

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автотранспорту та логістики

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу ремонту передньої осі
автомобіля КрАЗ-6505

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАС-41
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Богдан БУЧИНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Роман ХОРОШУН

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Тарас ДУБИНЯК

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«21» січня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бучинському Богдану Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 20 року № 4/9-39

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.
4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Конструкція передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 – 1 аркуш формату А1. Вплив дорожніх умов на навантаження передньої осі – 1 аркуш формату А1. Схема дії навантажень на підшипник маточини – 1 аркуш формату А1. Деталізований технологічний маршрут відновлення – 1 аркуш формату А1. Деформація балки передньої осі під дією навантаження – 1 аркуш формату А1. Поворотний стенд для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 – 1 аркуш формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н, доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 27.01.2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Загально-технічний розділ	20.02.2026	
2.	Технологічний розділ	20.03.2026	
3.	Конструкторський розділ	24.04.2026	
4.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2026	
5.	Оформлення графічної частини	19.06.2026	
6.	Захист кваліфікаційної роботи	24.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Богдан БУЧИНСЬКИЙ

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Роман РОГАТИНСЬКИЙ

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Розроблення технологічного процесу ремонту передньої осі автомобіля
КрАЗ-65055» студента групи МАс - 41 ТНТУ імені Івана Пулюя

Богдана БУЧИНСЬКОГО.

Керівник роботи – д-р. техн. наук, професор кафедри Рогатинський Роман
Михайлович

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки: 73 арк.
формату А4, графічної частини: 6 аркушів формату А1 та додатки.

В пояснювальній записці наведені необхідні розрахунки, вона містить усі
необхідні розділи і повністю відповідає встановленим вимогам. Також
оформлена графічна частина до даної кваліфікаційної роботи.

У загально-технічному розділі проведено аналіз конструкції передньої осі
автомобіля КрАЗ-65055, розглянуто її функціональне призначення, умови
експлуатації та основні види несправностей. Визначено фактори, що впливають
на зношування і довговічність елементів осі. Проведено аналіз існуючих
методів ремонту та відновлення деталей.

Технологічний розділ включає розробку технологічного процесу ремонту
передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. Визначено послідовність виконання
операцій, підібрано необхідне обладнання, інструмент і засоби контролю.
Виконано розрахунок трудомісткості ремонтних робіт, визначено норми часу, а
також розраховано режими механічної обробки та наплавлення деталей.

У конструкторському розділі проведено аналіз існуючих пристроїв для
ремонтів передньої осі та розроблено конструкцію поворотного стенда.
Наведено розрахунок елементів конструкції та визначено економічну
ефективність впровадження стенда.

У розділі з безпеки життєдіяльності розглянуті заходи щодо забезпечення
безпечних умов праці при виконанні ремонтних робіт.

Ключові слова:

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Аналіз конструкції передньої осі автомобіля КрАЗ-65055.....	8
1.2 Аналіз умов експлуатації і причин несправностей.....	11
1.3 Основні несправності передньої осі.....	15
1.4 Аналіз існуючих методів ремонту передньої осі.....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Характеристика процесу ремонту передньої осі.....	25
2.2 Розрахунок трудомісткості та норм часу.....	33
2.3 Розробка технологічного процесу відновлення основних деталей передньої осі автомобіля КрАЗ-65055.....	36
2.4 Розробка маршрутної технологічної карти ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055.....	41
2.5 Розрахунок режимів обробки при ремонті передньої осі автомобіля КрАЗ-65055.....	44
2.6 Вибір обладнання та інструменту для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055.....	48
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Аналіз існуючих конструкцій і пристроїв для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055.....	52
3.2 Розрахунок елементів конструкції поворотного станда.....	55
3.3 Розрахунок економічної ефективності використання поворотного станда.....	59
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
4.1 Організація охорони праці під час ремонту передньої осі КрАЗ-65055.	63
4.2 Соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань.....	66
ВИСНОВКИ.....	70
БІБЛІОГРАФІЯ.....	72
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Згідно з європейським стандартом, технічне обслуговування визначається як сукупність усіх технічних, адміністративних і управлінських заходів, що здійснюються протягом життєвого циклу об'єкта з метою підтримання або відновлення його працездатного стану. Це визначення підкреслює, що технічне обслуговування і ремонт повинні розглядатися не лише як експлуатаційна необхідність, але й як стратегічно важлива складова діяльності підприємства.

