними у виробничому процесі [6-8].

Здебільшого стенди знаходять застосування на авторемонтних підприємствах та у великих автосервісних центрах, де ремонт агрегатів здійснюється поточним методом. Сучасні стенди відзначаються високою універсальністю, простотою обслуговування та зручністю експлуатації, що робить їх незамінним інструментом для підвищення ефективності ремонтних робіт.

Стенд для розбирання та збирання АГ повинен відповідати ряду технічних та експлуатаційних вимог, які забезпечують його надійність, універсальність та зручність у використанні:

1. Універсальність конструкції – стенд має підходити для ремонту ДВЗ та агрегатів різних марок і моделей, забезпечуючи можливість роботи з широким спектром техніки.

2. Зручність монтажу – конструкція повинна забезпечувати простоту установки й надійне кріплення ремонтованих ДВЗ або АГ, що скорочує час підготовчих операцій.

3. Виробнича доступність – стенд має бути таким, щоб його можна було виготовити на власній ремонтній базі підприємства з використанням стандартних матеріалів і вузлів (виняток становлять складні елементи, такі як редуктор чи лебідка, які зазвичай закуповуються окремо).

4. Захист робочої зони – під час роботи повинно бути передбачено уловлювання або відведення відпрацьованого мастила, бруду й інших

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатаційних рідин, які стікають з внутрішніх поверхонь розібраного ДВЗ, з метою підтримання чистоти та екологічної безпеки робочого місця.

Таким чином, правильно сконструйований стенд не лише полегшує виконання ремонтних операцій, а й сприяє підвищенню продуктивності праці та забезпечує безпечні умови роботи персоналу.

2.2.1 Стенд-кантувальник N30057

Стенд-кантувальник N30057 призначений для полегшення процесу розбирання/складання ДВЗ. Оснащений 4-мя регульованими кронштейнами для зручності вивішування та обслуговування ДВЗ (рис. 2.1). Обертання і позиціонування в межах 360°. Висота опорного візка дозволяє встановити кантувальник впритул до моторного відсіку автомобіля [7].



Рисунок 2.1 – Стенд-кантувальник N30057

2.2.2 Універсальний стенд NORDBERG N30160R

Універсальний стенд NORDBERG N30160R служить для вивішування ДВЗ, КПП, заднього моста або будь-якого іншого агрегату або вузла вантажного ТЗ з метою проведення робіт з діагностика та ремонту (складанню, розбиранню) – рис. 2.2 [9].

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Універсальний стенд NORDBERG N30160R

Основні переваги стенду:

1. Вантажопідйомність кантувальника 1600 кг.
2. Оснащений потужним заводським редуктором з високим крутним моментом 520 Нм і самогальмуючим механізмом, який дозволяє повернути кронштейн під будь-яким кутом і зафіксувати в цьому положенні без додаткового стопора.
3. Центральний вал встановлений на ковзаючих підшипниках і змащується через прес-маслянки.

2.2.3 Універсальний стенд Р-770Е для розбирання/збирання двигунів та інших агрегатів

Розглянемо основні переваги стенду для розбирання ДВЗ та інших агрегатів на прикладі моделі Р-770Е [10-12] – рис. 2.3, табл. 2.1 і 2.2.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Універсальний стенд Р-770Е для розбирання/збирання ДВЗ та інших агрегатів

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики стенду-кантувальника Р-770Е

Тип	стаціонарний
Вантажопідйомність, кг	2000,0
Спосіб повороту	Електродвигуном через черв'ячний редуктор
Кут повороту агрегату, град.	360,0
Напруга живлення, В	380,0
Встановлена потужність, кВт	0,75
Частота обертання шпинделя (траверси), хв ⁻¹ , не більше	2,50
Габаритні розміри, мм, не більше:	
- довжина	2282,0
- ширина	1060,0
- висота	1425,0
Маса, кг, не більше	460,0
Термін служби, років	8,0
Ресурс до середнього ремонту, год.	3000,0

Таблиця 2.2 – Основні переваги стенду для розбирання двигунів та інших агрегатів на прикладі моделі Р-770Е

Конструктивна особливість / характеристика	Призначення	Значення для роботи
Наявність встановлюваної кювети для технічних рідин	Забезпечує збирання або тимчасове зберігання відпрацьованих мастил і рідин під час ремонту агрегатів	Підвищує екологічну безпеку та чистоту робочого місця, запобігає витіканню рідин на підлогу
Зручна розбірна рама	Дозволяє швидко розбирати або транспортувати стенд у разі потреби	Полегшує монтаж, демонтаж і переміщення обладнання, спрощує ТО

Конструктивна особливість / характеристика	Призначення	Значення для роботи
Черв'ячний редуктор із функцією самогальмування	Сприяє плавному розвороту агрегату та його фіксації в обраному положенні без зсуву	Забезпечує безпечну роботу механіка, дозволяє точно позиціонувати агрегат під час ремонту
Універсальні адаптери	Служать для кріплення різних типів агрегатів вагою до 2 тон	Розширюють функціональні можливості станду, роблячи його універсальним для різних моделей ТЗ
Маса станду – 250 кг	Забезпечує необхідну стійкість конструкції під час роботи з важкими агрегатами	Підвищує безпеку експлуатації, запобігає перекиданню або зміщенню станду
Комфорт у роботі з обладнанням	Дає змогу механіку працювати в оптимальному положенні, з можливістю огляду агрегату з усіх боків	Зменшує фізичне навантаження, підвищує продуктивність і точність виконання ремонтних операцій
Ефективність роботи станду	Забезпечує високий рівень якості ремонтних робіт на всіх етапах обслуговування агрегату	Підвищує довговічність, надійність і працездатність відремонтованих агрегатів

2.2.4 Стенд-кантувальник Р-500Е

Стенд для збирання-розбирання автомобільних ДВЗ та агрегатів Р-500Е призначений для ремонтних підрозділів АТП [13-17] – рис. 2.4, табл. 2.3.



Рисунок 2.4 – Стенд- кантувальник Р-500Е

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики стенду-кантувальника Р-500Е

Спосіб повороту	вручну через черв'ячний редуктор
Зусилля на рукоятці, Н, не більше	200,0
Вантажопідйомність, кг	до 500,0
Габаритні розміри, мм, не більше:	
- довжина	1195,0
- ширина	791,0
- висота	1050,0
Маса, кг, не більше	169,0

Стенд для ремонту та обслуговування агрегатів, окрім своєї високої надійності й міцності конструкції, вирізняється низкою вагомих переваг, які підвищують зручність і якість виконання технічних робіт (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Переваги та недоліки стенду-кантувальника Р-500Е

Параметр	Суть	Вплив на роботу
Універсальні адаптери	Забезпечують можливість легкого встановлення на стенд будь-якого типу ДВЗ, КПП, заднього моста чи іншого вузла масою до 500 кг	Підвищують універсальність і функціональність стенду, дозволяючи використовувати його для різних агрегатів
Самогальмівний черв'ячний редуктор	Дає змогу повертати та фіксувати агрегат у зручному положенні для виконання ремонтних робіт	Забезпечує безпечність і комфорт під час ТО, підвищує якість виконання робіт
Піддон для збору технічних рідин	Призначений для збирання мастил і робочих рідин під час розбирання або ремонту вузлів	Підтримує чистоту робочого місця, запобігає забрудненню підлоги та відповідає екологічним вимогам
П-подібна форма основи (недолік)	Широка основа обмежує можливість слюсаря розташуватися близько до агрегату	Зменшує ергономічність робочого процесу, змушує виконувати частину операцій на відстані, що може вплинути на зручність і точність робіт

2.2.5 Стенди для ремонту редукторів задніх мостів автомобілів

2.2.5.1 Стенд для розбирання і складання редукторів задніх мостів автомобілів Б252АМ

Стенд Б252АМ призначений для складання та розбирання РЗМ [18]. Дані пристрої застосовуються на промислових підприємствах, на СТО, у парках

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автобусів та автомобілів, а також у спеціалізованих майстернях і навчальних лабораторіях. Конструкція Б252АМ виготовлена з високоякісної, міцної сталі, яка додатково покривається полімерно-порошковою фарбою, що забезпечує надійний захист від корозії, механічних пошкоджень та передчасного зносу.

Стенд обладнаний двома лотками для деталей та інструментів, що значно підвищує зручність робіт, а також спеціальною педаллю для обертання робочої платформи, на яку встановлюється РЗМ. Сам РЗМ фіксується за допомогою спеціальних кріплень, що забезпечує його стабільне положення під час монтажних та демонтажних операцій.

Пристрій Б252АМ відповідає сучасним стандартам якості та безпеки, має високий рівень ергономіки та зручний у використанні для механіків та операторів. Використання такого стенду дозволяє значно спростити технологічні операції, підвищити ефективність роботи та мінімізувати ризик пошкодження як РЗМ, так й інструменту (рис. 2.5, табл. 2.5).



Рисунок 2.5 – Стенд Б252АМ

Таблиця 2.5 – Характеристики стенду Б252АМ

Найменування, од. виміру	Значення
Тип	переносний
Максимальна маса встановлюваних на стенд РЗМ, кг	260,0
Кількість положень столу стенду, що фіксуються	8,0
Привід повороту столу	ножний
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	905х1255х910
Маса, кг	60,0

2.2.5.2 Стенд для розбирання і складання редукторів задніх мостів Р-620

Стенд для ремонту РЗМ Р-620 призначений для ефективного, надійного та швидкого виконання операцій із розбирання і складання РЗМ автомобілів марок КамАЗ, ЗІЛ та інших подібних ТЗ. Завдяки своїй конструктивній простоті, міцності та зручності в експлуатації, стенд забезпечує високу якість проведення ремонтних робіт, що суттєво зменшує час ТО. Таке обладнання широко застосовується не лише у шиномонтажних і автослюсарних майстернях, але й у виробничих цехах АТП, сервісних станціях, а також у навчальних майстернях технічних закладів для відпрацювання навичок ремонту РЗМ (рис. 2.6, табл. 2.6).



Рисунок 2.6 – Стенд Р-620

Таблиця 2.6 – Характеристики стенду Р-620

Найменування	Значення
Тип	стаціонарний
Вид приводу	ручний
Розміри габаритні (ДхШхВ), мм	860х650х1000
Вага, кг	80,0

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стенд виготовляється з високоякісного, міцного металу, суцільнозварна конструкція якого здатна витримувати значну вагу РЗМ ТЗ марок КамАЗ і ЗІЛ, забезпечуючи надійність та стабільність під час роботи. Поверхня конструкції покривається зносостійкою полімерно-порошковою фарбою, яка ефективно захищає обладнання від корозії, механічних пошкоджень і впливу агресивного середовища, що значно продовжує термін його експлуатації.

Стенд призначений не лише для виконання ремонтних операцій РЗМ, але й для очищення, перевірки технічного стану та діагностичного обслуговування агрегатів.

Приведення механізму в дію здійснюється за допомогою ручного приводу, який забезпечує контрольоване та безпечне обертання вузла під час роботи.

У нижній частині стенду розташований збірний піддон, призначений для відведення і збирання робочих рідин, мастила чи інших технічних залишків з РЗМ.

Приведення у дію робочого механізму здійснюється за допомогою ручного приводу, який дозволяє плавно обертати та фіксувати РЗМ у потрібному положенні. Така система приводу відрізняється простотою, надійністю та зручністю в експлуатації, забезпечуючи безпечне керування процесом ремонту.

Також завдяки такій конструкції обслуговування виконується ретельно, акуратно та з високим рівнем точності, що дозволяє не пропустити жодної деталі під час перевірки та ремонту.

Недоліки стенду Р-620:

1. Стационарна модель стенду Р-620 має досить великі габаритні розміри та значну масу, що обумовлено необхідністю роботи з масивними РЗМ та вузлами великогабаритної техніки. Така конструкція забезпечує високу стійкість і надійність під час виконання ремонтних операцій, однак через свою масивність обладнання не призначене для частого переміщення або транспортування в межах майстерні.

2. Стенд використовується переважно у стаціонарних умовах автосервісів чи ремонтних цехів, де здійснюються роботи з ТО і регулювання важких агрегатів.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Проектування стенду для ремонту редуктора заднього моста самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4)

2.3.1 Розробка конструкції стенду

Пропонована конструкція стенду для випробування та демонстрації роботи мостів вантажних автомобілів складається з наступних основних вузлів (рис. Б1):

1. Рама стенду (1) виготовлена із зварених сталевих трубних профілів квадратного та прямокутного перерізу. Вона забезпечує жорстку геометричну конструкцію для сприйняття динамічних, ударних та крутних навантажень. На рамі передбачені опорні стійки для установки моста та монтажних вузлів.

2. Міст (2) встановлений у верхній частині рами. Він забезпечує моделювання роботи заднього або моста ТЗ. Міст закріплений у поворотних опорах (3), які імітують підшипникове кріплення та дозволяють обертання моста у вертикальній і горизонтальній площинах.

3. Фланцеве кріплення моста (4) – міст зварений між двома фланцями, які створюють зміщення осі моста від осі повороту стенду. Це забезпечує точне відтворення крутного моменту, що діє на ведучі та ведені колеса під час випробувань.

4. Гальмівний механізм (6) встановлений на правій стійці рами. Він моделює роботу системи гальмування автомобільного моста, включаючи роботу колодок по барабану, передачу сили на ведучі колеса та контроль гальмівного моменту.

5. Точки кріплення та регулювання:

– опори моста забезпечують встановлення підшипників і можливість зміни кута нахилу осі;

– фланці дозволяють зміщувати вісь моста відносно поворотного центра для симуляції робочих крутних моментів;

– на стійках передбачені монтажні отвори для встановлення датчиків навантаження та вимірювальної апаратури.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2 Функціональні можливості стенду

Функціональні можливості стенду наступні:

1. Імітація крутного моменту та осьових навантажень на ведучі та ведені колеса.
2. Перевірка роботи підшипникових вузлів і диференціала під реальними навантаженнями.
3. Моделювання роботи гальмівної системи моста в динамічних режимах.
4. Вимірювання сили на підшипниках, крутного моменту і бічного зазору зубчастих передач.
5. Підготовка стенду до навчальних демонстрацій і лабораторних досліджень.

2.3.3 Додаткові технічні рішення

1. Встановлення регулювальних штифтів для контролю кута повороту моста.
2. Можливість заміни опорних підшипників для дослідження зносу та навантаження.
3. Використання датчиків сили, крутного моменту та переміщень для реєстрації характеристик моста під навантаженням.

2.3.4 Технологія виконання робіт на стенді

Ремонтований РЗМ подають до стенду за допомогою вантажопідйомного пристрою, після чого оператор натискає на важіль 7 (рис. Б.1), який розмикає гальмівний механізм 6, дозволяючи обертати міст 2 вручну за допомогою колеса 4. Обертання моста дозволяє оператору встановити РЗМ у максимально зручне положення для його монтажу на посадкові місця моста.

Для зменшення фізичної сили оператора при повороті мосту в конструкції стенду передбачено зміщення осей повороту відносно осі моста, що переносить центр ваги агрегату на вісь повороту і забезпечує легкість маніпуляцій з РЗМ.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Редуктор фіксується на мості мінімум трьома болтами М8, що гарантує надійну його фіксацію під час проведення ремонтних операцій.

Після закріплення РЗМ вантажопідіймальний механізм відводиться із зони роботи оператора. Оператор виконує всі необхідні ремонтні роботи, при необхідності повертаючи РЗМ навколо осі опори 3. Для цього знову розмикається фіксатор 6, РЗМ обертається, а рух контролюється вручну за допомогою важеля 7.

Після завершення ремонту РЗМ знімається у зворотному порядку монтажу, переноситься талею на спеціальну транспортний візок для подальшого переміщення. Після закінчення робочої зміни з поверхонь стенду та підлоги усуваються залишки бруду та відпрацьованого мастила, а робочі поверхні протираються масляною ганчіркою, забезпечуючи чистоту та безпеку робочої зони.

2.3.5 Конструкція опор повороту моста

Опора повороту моста (рис. Б.2) є вузлом, що складається із зварного корпусу 1, у який вставляються поворотні вали 2 (вони підтримують міст стенду 3). Між валами та корпусом встановлено дистанційне кільце 4, яке забезпечує точне центрування моста і виключає його бокове зміщення під час обертання.

На кінцях валів приварені пластини 8, призначені для зміщення центру ваги РЗМ до осі обертання, що зменшує силу оператора при маніпуляціях з мостом. Корпус 1 опори оснащений привареними фланцями 5, через які здійснюється болтове кріплення 7 до стоек 6 рам стенду, забезпечуючи жорстку фіксацію вузла під час експлуатації.

Міст обертається в корпусі 1 навколо осей валів 2, а торцеві пластини 8 з'єднують міст із валами, забезпечуючи стабільність положення РЗМ та запобігаючи люфтам. Для виключення «ходіння» моста між стойками 6 з обох боків встановлені дистанційні кільця 4, які гарантують точну фіксацію в осьовому напрямку.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для проведення ремонтних робіт або первинної збірки вузла достатньо розкрутити болтове кріплення 7, після чого корпуси 1 опор знімаються з валів моста, забезпечуючи вільний доступ до РЗМ та внутрішніх вузлів моста без необхідності демонтажу всієї конструкції стенду.

2.3.6 Будова системи фіксації обертання моста

Система фіксації обертання моста (рис. Б.3) складається з 2-х основних елементів — верхньої та нижньої частин, з'єднаних між собою фіксувальним пальцем 6.

Верхня частина системи представлена обертовим колесом-диском 1, виготовленим із товстолистової конструкційної сталі, яке нерухомо закріплене на валу 3 за допомогою штифта 4. Праворуч від диска приварений каркас колеса, виконаний із сталевого прутка $\varnothing 10,0$ мм, який забезпечує жорсткість та зручність обертання. На диску по радіусу виконано 8 отворів під фіксувальний палець 6, що дозволяє встановлювати диск у певних фіксованих положеннях.

Нижня частина системи включає приварний кронштейн 11, закріплений на рамі стенду, в якому встановлена вісь 10. На осі змонтований важіль 8, притиснутий пружиною 9, яка утримує його у включеному положенні. Кінець важеля шарнірно пов'язаний з фіксувальним пальцем 6 через вісь 7, забезпечуючи синхронну роботу обох частин системи.

Фіксувальний палець 6 встановлений у корпус 5, який приварений до стійки 12 стенду. Корпус виготовлений із сталевого швелера з двома ввареними перегородками, через які палець проходить, виконуючи функцію направляючого механізму та забезпечуючи точне та безпечне фіксування обертання моста.

Під час експлуатації ремонтного стенду фіксувальний механізм обертання моста постійно перебуває у включеному стані. У цьому положенні диск 1 надійно зафіксований у корпусі, важіль 8 знаходиться в крайньому лівому положенні рукоятки і постійно напружений пружиною 9, що забезпечує надійне утримання

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

положення РЗМ та запобігає його самовільному обертанню під час виконання ремонтних операцій.

Коли необхідно повернути РЗМ для доступу до певних вузлів або оптимального положення під час обслуговування, оператор станду натискає важіль 8 у напрямку вправо, розтискуючи пружину 9. При цьому фіксувальний палець 6 виходить із отвору в диску 1, що призводить до деактивації механізму фіксації і одночасного звільнення валу 3, дозволяючи мосту вільно обертатися. Після натискання важіль оператор продовжує утримувати у натиснутому положенні, контролюючи процес обертання вручну.

У цьому стані міст можна обертати безперешкодно, при цьому оператор за допомогою кільця 2 другою рукою регулює напрямок та кут повороту РЗМ, досягаючи потрібного положення для проведення ремонтних або регулювальних робіт. Після того як міст встановлено у необхідне положення, оператор обережно відпускає важіль 8, повертає диск 1 до характерного клацання пальця 6, що свідчить про правильне входження пальця в отвір диска.

Механізм автоматично фіксує положення моста, забезпечуючи надійну стабілізацію РЗМ на стенді. Завдяки такій конструкції оператор отримує змогу безпечно та точно позиціонувати РЗМ у будь-якому потрібному положенні, зменшуючи фізичне навантаження та ризик пошкодження вузлів під час ремонту. Система дозволяє комбінувати точне позиціонування з ручним контролем обертання, що підвищує ефективність і безпеку виконання ремонтних операцій на стенді.

2.4 Розрахунок спроєктованого станду

При визначенні крутних моментів задаємося вагою РЗМ $G = 134$ кг [22], при повороті його оператором за фланець кардана. Таким чином, момент необхідний для провертання РЗМ навколо осі моста станду, дорівнюватиме добутку маси РЗМ на відстань від точки тяжіння редуктора до центру обертання моста [22, 23]:

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = m_p * l * k, \quad \text{Н·м} \quad (2.1)$$

де $m_p = 134 \text{ кг} = 1340 \text{ Н}$ – вага РЗМ;

$l = 355 \text{ мм} = 0,355 \text{ м}$ – плече центра тяжіння РЗМ;

$k = 0,90$ – ККД тертя при обертанні моста в підшипниках ковзання (сталь-сталь).

Тоді:

$$M_{кр} = 1340 * 0,355 * 0,9 = 428,13 \text{ Нм.}$$

Оскільки в конструкції стенда використовується ручний привід, під час експлуатації важливо визначити величину фізичної сили, яку повинен прикладати оператор для плавного повертання РЗМ у процесі ремонту чи діагностики. Цей параметр дозволяє оцінити зручність та безпечність роботи, а також визначити, чи не перевищує навантаження допустимі норми для користувача. За результатами проведених технічних розрахунків може виявитися, що величина сили є занадто високою або, навпаки, недостатньою для комфортної роботи, у такому випадку виникає потреба у додатковому підборі або встановленні проміжного редуктора, який забезпечить зниження або оптимізацію навантаження на оператора.

Розрахунок необхідної сили виконується на основі відповідних інженерних залежностей, де параметри стійкості, маси та моменту інерції РЗМ підставляються у спеціальні формули. У загальному вигляді сила визначається згідно з виразом [22, 23]:

$$F = M_{кр} / l_{он} = 428,13 / 0,175 = 2446,46 \text{ Н} \quad (3.2)$$

де $l_{он} = 175 \text{ мм} = 0,175 \text{ м}$ – плече сили оператора.

Розроблений стенд повністю відповідає висунутим технічним та експлуатаційним вимогам. Його конструкція оснащена ручною лебідкою, яка використовується для підйому та переміщення РЗМ, що значно підвищує зручність і безпеку виконання робіт.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливістю станда є його універсальність, що досягається завдяки застосуванню змінних кронштейнів, які дозволяють закріплювати редуктори різних марок та модифікацій без необхідності в складних переналагодженнях.

Впровадження в виробничий процес модернізованої конструкції станда забезпечує відчутне зниження трудових витрат персоналу під час проведення розбірно-складальних операцій у технологічному циклі ремонту РЗМ. Насамперед це проявляється у зменшенні трудомісткості операцій установки та зняття РЗМ зі станда. Якщо при існуючій технології виконання цих робіт потребує участі трьох працівників (двоє здійснюють підйом, а третій виконує закріплення), то у випадку застосування нової конструкції дану операцію може виконувати одна людина, що значно підвищує ефективність праці та скорочує витрати робочого часу.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Конструювання знімача підшипників РЗМ та дослідження працездатності його деталей за допомогою SW Simulation

3.1 Розробка конструкції знімача підшипників РЗМ та дослідження працездатності його скоби

Для проведення аналізу НДС сучасних ДМ і механізмів усе ширше застосовуються системи автоматизованого проектування виробів, технологій їх обробки та інженерного аналізу (CAD/CAM/CAE технології). Такі системи дозволяють істотно скоротити кількість можливих помилок уже на етапі проектування, забезпечити точніше відтворення реальних умов експлуатації та процесів навантаження, а також підвищити загальну якість конструкторської документації [24].

Однією з найефективніших і найпоширеніших комп'ютерно-інтегрованих систем типу CAD/CAM/CAE є система SW [25], яка дає змогу здійснювати як 2-мірне, так і 3-вимірне параметричне моделювання різноманітних конструкцій, проводити їхній інженерний аналіз, а також організовувати ТПВ з урахуванням особливостей конкретних процесів виготовлення.

До основних переваг системи SW належить наявність повного набору інструментів для побудови та редагування геометрії твердих тіл, можливість виконання різних операцій модифікації моделей, а також використання розвинених засобів твердотільного моделювання, які базуються на принципі поступового додавання або віднімання базових конструктивних елементів.

У середовищі SW реалізовано функцію створення твердотільних моделей стандартних деталей за допомогою параметричних таблиць, які можуть бути об'єднані у власні бібліотеки з єдиним інтерфейсом користувача. Крім того, система забезпечує можливість поєднання в одному складанні ДМ різних типів, створення підскладань і формування повноцінних складальних одиниць будь-якої складності.

Тривимірні моделі в SW можна формувати як за допомогою вбудованого препроцесора, так і шляхом імпорту з інших CAD-систем, що значно розширює

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сумісність і гнучкість роботи. Використовуючи пакет SW Simulation [26], користувач може проводити широкий спектр інженерних розрахунків: аналіз напружень і переміщень, теплові розрахунки, визначення власних частот і стійкості конструкцій, оцінювання втомних напружень, а також виконання нелінійних статичних розрахунків та інших видів моделювання складних процесів.

У програмному середовищі SW, окрім великої бази стандартних матеріалів, які вже закладені розробниками, користувач має можливість самостійно створювати та моделювати власні композитні матеріали з урахуванням необхідних фізико-механічних характеристик, таких як густина, модуль пружності, теплопровідність, коефіцієнт Пуассона тощо. Це відкриває широкі можливості для дослідження нових матеріальних систем і точнішого відтворення властивостей реальних ДМ.

Додатково, використовуючи спеціалізовані додатки SW Simulation, можна задавати дію різних середовищ, зокрема тиск газів або рідин, а також виконувати кінематичний та динамічний аналізи рухомих елементів конструкції. Серед інструментів пакету також передбачені засоби для моделювання електромагнітних процесів, що дозволяє аналізувати поведінку електротехнічних або електромеханічних вузлів у різних умовах експлуатації.

Для створення реалістичних умов розрахунку до конструкцій можуть бути прикладені різні типи граничних умов: рівномірно розподілені навантаження на гранях, об'ємні навантаження, крутний момент, сили в опорах, а також температурні впливи та інші типи навантажень, які відображають реальну роботу ДМ в експлуатації.

Результати обчислень у SW Simulation можна проаналізувати за допомогою детальних графічних діаграм деформацій, напружень, переміщень, власних частот коливань і багатьох інших характеристик. Користувач має можливість переглядати отримані дані як у загальному вигляді — у вигляді списків або звітів, — так і вибірково, аналізуючи поведінку конструкції в окремих точках чи елементах моделі.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТП ремонту машин, як правило, супроводжується виконанням великого обсягу розбірно-складальних операцій. Незважаючи на активне впровадження механізованих засобів — електричних і пневматичних гайкокрутів, пресів, підйомно-транспортних пристроїв тощо — частка ручної праці під час виконання таких робіт залишається значною. На практиці навіть на великих ремонтних підприємствах рівень механізації розбірних процесів нерідко не перевищує 10–12%, а під час складання — лише 5% від загального обсягу всіх розбірно-складальних операцій.

Крім різьбових і гвинтових з'єднань, у процесі розбирання машин часто доводиться мати справу з численними деталями, з'єднаними з натягом. Такі вузли, що тривалий час перебувають у стані спокою, схильні до корозійних процесів, унаслідок чого їх роз'єднання вимагає значно більших зусиль, ніж ті, що були необхідні під час первинного складання. Це створює додаткові труднощі для ремонтного персоналу та вимагає застосування спеціальних знімачів, підігріву або інших технологічних прийомів для безпечного демонтажу.

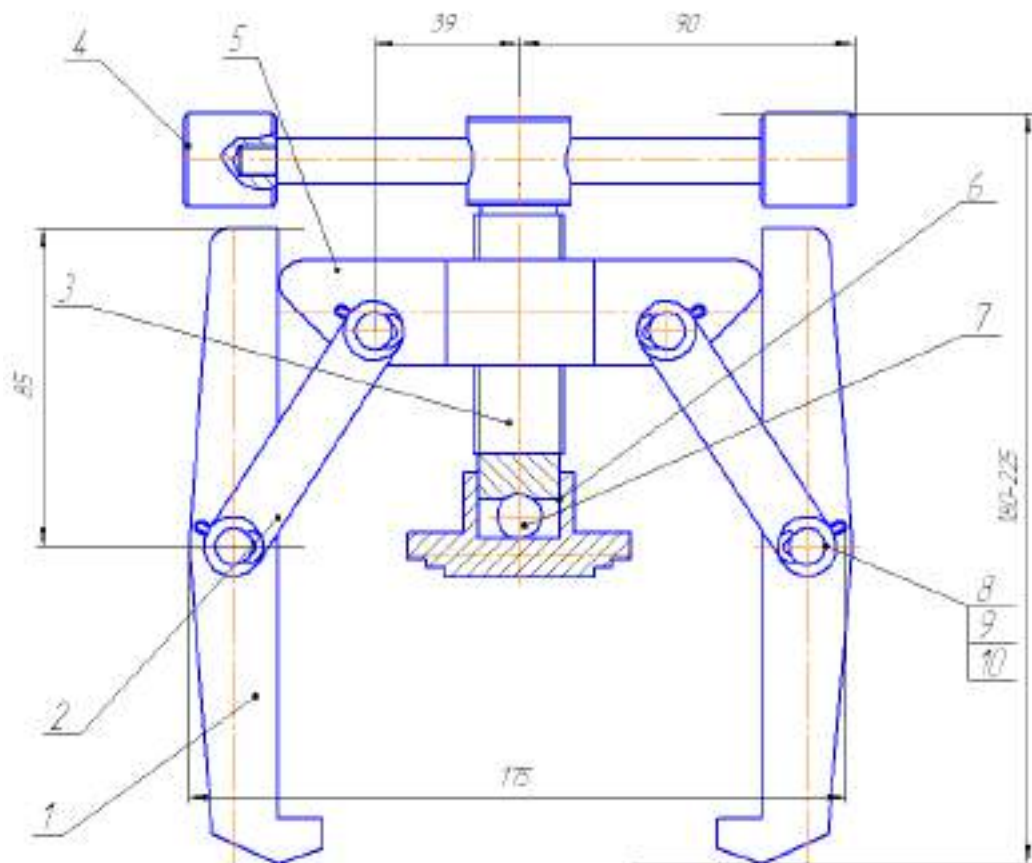
У сучасних умовах розвитку машинобудування, приладобудування та інших технічних галузей проведення досліджень конструкцій або аналізу окремих елементів без використання САПР практично неможливе. Такі системи надають широкі можливості для вивчення, оптимізації та вдосконалення ДМ, дозволяють розробляти як ескізні, так і технічні проєкти, а також формувати повний комплект конструкторської документації та супровідної інформації, необхідної для організації виробничого процесу. Використання САПР дає змогу не лише підвищити точність проєктних рішень, а й суттєво скоротити час на розроблення виробу та знизити ймовірність виникнення помилок ще на етапі моделювання.

Подальший розвиток процесу розрахунків ДМ передбачає інтеграцію САД-систем із САЕ- і САМ-комплексами, що створює єдине цифрове середовище для проєктування, аналізу та підготовки виробництва. Одним із найефективніших представників таких комплексів є SW [27] — сучасна 3D-система гібридного автоматизованого проєктування, інженерного аналізу та технологічної підготовки виробів будь-якої складності та призначення. Цей програмний продукт широко

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

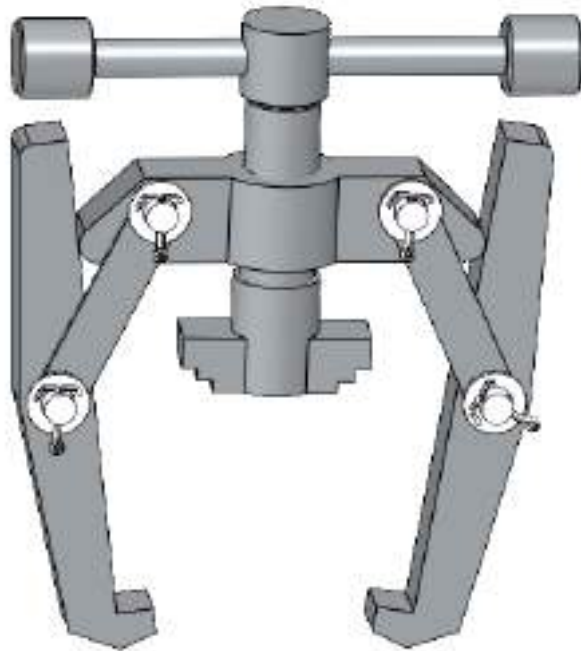
використовується як у промислових підприємствах, так і в навчальних закладах, оскільки поєднує в собі зручність інтерфейсу, потужні аналітичні можливості та гнучкість у побудові моделей.

Для демонстрації можливостей цієї системи та перевірки її ефективності застосуємо САПР SolidWorks для дослідження працездатності розробленого знімача підшипників (рис. 3.1). Конструкція даного пристрою включає такі основні елементи: скоба (1), тяга (2), гвинт (3), стержень (4), гайка (5), п'ята (6), кулька (7), вісь (8) і шайба (9). Кожна з цих деталей виконує власну функцію, забезпечуючи надійність роботи та можливість ефективного демонтажу підшипників різних типів і розмірів.



а

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



б

Рисунок 3.1 – Складальне креслення (а) і 3D-модель знімача підшипників редуктора заднього моста (б):

1 – скоба; 2 – тяга; 3 – гвинт; 4 – стержень; 5 – гайка; 6 – п'ята; 7 – кулька; 8 – права піввісь; 9 – вісь; 10 – шайба

Дослідимо працездатність найбільш навантаженої деталі знімача – скоби (рис. 3.2).

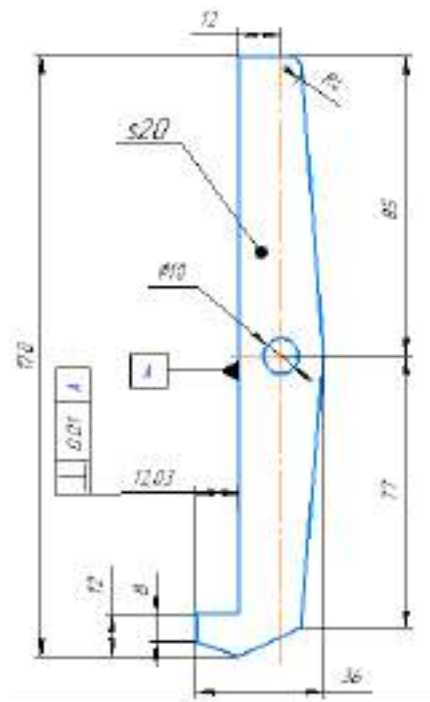


Рисунок 3.2 – Скоба знімача підшипників

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Процес починається зі створення у SW геометричної моделі скоби (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Створення у SW 3D-моделі скоби

Наступний етап – вибір матеріалу скоби (сталь 45 ДСТУ 7809:2015) з бібліотеки SW (рис. 3.4).

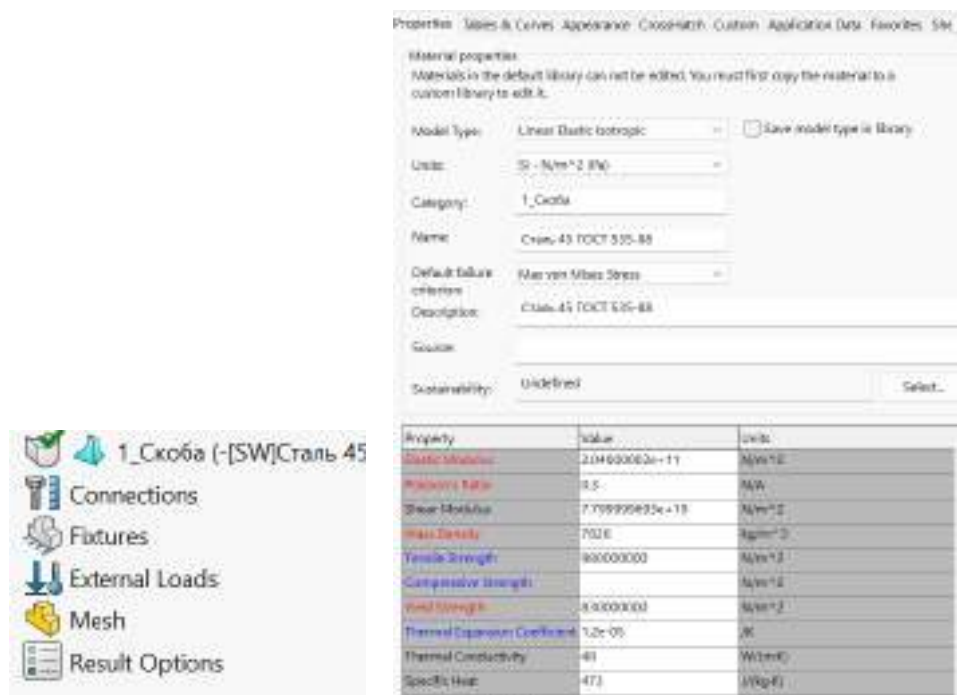


Рисунок 3.4 – Призначення матеріалу скоби

3.1.1 Параметри матеріалу скоби – сталі 45

Розшифрування марки сталі 45 полягає в тому, що цифра 45 вказує на вміст С в сплаві, рівний приблизно 0,45%, тоді як доля інших елементів і домішок є украй незначною [25]. Така сталь відноситься до категорії якісних конструкційних вуглецевих сталей, які відрізняються хорошим поєднанням міцності, пластичності і технологічності. Завдяки цим властивостям сталь 45 отримала широке поширення в різних областях промисловості та активно використовується при виготовленні ДМ, механізмів та інструментів, працюючих під помірними навантаженнями.

Широка затребуваність цього матеріалу обумовлює його масове виробництво у вигляді листового, сортового і фасонного прокату, що забезпечує зручність при виборі заготовок для наступної механічної обробки. Сталь 45 є нелегованим залізовуглецевим сплавом, в якому разом із Fe і С містяться незначні кількості легуючих елементів, які покращують фізико-механічні характеристики металу. Ці добавки дозволяють підвищити міцність, твердість, оброблюваність та опірність зносу, зберігши при цьому достатній рівень в'язкості.

До основних хімічних компонент сталі 45 відносяться: Fe — основа сплаву, С — основний елемент, який визначає міцнісні властивості, Si і Mn — елементи, сприяючі підвищенню міцності та поліпшенню структури, а також S і P — шкідливі домішки, вміст яких строго нормується. В окремих випадках в сталі можуть бути присутніми слідові кількості інших елементів, що виникають як побічні домішки в процесі виплавки.

Хімічний склад сталі 45 в кількісному вираженні і допустимі межі змісту елементів представлені на рис. 3.5, де показано співвідношення основних компонентів та їх вплив на властивості цього матеріалу.

Механічні властивості сталі 45, отримані в результаті випробувань на стандартних нормалізованих зразках, приведені в табл. 3.1. Ці показники характеризують основні параметри міцності, пластичності і твердості матеріалу, а

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також дозволяють оцінити його придатність для використання в різних конструкційних елементах і ДМ.

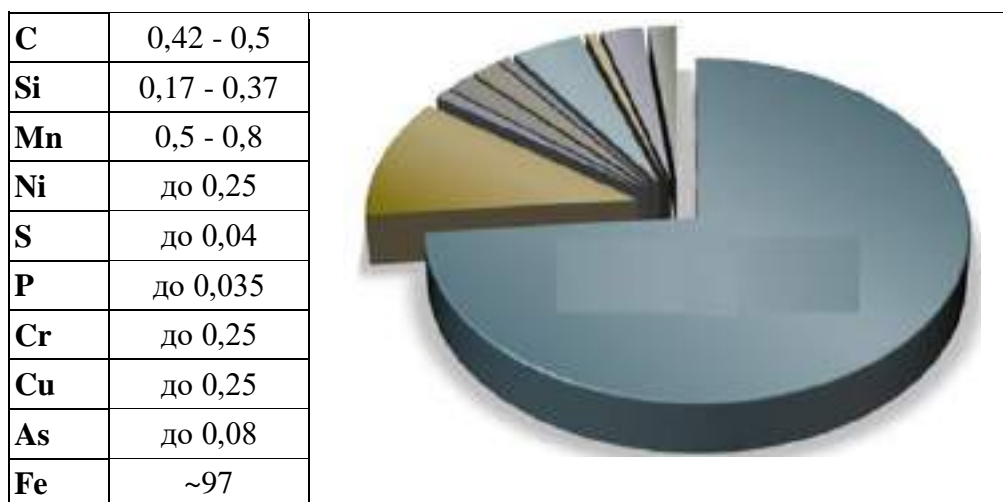


Рисунок 3.5 – Хімічний склад у % сталі 45

До найбільш важливих механічних характеристик належать:

- межа міцності (σ_B), яка відбиває максимальне напруження, яке може витримати сталь до руйнування;
- межа плинності (σ_T), яка вказує на момент початку пластичної деформації;
- відносне подовження (δ) і звуження, що характеризують пластичність металу;
- ударна в'язкість (KCU), яка визначає здатність матеріалу чинити опір динамічним навантаженням;
- твердість (HB), яка показує опірність поверхневого шару сталі пластичним деформаціям.

Усі ці параметри були встановлені в ході випробувань нормалізованих зразків, що забезпечує достовірність даних та їх порівнянність з результатами для інших марок конструкційних сталей. Детальні значення вказаних характеристик наведені в табл. 3.1, де представлений повний опис механічних властивостей сталі 45.

Таблиця 3.1 - Механічні властивості сталі 45 залежно від температури відпустки

t відпустки, °С	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (кДж / м ²)
Гартування 850 °С, вода					
450	830	980	10	40	59
500	730	830	12	45	78
550	640	780	16	50	98
600	590	730	25	55	118

Через відносно підвищений вміст С сталь 45 має задовільну зварюваність, проте при цьому існує певна вірогідність утворення гарячих і холодних тріщин у біляшовній зоні. Така поведінка матеріалу пояснюється його схильністю до загартування і підвищеної крихкості при локальному перегріванні, що вимагає ретельного підбору режимів зварювання і попередньої термічної підготовки кромок.

Обробка кромок перед зварюванням виконується по тих же принципах, що і при роботі з низьковуглецевими сталями, проте необхідно враховувати більший ризик утворення гартівних структур. Тому рекомендується застосовувати попереднє підігрівання і наступну відпустку для зняття внутрішнього напруження. При правильному підборі режимів і матеріалів сталь 45 може успішно зварюватися різними методами — MMA, TIG і ERW, кожен з яких має свої особливості і сфери застосування:

- MMA (Manual Metal Arc) — ручне дугове зварювання покритими електродами, яке є одним з найбільш універсальних і поширених способів з'єднання сталі. Воно особливо ефективна при виконанні монтажних і польових робіт, оскільки не вимагає складного устаткування і забезпечує достатню міцність з'єднань.
- TIG (Tungsten Inert Gas) — дугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом в середовищі інертного газу (зазвичай аргону). Цей метод забезпечує отримання високоякісних, чистих і точних швів, мінімізуючи

кількість дефектів та окислень. Він частіше застосовується для відповідальних з'єднань, що вимагають високої естетичності і точності.

- ERW (Electric Resistance Welding) — зварювання опором, при якому з'єднання металів відбувається за рахунок нагріву струмом високої щільності і наступного додатка тиску. На відміну від дугових методів, тут не утворюється відкрита дуга, а процес протікає стабільніше і швидко, що робить метод економічно вигідним при серійному виробництві.

Таким чином, при грамотному виборі технології і дотриманні режимів нагріву та охолодження сталі 45 може бути надійно зварена різними способами, забезпечуючи міцність і довговічність отримуваних з'єднань.

Після проведення зварювальних робіт металевий виріб або локальна зона зварного з'єднання у складі металоконструкції підлягає обов'язковому відпалу. Ця операція дозволяє зняти внутрішнє напруження, яке виникло в процесі зварювання, усунути структурні неоднорідності та запобігти можливій появі мікротріщин. Крім того, відпал сприяє відновленню пластичності та підвищенню стабільності розмірів ДМ, що особливо важливо для конструкційних сталей, таких як сталь 45.

Сталь 45 широко застосовується в промисловості у вигляді різних видів металопродукату (листового, сортового, фасонного), а також кованих і литих заготовок. Завдяки збалансованим механічним властивостям вона використовується для виробництва різноманітних металевих конструкцій і ДМ. До типових виробів з цієї сталі відносяться: осі, колінчасті та розподільні вали, кронштейни, штоки, плунжери, зубчасті колеса та шестерні, болти, гайки підвищеної міцності, а також інші елементи, працюючі при середніх рівнях навантажень і вимагаючі хорошого поєднання міцності і пластичності.

Вироби із сталі 45 зазвичай застосовуються після поліпшення, тобто після загартування з наступною високою відпусткою. Така термообробка забезпечує оптимальне поєднання міцності, в'язкості і зносостійкості, що особливо важливо для деталей, експлуатованих без ударних навантажень, але які піддаються інтенсивному тертю і зносу.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для подальшого підвищення експлуатаційних характеристик сталевих деталей застосовуються різні методи зміцнюючої термічної обробки, спрямовані на збільшення твердості поверхневого шару. Найбільш поширеними способами є загартування СВЧ (струмами високої частоти), цементація, нітроцементація та азотування. Ці методи дозволяють отримати тверду зносостійку поверхню при збереженні в'язкої серцевини, що забезпечує довговічність виробу при динамічних навантаженнях. Проте слід враховувати, що такі деталі не призначені для сприйняття критичних деформацій, оскільки надмірне зміцнення знижує їх пластичність.

У міжнародній практиці сталь 45 має ряд аналогів, близьких по хімічному складу і механічним властивостям. Найбільш відомі з них:

- AISI 1045 (США) — середньовуглецева конструкційна сталь;
- С45Е / Сk45 (EN 10083, Європа) — якісна вуглецева сталь\$
- S45C (JIS G4051, Японія) — аналог, широко використовуваний в машинобудуванні та інструментальному виробництві;

3.1.2 Проведення статичного аналізу скоби

Для виконання статичного аналізу було здійснено визначення (дефініцію) опор скоби конструкції, що наведена на рис. 3.6, а також прикладено до неї відповідне навантаження, представлене на рис. 3.7. Такий етап є необхідним для побудови коректної розрахункової моделі та забезпечення достовірності результатів подальшого аналізу.

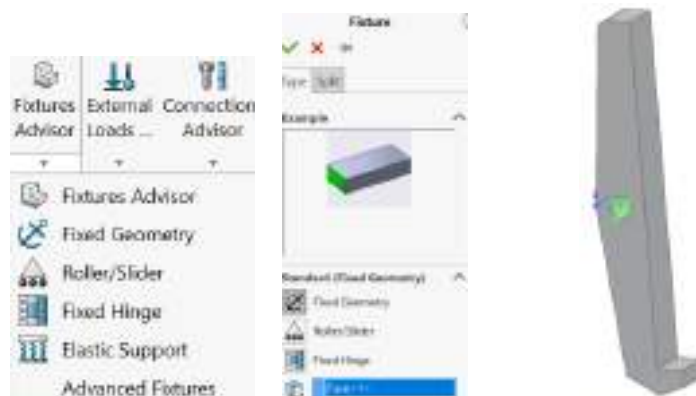


Рисунок 3.6 – Дефініція опор скоби

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

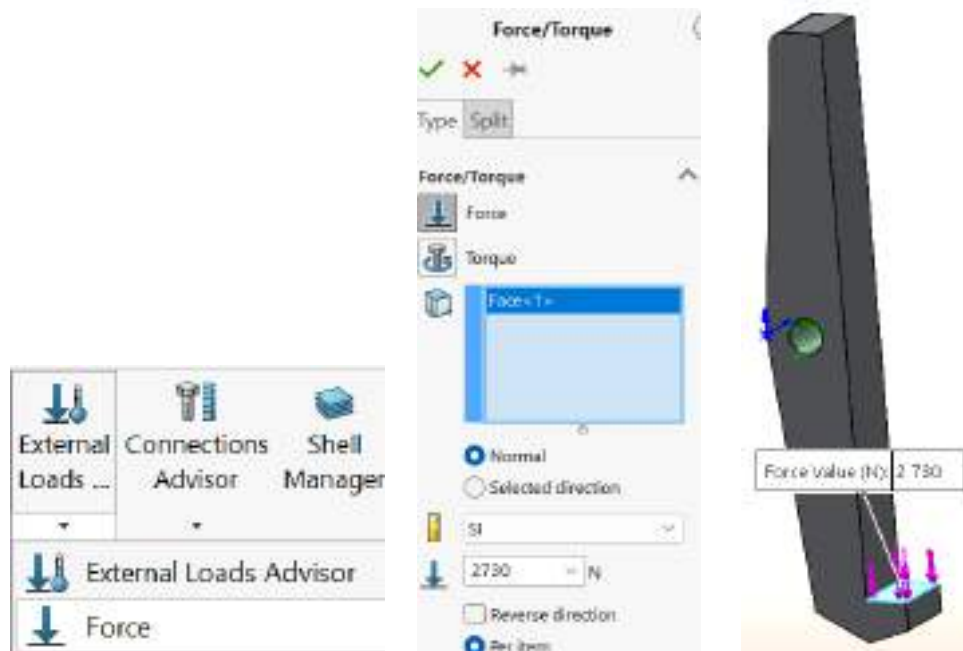


Рисунок 3.7 – Прикладення навантаження до скоби

У процесі моделювання були задані граничні умови закріплення скоби, які імітують її реальне положення у знімачі підшипників під час роботи, а також визначені величини та напрямки прикладених силових навантажень. Це дозволяє оцінити НДС ДМ, визначити зони можливих концентрацій напружень і перевірити конструкцію на міцність та стійкість при експлуатаційних навантаженнях.

Таким чином, отримана модель є базовою для подальшого інженерного аналізу і служить основою для оптимізації геометрії скоби та підвищення її працездатності.

Розділення моделі на елементи (рис. 3.8), тобто побудова сітки СЕ для скоби (рис. 3.9), є 1-м та одним із найважливіших етапів її розрахунку методом СЕ. Саме на цьому етапі створюється дискретна модель конструкції, у якій суцільне тіло поділяється на велику кількість малих взаємопов'язаних елементів — СЕ (трикутних, тетраедричних тощо), що дозволяє наближено описати реальний розподіл напружень і деформацій у матеріалі.

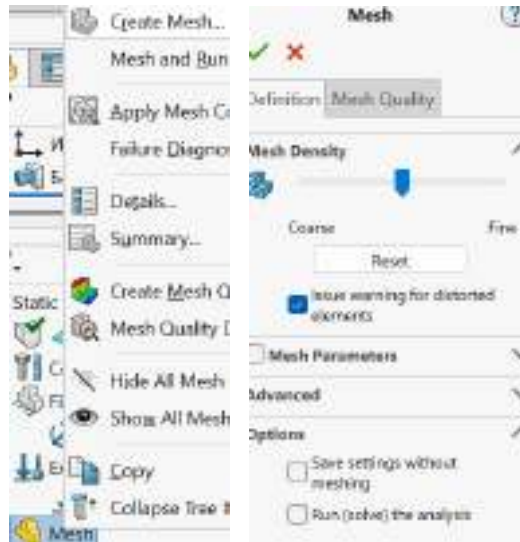


Рисунок 3.8 – Методика розділення моделі скоби на елементи

Mesh Details	
Study name	Static 1* (Повільно)
Details Mesh type	Solid Mesh
Meshes Used	Blended curvature-based mesh
Jacobian points for high quality mesh	16 points
Max Element Size	4,04616 mm
Min Element Size	1,3487 mm
Mesh quality	High
Total nodes	14529
Total elements	6291
Maximum Aspect Ratio	4,0152
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	99,8
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0
Percentage of distorted elements	0
Number of distorted elements	0
Time to complete mesh (hh:mm:ss)	00:00:02
Computer name	



а

б

Рисунок 3.9 – Параметри сітки (а), її відображення на твердому тілі (б)

Якість і щільність побудованої сітки СЕ суттєво впливають на точність результатів подальшого аналізу: чим дрібніша сітка, тим більш детально відображається поведінка конструкції під дією навантажень. При цьому важливо дотримуватись оптимального балансу між точністю обчислень і витратами часу на розрахунок.

Отже, побудова сітки є початковим етапом розрахункового процесу, який забезпечує підготовку геометричної моделі до подальшого статичного чи динамічного аналізу НДС деталі.

Для розрахунку НДС скоби в інструменті *Запустити це дослідження* вибираємо відповідну вкладку (рис. 3.10).

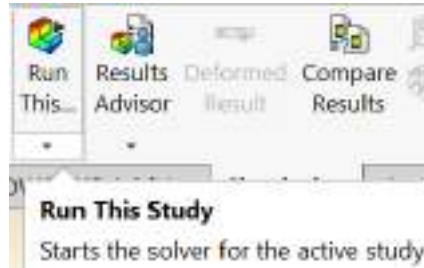


Рисунок 3.10 – Запуск розрахунку напружено-деформованого стану скоби

Для відображення min та max значень досліджуваних міцнісних параметрів

скоби вибираємо Show min annotation Show max annotation (рис. 3.11):

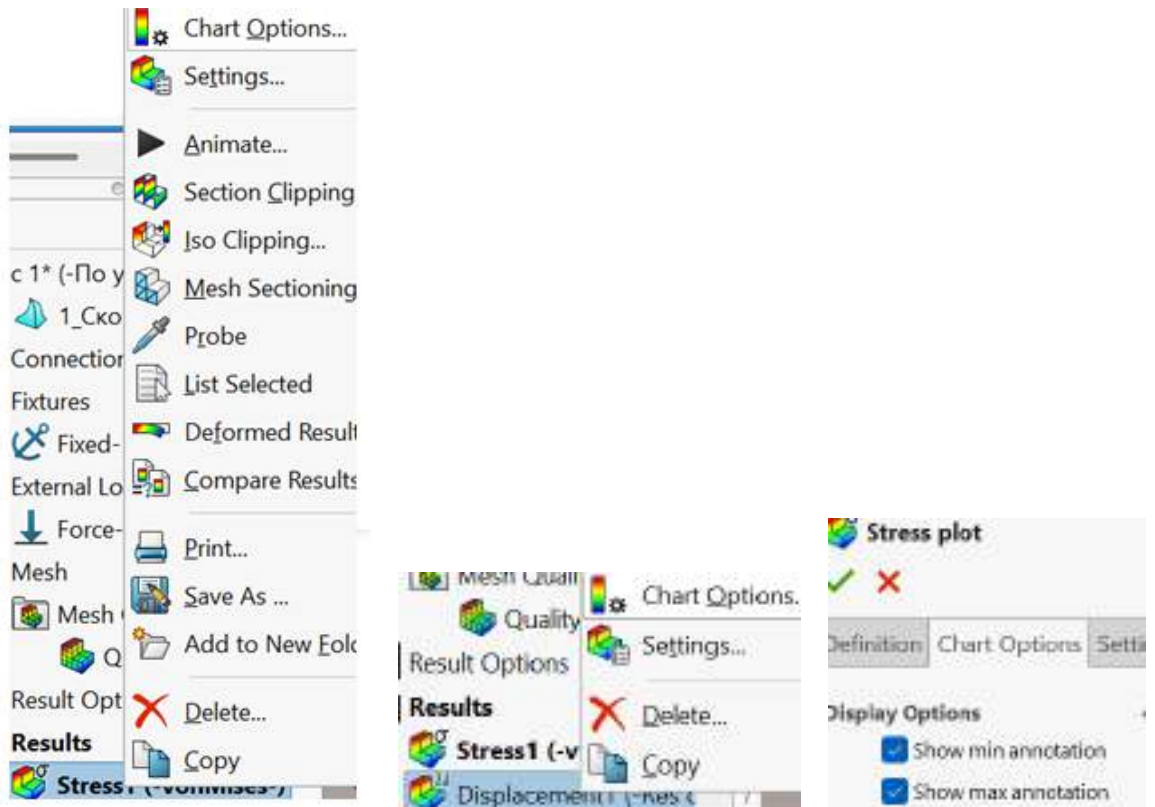


Рисунок 3.11 – Методика вибору відображення max та min значень досліджуваних параметрів скоби

Розрахунками встановлені max:

– напруження Von Mises, які виникають у скобі $\sigma = 85,30$ МПа (вузол 9217 – рис. 3.12);

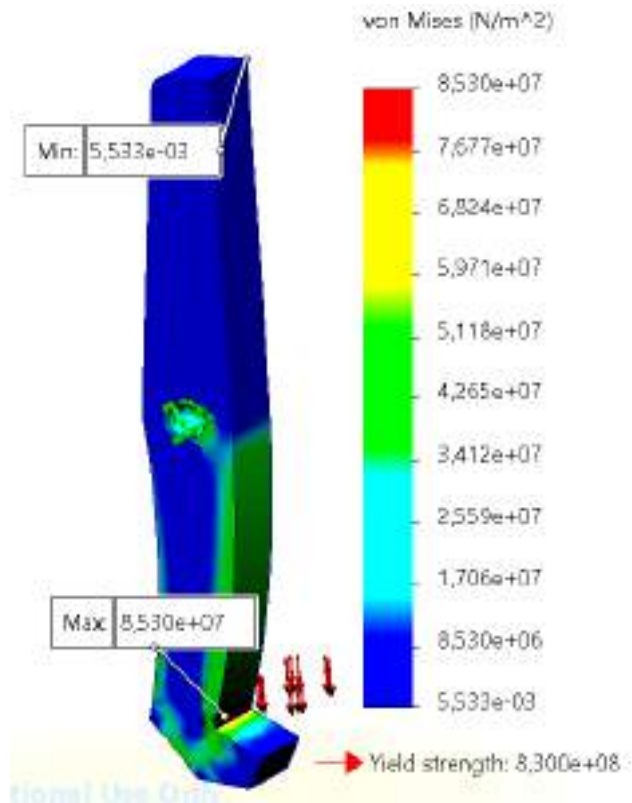


Рисунок 3.12 – Макс напруження Von Mises, яке виникає у скобі

– результуюче переміщення URES скоби $h = 0,06726$ мм (рис. 3.13);

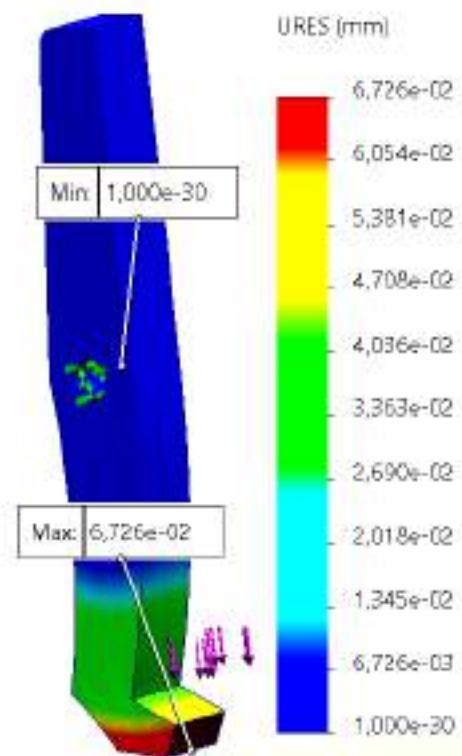


Рисунок 3.13 – Максимальне результуюче переміщення URES скоби

					КВРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– max еквівалентна деформація ESTRN скоби $\delta = 0,0003372$ (рис. 3.14).

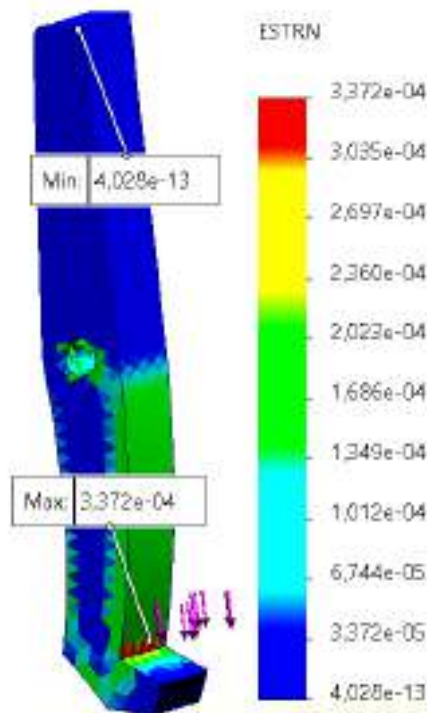


Рисунок 3.14 – Максимальна еквівалентна деформація ESTRN скоби

При цьому мінімальний запас міцності скоби $n_{min} = 9,84$, що більше допустимого $[n_{min}] = 3$.

Для створення звіту розрахунків вибраний параметр Report SW (рис. 3.15).



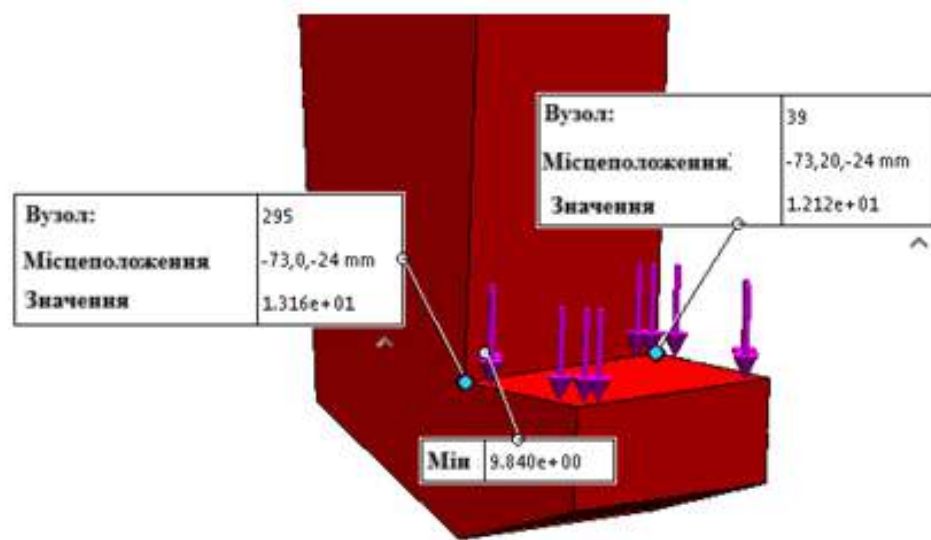
Рисунок 3.15 – створення звіту розрахунків

На епюрі сумарних еквівалентних напружень за критерієм Мізеса (Von Mises) чітко видно зони з найменшою міцністю та області концентрації напружень, які виникають у місцях зміни геометрії або прикладання зовнішніх навантажень. Аналіз цієї епюри дозволяє визначити потенційно небезпечні ділянки конструкції, де можливе перевищення допустимих значень напружень і, відповідно, ризик руйнування або пластичної деформації.

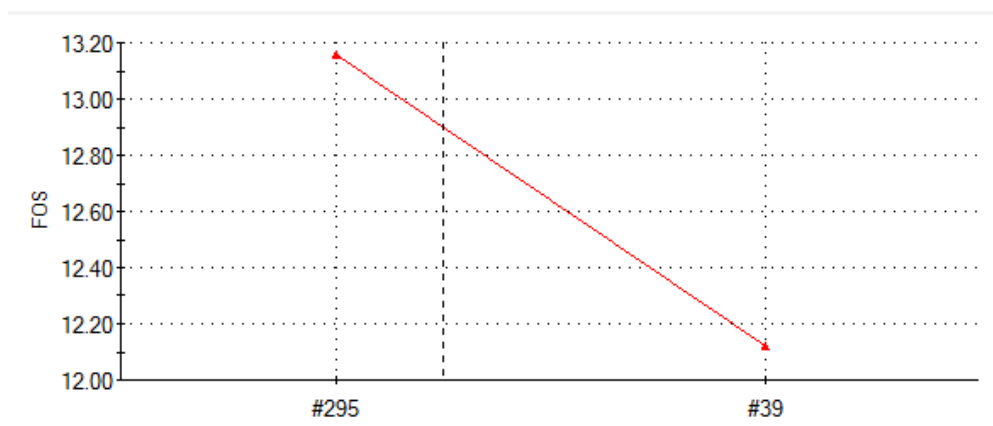
					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання більш точних даних про розподіл напружень у цих ділянках було проведено зондування (локальний аналіз) у критичних точках моделі, що наведено на рис. 3.16. Ця процедура дала змогу визначити числові значення еквівалентних напружень, уточнити їх локальні піки та оцінити запас міцності окремих елементів скоби.

Таким чином, отримані результати забезпечують можливість об'єктивної оцінки навантажувальної здатності конструкції та слугують основою для подальшої оптимізації її форми й параметрів з метою підвищення надійності.



а



б

Рисунок 3.16 – Зондування сумарних напружень von Mises у небезпечному перерізі поблизу тах значень (а) та графік розподілу запасу міцності

Таким чином, розрахунки працездатності гарантують міцність скоби.

3.2 Дослідження можливості заміни матеріалу скоби знімача підшипників

За результатами попередніх розрахунків було встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності скоби становить $n_{\min} = 9,84$, що значно перевищує допустиме значення $[n_{\min}] = 3,0$. Такий високий запас міцності свідчить про те, що конструкція працює значно нижче межі своїх можливостей, та існує потенційна можливість оптимізації матеріалу без втрати надійності.

Враховуючи це, метою даної роботи стало дослідження можливості заміни використовуваної сталі 45 на більш економічний матеріал, зокрема на сталь 10 (DIN 1.1121). Використання цього менш дорогого та менш вуглецевмісного матеріалу дозволяє знизити витрати на виготовлення скоби, зберігаючи при цьому необхідний запас міцності та експлуатаційну надійність конструкції.

Такий підхід відповідає сучасним інженерним практикам, коли економія матеріалів і ресурсів поєднується з дотриманням технічних вимог до міцності та довговічності виробів.

3.2.1 Параметри матеріалу скоби – сталі 10

Конструкційна вуглецева сталь 10 є якісним маловуглецевим і нелегованим сплавом, який відрізняється хорошою пластичністю, що робить її придатною для ХТО і наступного виготовлення ДМ із заданими експлуатаційними характеристиками. Сталь поставляється у вигляді різноманітного прокату: гарячекатаного і холоднокатаного сортового і фасонного профілю, катанки, зварних і безшовних труб, листа, стрічки, дроту і смуги, що забезпечує широкий спектр застосування в машинобудуванні і металоконструкціях.

По мірі розкислювання сталь може бути спокійною, киплячою або напівспокійною, при цьому в маркуванні додаються скорочення «кп» (кипляча) або «пс» (напівспокійна). Зміст домішок S і P обмежений 0,040% і 0,035% відповідно, що відповідає вимогам до якісних сталей. Масова доля N_2 залежить від способу виплавки, але не перевищує 0,010%.

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Низький вміст С, кремнію Si і Mn, а також обмеження за змістом Cr та інших легуючих елементів визначають невисокі міцнісні властивості сталі 10, її відмінну пластичність і зварюваність, що робить її економічно вигідним матеріалом для виготовлення деталей, які не піддаються значним ударним навантаженням.

Хімічний склад сталі 10 відповідно до ДСТУ 7809/ГОСТ 1050 представлений на рис. 3.17.



Рисунок 3.17 – Хімічний склад сталі 10

У випадках, коли сталь 10 не піддавалася ХТО, вона характеризується відмінною зварюваністю і може бути з'єднана усіма видами газового, електродугового та контактного зварювання без ризику появи дефектів. Матеріал не схильний до утворення флокенів, а також до виникнення гарячих або холодних тріщин, що робить його досить надійним при виробничих зварювальних операціях. Водночас деталі, які пройшли цементацію або ціанування, як правило, не підлягають зварюванню, оскільки поверхневі зміни структури значно знижують здатність матеріалу до отримання якісного шва.

У гарячекатаному стані сталь 10 добре піддається ручній та механізованій обробці, зокрема на токарних, фрезерних та інших верстатах, із використанням

різального інструменту з швидкорізальної сталі або твердих сплавів, що забезпечує високу точність обробки та якість поверхні виробів.

Механічні властивості сортового прокату зі сталі 10 після нормалізації, згідно з ДСТУ 7809, представлені наступними характеристиками: σ_B – міні тимчасова міцність, Н/мм²; σ_T – міні межа текучості, Н/мм²; δ_5 – міні відносне подовження, %; Ψ – міні відносне звуження, %.

Таким чином, сталь 10 поєднує в собі добру оброблюваність, високу пластичність та надійність зварних з'єднань, що робить її економічно вигідним і технологічно зручним матеріалом для виготовлення різноманітних ДМ і конструкцій.

Сталь 10 широко використовується для виготовлення різноманітного металопродукту: гарячекатаного та калиброваного прокату, холодно- та гарячедеформованих труб, а також гарячекатаного та холоднокатаного листа. У покращеному стані вона застосовується для виробництва металовиробів, які експлуатуються в температурному діапазоні від -40 до +350°C, і при цьому не піддаються значним ударним або абразивним навантаженням. До таких виробів належать: болти, гвинти, шпильки, різні кріпильні деталі, ковпачки, пробки, обичайки, хомути, шайби, прокладки, втулки та вушка.

Сталь 10 також підходить для виготовлення труб і кріпильних елементів, які використовуються в котлах і трубопроводах теплоелектростанцій, гідравлічних системах спеціальної техніки, холодильному обладнанні та інших конструкціях, де важлива надійність і довговічність матеріалу. Вона відзначається високою пластичністю і може піддаватися ХТО, такій як цементація, ціанування, нітроцементація та інші види термообробки, після яких до деталей пред'являються підвищені вимоги до поверхневої твердості та зносостійкості. Це робить сталь 10 придатною для виготовлення таких деталей, як зубчаті колеса, упори, копіри та фрикційні диски, де необхідна стійкість до зношування та точність роботи механізмів.

У міжнародній практиці аналоги сталі 10 представлені наступними марками:

- Європейський стандарт: EC 1.1121, 2C10, C10E;

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- США: 1010, 1012, 1110, Gr.A;
- Японія: S10C, SASM1, SWMR.

Термообробка: цементація 920-950 °С. Загартування 790-810 °С, вода.
Відпустка 180-200 °С, повітря (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Механічні властивості сталі 10

σ_y (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	НВ, не більше
390	25	55	57-63

Таким чином, сталь 10 поєднує в собі доступну вартість, хорошу оброблюваність, здатність до ХТО та надійність у широкому діапазоні температур, що робить її універсальним матеріалом для різних галузей промисловості та інженерного виробництва.

3.2.2 Повторне проведення статичного аналізу скоби

В результаті аналогічного повторного розрахунку скоби, виготовленої зі сталі 10, встановлені max напруження $\sigma = 84,73$ МПа (вузол 9217 – рис. 3.18).

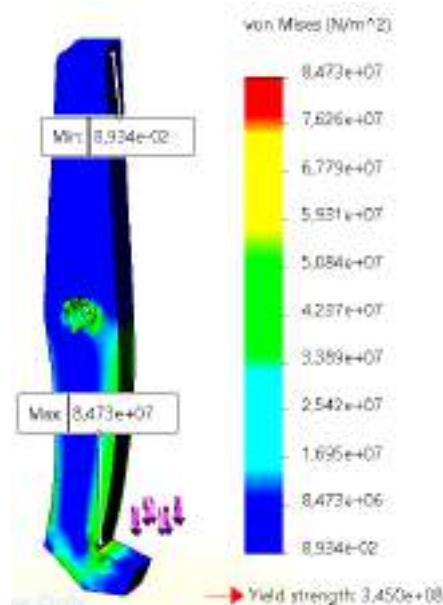


Рисунок 3.18 – Контурні графіки сумарних напружень von Mises скоби, виготовленої зі сталі 10

При цьому максимальні результуюче переміщення $h = 0,6516$ мм (вузол 7552 – рис. 3.19), максимальна еквівалентна деформація $\delta = 0,0003047$ (елемент 519 – рис. 3.20), мінімальний запас міцності $n_{min} = 4,072$ (вузол 9217 – рис. 3.21), що більше допустимого $[n_{min}] = 3$.

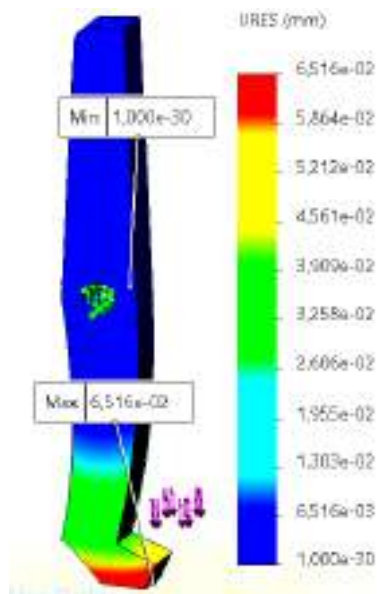


Рисунок 3.19 – Контурні графіки сумарних результуючих переміщень URES скоби, виготовленої зі сталі 10

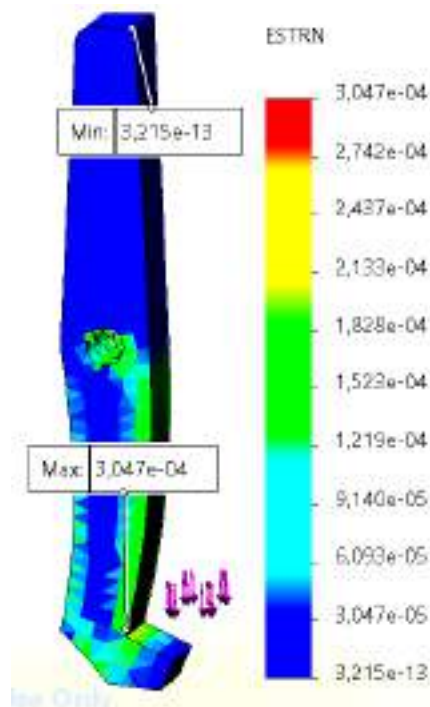


Рисунок 3.20 – Контурні графіки сумарних сумарних еквівалентних деформацій ESTRN скоби, виготовленої зі сталі 10

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

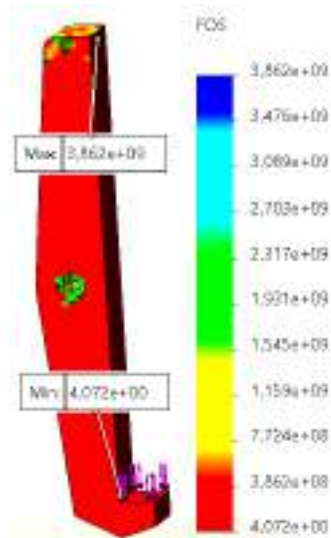


Рисунок 3.21 – Контурні графіки запасу міцності скоби, виготовленої зі сталі 10

Отже, отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження: з точки зору забезпечення експлуатаційних характеристик для виготовлення скоби заміна її матеріалу є можливою.

3.3 Визначення міцнісних характеристик гайки знімача підшипників

Наступною деталлю, яка стала темою дослідження у SW [31], це гайка знімача підшипників (рис. 3.22).

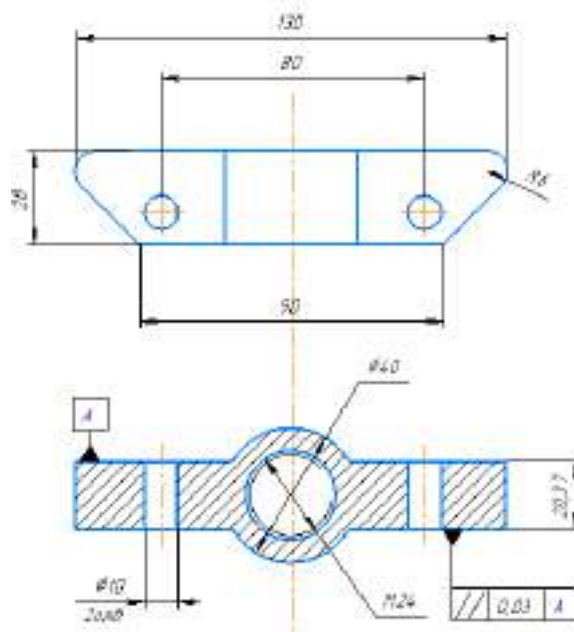


Рисунок 3.22 – Гайка знімача підшипників

У SW була створена геометрична модель гайки, вибраний її матеріал (сталь 45 ДСТУ 7809:2015), проведена дефініція опор гайки (рис. 3.23) та прикладені до неї навантаження (рис. 3.24).

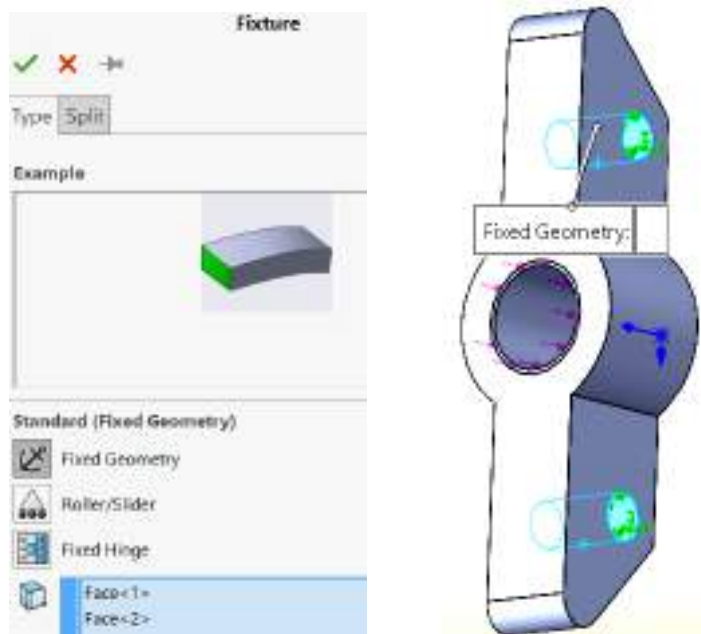


Рисунок 3.23 – Дефініція опор гайки

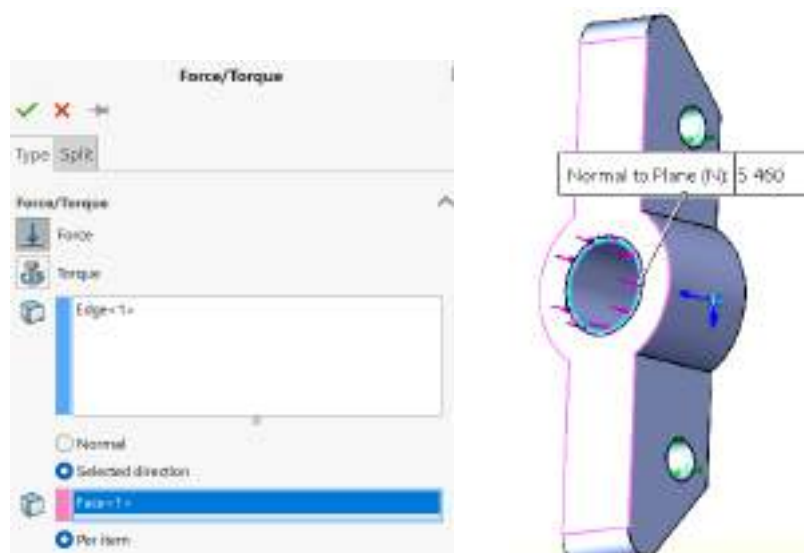


Рисунок 3.24 – Прикладення до гайки навантаження

Розділення на елементи (побудова сітки скінченних елементів) – 1-й етап розрахунку (рис. 3.25).

Mesh Details

Study name	Статический 1* (-По умолчанию-)
DetailsMesh 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	4,03075 mm
Tolerance	0,201538 mm
Mesh quality	High
Total nodes	12205
Total elements	7570
Maximum Aspect Ratio	3,8651
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	99,9
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0
Percentage of distorted elements	0
Number of distorted elements	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:00
Computer name	

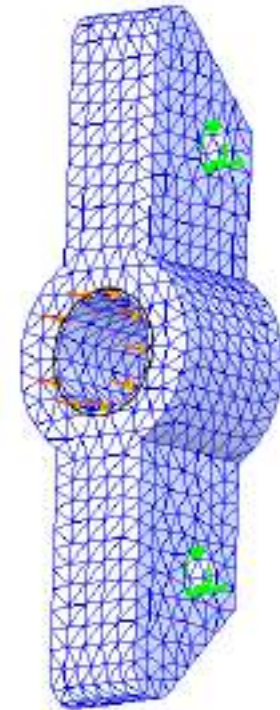


Рисунок 3.25 – Відображення сітки на твердому тілі гайки

Після цього: побудована матриця жорсткості, розв'язалась одержана система алгебраїчних рівнянь, визначились компоненти напружено-деформованого стану гайки. Результатом статичного аналізу є поля напружень Von Mises, переміщень URES, деформації ESTRN, запасу міцності гайки, граничні значення яких наведено на рис. 3.26 та у табл. 3.3.

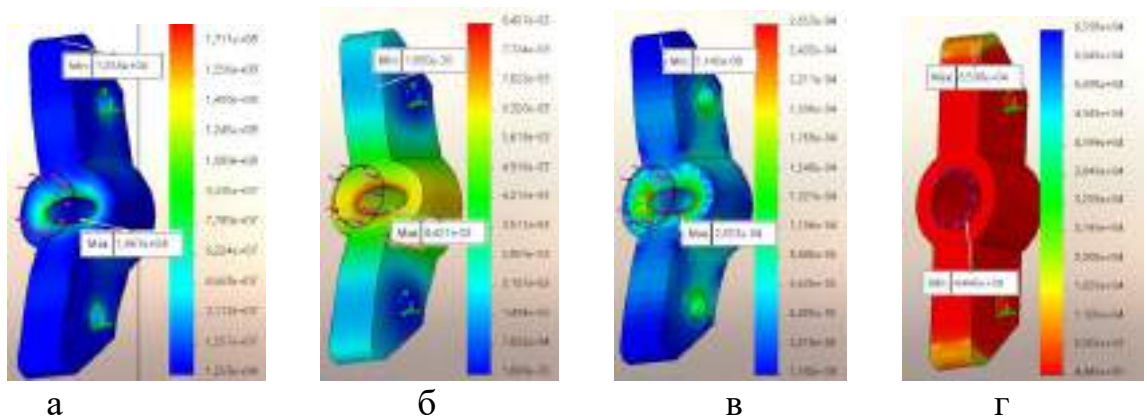


Рисунок 3.26 – Поля напружень Von Mises, переміщень URES, деформації ESTRN, запасу міцності гайки знімача підшипників

Таблиця 3.3 – Результати досліджень гайки знімача підшипників

Тип	Мін.	Макс.
Von Mises	1.284e+04 N/m ² Вузол: 10648	1.868e+08 N/m ² Вузол: 64
URES	0.000e+00 mm Вузол: 95	8.428e-03 mm Вузол: 64
ESTRN	5.250e-08 Елемент: 2195	2.653e-04 Елемент: 6800
Запас міцності	4.444e+00 Вузол: 64	6.462e+04 Вузол: 10648

Так як міні коефіцієнт запасу міцності гайки становить $n_{min} = 4.444$, що більше допустимого $[n_{min}] = 3$, то розрахунки гарантують її статичну міцність.

3.4 Визначення міцнісних характеристик тяги знімача підшипників

Знімач підшипників може вийти з ладу через недостатню міцність тяги (рис. 3.27), виготовленої зі сталі 45.

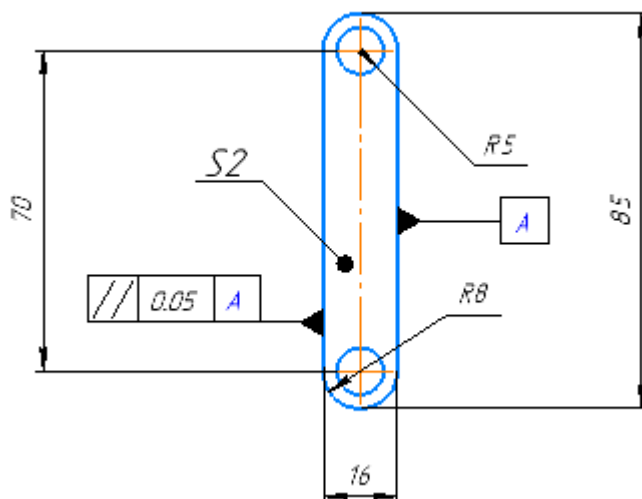


Рисунок 3.27 – Тяга знімача підшипників

У SW була створена геометрична модель тяги, вибраний її матеріал (сталь 45 ДСТУ 7809:2015), проведена дефініція опор (рис. 3.28) та прикладені до неї навантаження (рис. 3.29).



Рисунок 3.28 – Дефініція опор тяги

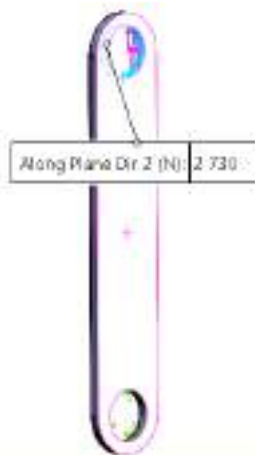


Рисунок 3.29 – Прикладення до тяги навантаження

Розділення моделі тяги на елементи (побудова сітки скінченних елементів) наведено нарис. 3.30.

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	1,3198 mm
Tolerance	0,0659902 mm
Mesh Quality	High
Total Nodes	14583
Total Elements	8246
Maximum Aspect Ratio	3,2618
% 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):	00:00:00



Рисунок 3.30 – Відображення сітки на твердому тілі тяги

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після цього: побудована матриця жорсткості, розв'язалась одержана система алгебраїчних рівнянь, визначились компоненти напружено-деформованого стану тяги. Результатом статичного аналізу є поля напружень Von Mises, переміщень URES, деформації ESTRN, запасу міцності тяги, граничні значення яких наведено на рис. 3.31.

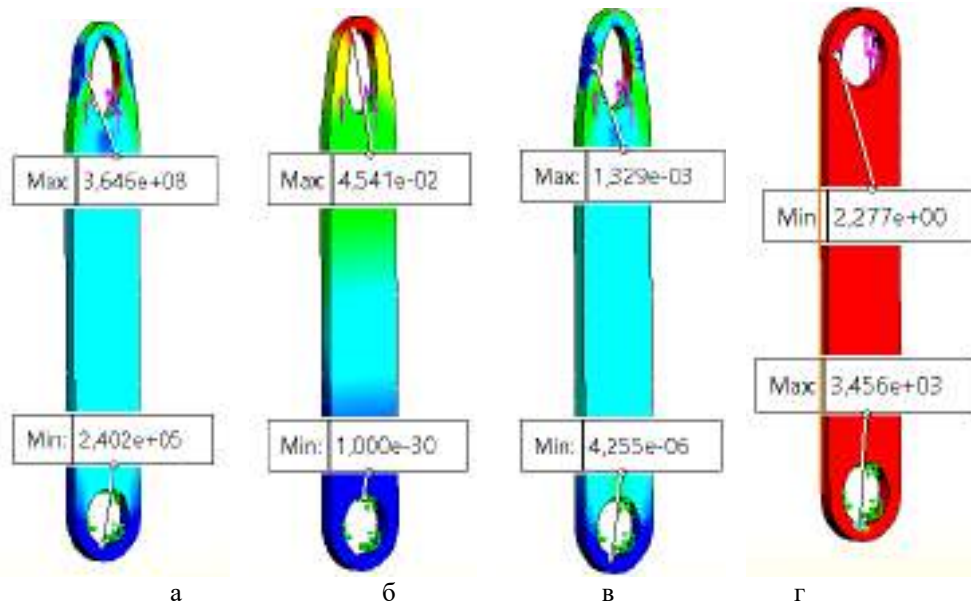


Рисунок 3.31 – Поля напружень Von Mises (а), переміщень URES (б), деформації ESTRN (в), запасу міцності (г)тяги знімача підшипників

Як видно з рис. 3.31, мінімальний встановлений коефіцієнт запасу міцності тяги становить $n_{min} = 2,78$, що є меншим за допустиме значення $[n_{min}] = 3,0$. Це свідчить про те, що ТБ під час розбиральних робіт із застосуванням сконструйованого знімача підшипників не забезпечується на необхідному рівні.

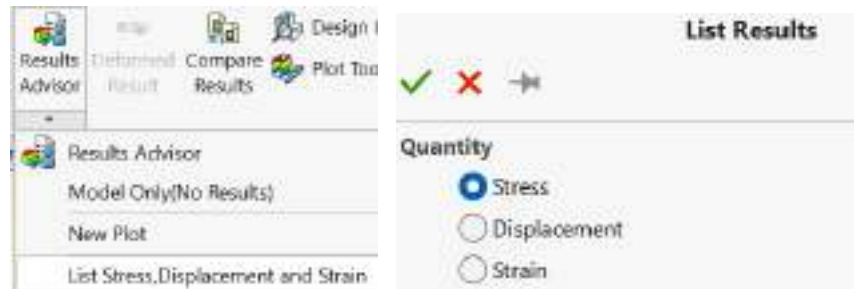
У зв'язку з цим виникає необхідність обрати оптимальний варіант покращення конструкції серед таких можливостей:

1. Заміна матеріалу тяги на більш міцний, наприклад леговану сталь;
2. Застосування термічної або ХТО для існуючого матеріалу з метою підвищення міцності;
3. Зміна геометричних розмірів деталі, зокрема її товщини.

Оскільки збільшення товщини тяги з 2,0 мм до 3,0 мм не впливає на розміри та взаємне розташування інших складових знімача, було прийнято рішення

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

провести повторні розрахунки тяги з урахуванням нового розміру. Результати цих розрахунків наведено на рис. 3.32, що дозволяє оцінити вплив зміни товщини на коефіцієнт запасу міцності та забезпечення безпечної експлуатації при розбиральних роботах.



Units: N/m² Step Number: 1

Selected reference : N/A

Node	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	VON (N/m ²)
7957	4,95722	1,5	-35,6526	2,50248e+08
12258	4,95722	0,75	-35,6526	2,46870e+08
16858	4,95722	2,25	-35,6526	2,46185e+08
18792	-4,95722	0,75	-35,6526	2,45799e+08
18849	-4,95722	2,25	-35,6526	2,45714e+08
18719	-4,95722	1,5	-35,6526	2,45462e+08
27	-4,82963	1,5	-36,2941	2,43961e+08
1706	5	1,5	-35	2,41598e+08

а

Units: mm Step Number: 1

Selected reference : N/A

Node	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	URES (mm)
20	0	0	-40	3,03199e-02
1	0	3	-40	3,03177e-02
18754	0,0589615	0,283953	-40,3356	3,02344e-02
18886	-0,200199	2,70646	-40,42	3,02145e-02
18888	0,344213	3	-40,8533	3,02089e-02
18889	-0,344213	3	-40,8533	3,02077e-02
18755	0,344213	0	-40,8533	3,02064e-02
18756	-0,344213	0	-40,8533	3,02034e-02
18891	0	2,5	-40	3,02019e-02

б

Після створення геометричної моделі гвинта у програмному забезпеченні SW здійснюється вибір матеріалу, з якого виготовляється деталь. Для даного гвинта було обрано сталь 45, що відповідає технічним вимогам щодо міцності та оброблюваності.

Для проведення статичного аналізу на його твердотільній моделі визначається місце закріплення гвинта (рис. 3.34, а), після чого до нього прикладається зовнішнє навантаження (рис. 3.34, б). В даному випадку навантаження задається у вигляді осьової сили величиною 10 950 Н, яка сприймається отвором під кульку з радіусом R6 (див. рис. 3.1, а, поз. 7). Такий підхід дозволяє імітувати реальні умови експлуатації гвинта та оцінити його поведінку під дією робочого навантаження з урахуванням точкового контакту з кулькою.

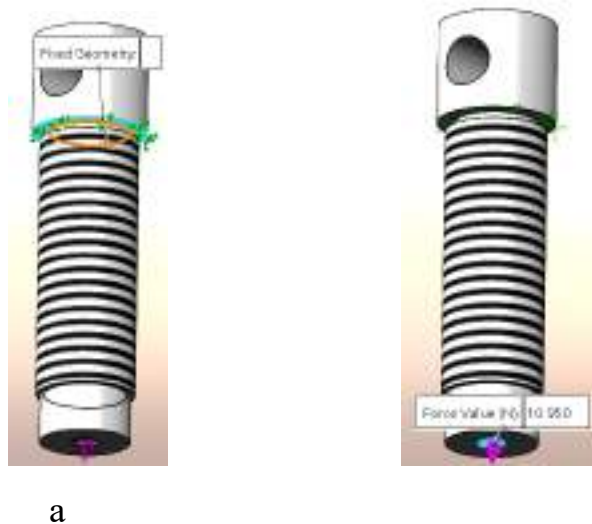


Рисунок 3.34 – Дефініція опори гвинта (а) та прикладення до нього навантаження (б)

Далі здійснюється поділ моделі гвинта на СЕ, які об'єднані у вузлах. У програмі для аналізу СЕ така модель розглядається як об'ємна сітка, що складається з окремих елементів, які взаємодіють між собою через вузли (рис. 3.35, а, б).

Такий підхід дозволяє докладно оцінити розподіл напружень і деформацій по всій поверхні деталі, враховуючи її геометрію та умови закріплення. Крім того,

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формування сітки є першим і необхідним етапом проведення точного статичного аналізу, оскільки від розміру та якості елементів залежить точність і надійність отриманих результатів.

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	3,59097 mm
Tolerance	0,179548 mm
Mesh Quality	High

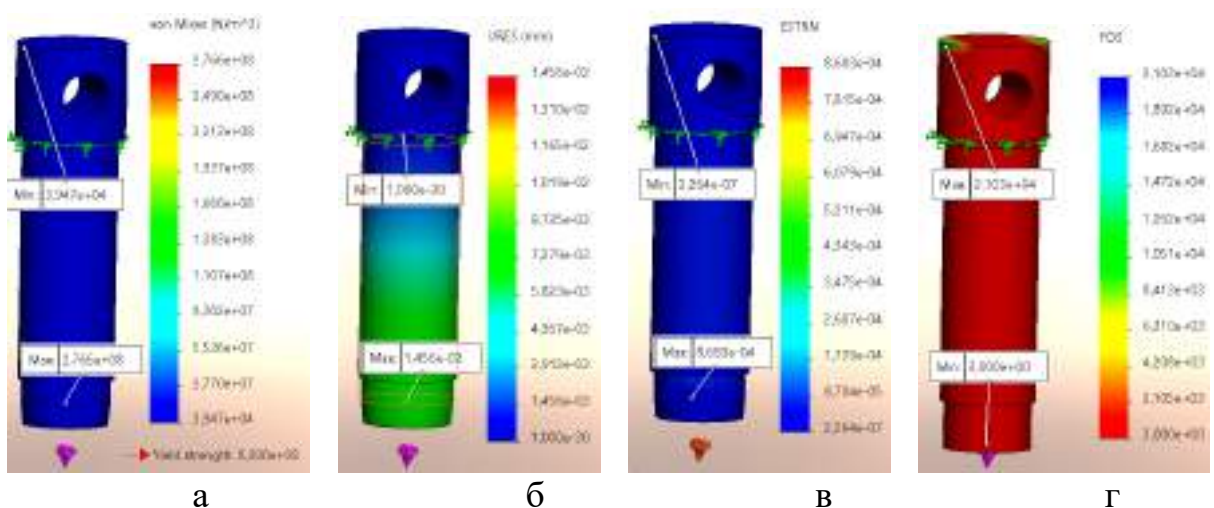


а

б

Рисунок 3.35 – Параметри сітки (а) та її відображення на твердому тілі гвинта знімача (б)

Подальшими розрахунками встановлюються максимальні параметри статичного аналізу: напруження у гвинті $\sigma = 2,766e+08 \text{ N/m}^2$ (вузол 2 – рис. 3.36, а); результуюче переміщення $h = 1,456e-02 \text{ мм}$ (вузол 2 – рис. 3.36, б); максимальна еквівалентна деформація $\delta = 8,683e-04$ (елемент 2070 – рис. 3.36, в). При цьому мінімальний запас міцності $n_{\min} = 3,000e+00$ (вузол 8621), що відповідає допустимому $[n_{\min}] = 3,0$.



а

б

в

г

Рисунок 3.36 – Контурні графіки сумарних: напружень von Mises (а), переміщень URES (б), еквівалентних деформацій ESTRN (в), запасу міцності (г) гвинта

Таким чином, застосування CAD-системи SW у поєднанні з її спеціалізованим додатком для інженерного аналізу – CAE-системою SW Simulation, дозволило підтвердити працездатність кожної деталі досліджуваного знімача підшипників. Такий підхід демонструє високий рівень інтеграції сучасних програмних комплексів у процес розробки, що забезпечує не лише точне моделювання геометрії деталей, а й оцінку їхньої поведінки під реальними робочими навантаженнями.

На сучасному етапі інженерного проектування розрахунки працездатності ДМ рекомендується проводити комплексно, використовуючи поєднання CAD і CAE інструментів. На етапі побудови тривимірної (3D) моделі застосовують функціонал CAD-системи SW, що дозволяє створити точну геометрію деталі, визначити її матеріал та властивості. Після цього, на етапі аналізу реальної конструкції, використовують SW Simulation, що дозволяє проводити статичні, динамічні та теплові розрахунки, а також визначати розподіл напружень, деформацій і критичних точок.

Інтеграція CAD і CAE у єдиний робочий процес дозволяє підвищити точність і наочність інженерного проектування, забезпечує можливість ранньої оптимізації конструкції та передбачення її поведінки під дією зовнішніх навантажень ще на етапі проектування. Крім того, такий підхід сприяє зниженню кількості помилок і неточностей, які традиційно виникають при ручних розрахунках або обмеженому 2D-моделюванні.

Отже, застосування CAD/CAE-системи SW забезпечує високий рівень наочності, чіткості та надійності інженерних розрахунків, роблячи процес проектування більш ефективним, системним та адаптованим до вимог сучасного машинобудування [30, 31].

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Наведені загальні відомості та технічні особливості самоскида та заднього моста КамАЗ-65115-6058-19(L4): призначення, будова, основні функції, найхарактерніші несправності, ТП розбирання головної передачі заднього моста; технологія ремонту редуктора заднього моста та його технічне обслуговування.

Проведений аналіз стендів для ремонту редукторів заднього моста та проектування відповідного стенду для самоскида КамАЗ-65115-6058-19(L4): розробка конструкції стенду та його функціональні можливості; технологія виконання робіт на стенді; конструкція опор повороту та будова системи фіксації обертання моста; розрахунок спроектованого стенду.

Розроблений стенд повністю відповідає висунутим технічним та експлуатаційним вимогам. Його конструкція оснащена ручною лебідкою, яка використовується для підйому та переміщення редуктора заднього моста, що значно підвищує зручність і безпеку виконання робіт.

Особливістю стенда є його універсальність, що досягається завдяки застосуванню змінних кронштейнів, які дозволяють закріплювати редуктори різних марок та модифікацій без необхідності в складних переналагодженнях.

Впровадження в виробничий процес модернізованої конструкції стенда забезпечує відчутне зниження трудових витрат персоналу під час проведення розбірно-складальних операцій у технологічному циклі ремонту редуктора заднього моста. Насамперед це проявляється у зменшенні трудомісткості операцій установки та зняття редуктора заднього моста зі стенда. Якщо при існуючій технології виконання цих робіт потребує участі трьох працівників (двоє здійснюють підйом, а третій виконує закріплення), то у випадку застосування нової конструкції дану операцію може виконувати одна людина, що значно підвищує ефективність праці та скорочує витрати робочого часу.

Розроблено конструювання знімача підшипників редуктора заднього моста та дослідження працездатності його основних деталей за допомогою SolidWorks Simulation: проведене комп'ютерне моделювання напружено-деформованого

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стану скоби, гайки, тяги та гвинта з відображенням контурних графіків сумарних напружень von Mises, переміщень URES, деформацій ESTRN і запасу міцності FOS. При дослідженні зроблені висновки, що у випадку заміни сталі 45 на сталь 10 для виготовлення скоби запас міцності достатній (економія на вартості матеріалу, хорошу оброблюваність, здатність до ХТО та надійність у широкому діапазоні температур).

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. КамАЗ 65115 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/КАМАЗ_65115
2. Автосамоскид КамАЗ 65115-6058-19(L4) – Режим доступу: https://bigcar.sale/market/samosvaly/kamaz_65115-6058-19_14
3. Ремонт редуктора КамАЗ: повний посібник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kamteh.ua/news_item/repair-of-the-kamaz-gearbox-complete-guide
4. Ремонт та регулювання редуктора автомобіля КАМАЗ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gruzovik.biz/articles/remont-i-regulirovka-reduktora-avtomobilya-kamaz>
5. Калиновський А. Я. Курс лекцій з дисципліни «Будова та експлуатація спеціальної техніки» / А. Я. Калиновський, Р. І. Коваленко. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2019. – 86 с.
6. Патентний огляд стендів для ремонту двигунів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/21445887/page:6>
7. Устаткування для станцій технічного обслуговування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://avtodom.store/f/nordberg_2017_oborudovaniye_dlya_sto.pdf
8. Стенди для ремонту двигунів, систем та агрегатів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/stend-dlya-razborki-i-sborki-reduktorov-zadnih-mostov-avtomobilej-b252am>
9. Стенд-кантувач для ремонту двигунів та агрегатів 3 в 1 вантажний 1600 кг NORDBERG N30160R [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dukon.by/catalog/dopolnitelnoe-oborudovanie/kantovateli-dvigatelya/stend_kantovatel_dlya_remonta_dvigatelye_i_agregatov_3_v_1_gruzovoy_1600_kg_nordberg_n30160r/?srsltid=AfmBOopWnGQd16kuRtX4oMhY8OpcIV8qAEI_Vk8LAHRFRUAS4lxMz-tSO

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Огляд основних характеристик та переваг наявності стенду на підприємствах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lg.net.ua/uk/category/repair-equipment-uk-main/dopolnitelnoe-oborudivanie-uk>

11. Стенд для розбирання двигуна Р-770Е [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/stend-dlya-razborki-dvigatelya-r-770e>

12. Р-770Е – Стенд універсальний для ремонту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/catalog/product/r770e.-stend-universalnyy-dlya-remonta>

13. Універсальний стенд Р-500 Е [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alvivit.by/oborudovanie/stendy-dlya-sborki-razborki/universalnyy-stend-r-500-e>

14. Стенд для складання-розбирання двигунів вагою до 800 кг. Р-500Е [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spb.technorosst.com/avtoservisnoe-oborudovanie/spetsializirovannye-stanki/kantovateli-i-stendy-dlya-razborki-sborki/stend-dlya-sborki-razborki-dvigatelyev-vesom-do-800kg-r500e>

15. Універсальний стенд Р-500Е [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/catalog/product/universalnyy-stend-r-500-e>

16. Стенд універсальний Р-500Е для складання-розбирання двигунів, КПП вагою до 800 кг пересувний [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vek-teh.by/p1981340-stend-universalnyj-r500e.html>

17. Стенд Р-500Е для ремонту двигунів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/stend-r-500e-dlya-remonta-dvigatelyej>

18. Стенд для розбирання і складання редукторів задніх мостів автомобілів Б252АМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/stend-dlya-razborki-i-sborki-reduktorov-zadnih-mostov-avtomobilej-b252am>

19. Стенд для ремонту редукторів Р-620 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vek-teh.by/p100873552-stend-dlya-remonta.html>

20. Стенд для розбирання і складання редукторів задніх мостів ЗІЛ і КамАЗ КРОН Р-620 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autobis.org/oborudovanie-dlya-remonta-dvigatelyej-vnutrennego-sgoraniya->

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[dvs/stendyi-dlya-razborki-sborki-dvigatelej/stend-dlya-razborki-i-sborki-reduktorov-zadnih-mostov-zil-i-kamaz-r-620](https://niro34.com/stend-dlya-remonta-reduktorov-r-620)

21. Стенд для ремонту редукторів Р-620 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://niro34.com/stend-dlya-remonta-reduktorov-r-620>

22. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 275 с.

23. Деталі машин і основи конструювання: конспект лекцій / укладач В. В. Стрелец. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 150 с.

24. Rudyk O. Yu. CAD/CAE-systems in the research of motor vehicle details / O. Yu. Rudyk, V. O. Fasolia // Interdisciplinary research: scientific horizons and perspectives: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 2), March 12, 2021. – Vilnius, Republic of Lithuania: European Scientific Platform. – Pp. 51-53. – URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/issue/view/12.03.2021/471>

25. Рудик О. Підготовка висококваліфікованих фахівців автомобілебудування на базі застосування SolidWorks [Електронний ресурс] / О. Рудик, В. Посполіта.– Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/9297>

26. Psol S. V. Impact of blow on the stability of details of wheeled machines [Electronic resource] / S. V. Psol, S. Gramenko, O. Yu. Rudyk. – Access mode: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/10061>

27. Рачок Р. В. Застосування SolidWorks для підготовки фахівців у галузі автоматизації та інформаційних технологій / Р. В. Рачок, О. Ю. Рудик, В. М. Волошин // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2018. – С. 198-200.

25. Сталь 45: особливості застосування і характеристика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.myvin.com.ua/news/13020-stal-45-osobennosty-prymeneniya-y-kharakterystyka>

					КвРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

26. Характеристика матеріалу 10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=27

27. Сталь 10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/10>

28. Сталь марки 10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://metallmash.dp.ua/marki-stali/stal-marki-10>

29. Сталь 10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://aksvil.by/klientam/materialy-po-prokatu/stal-10.html?srsltid=AfmBOoobSHyuvf2blZfLLSjyAxp9nKBwZ_TfPHkJyFUEwQA_dew9VhbN

30. Рудик О. Ю. SolidWorks – CAD/CAE-система технічних вузів / О. Ю. Рудик, П. В. Каплун // Science, society, education: topical issues and development prospects. Abstracts of the 2nd International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kharkiv, Ukraine. 2020. Pp. 249-253.

31. Рудик О. Ю. SW – CAD/CAE-система технічних вузів [Електронний ресурс] / О. Ю. Рудик, П. В. Каплун. – Режим доступу:
<http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8631>

					КВРМТВА 024329.01.14.ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		