На початкових етапах розвитку промисловості ремонт розглядався як неминуча складова виробництва і фактично сприймався як «необхідне зло». Відновлення працездатності здійснювалось лише після виникнення несправностей, без оптимізації процесів. У цей період домінував підхід коригувального ремонту, коли відновлення вузлів, у тому числі передньої осі автомобіля, виконувалося лише після їх відмови.

У другій половині ХХ століття, із розвитком наукових підходів до управління виробництвом, з'явилося розуміння необхідності попередження відмов. Це сприяло розвитку попереджувального технічного обслуговування, спрямованого на зменшення ймовірності поломок. Зокрема, широкого поширення набуло планово-попереджувальне обслуговування, що здійснюється через встановлені інтервали часу або пробігу.

Важливим завданням стало визначення раціональних інтервалів обслуговування. Для цього були розроблені концепції надійнісно-орієнтованого технічного обслуговування (RCM), що враховує надійність вузлів і можливі наслідки їх відмов, а також концепція життєвого циклу витрат (LCC), яка передбачає оцінювання витрат на обслуговування у довгостроковій перспективі.

Подальший розвиток техніки та інформаційних технологій сприяв появі предиктивного (прогнозного) обслуговування, що базується на оцінюванні фактичного технічного стану вузлів. Це дозволяє планувати ремонт передньої

осі автомобіля КраЗ-65055 з урахуванням ступеня зносу та експлуатаційних навантажень.

З розвитком сучасних підходів до управління виробництвом сформувалися нові концепції технічного обслуговування, зокрема ТРМ (загальне продуктивне обслуговування) та VDM (обслуговування, орієнтоване на створення цінності). Ці підходи передбачають розгляд технічного обслуговування і ремонту не лише як витрат, але і як джерела підвищення надійності, продуктивності та ефективності використання техніки.

У сучасних умовах технічне обслуговування і ремонт автомобілів, зокрема ремонт передньої осі КраЗ-65055, є важливим фактором забезпечення безпеки руху, економічності експлуатації та довговічності транспортних засобів. Водночас недостатня узгодженість між стратегією підприємства та організацією ремонтних процесів може негативно впливати на ефективність діяльності.

Отже, розроблення технологічного процесу ремонту передньої осі автомобіля доцільно розглядати як комплексне завдання, спрямоване на підвищення надійності, зниження витрат і забезпечення ефективної експлуатації транспортних засобів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз конструкції передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Передня вісь автомобіля є одним із ключових елементів ходової частини, що забезпечує сприйняття навантажень від маси транспортного засобу, їх передачу на опорну поверхню через колеса, а також бере безпосередню участь у процесі керування автомобілем. З огляду на це, аналіз конструкції передньої осі повинен здійснюватися комплексно – з урахуванням умов експлуатації, конструктивних особливостей вузла та його функціональної взаємодії з елементами підвіски і рульового керування. Такий підхід відповідає загальноприйнятій методиці виконання кваліфікаційних робіт технічного спрямування.

Автомобіль КрАЗ-65055 належить до класу важких вантажних транспортних засобів, що експлуатуються в складних дорожніх і кліматичних умовах, зокрема на нерівних покриттях, ґрунтових дорогах і будівельних майданчиках. У зв'язку з цим до конструкції передньої осі висуваються підвищені вимоги щодо міцності, жорсткості, зносостійкості та надійності, оскільки саме цей вузол сприймає значні статичні й динамічні навантаження в процесі експлуатації.

Конструктивно передня вісь автомобіля КрАЗ-65055 виконана у вигляді жорсткої балки, яка встановлюється на ресорній підвісці. Балка передньої осі є основним несучим елементом і виготовляється з високоміцної сталі методом кування або штампування, що забезпечує необхідну міцність і довговічність. Її форма є складною і оптимізованою з точки зору розподілу навантажень та розміщення допоміжних вузлів.

На кінцях балки розміщені поворотні кулаки (цапфи), які через шкворневі з'єднання забезпечують можливість повороту керованих коліс. Саме шкворневий вузол є одним із найбільш навантажених і відповідальних елементів конструкції, оскільки він працює в умовах значних контактних

напружень і тертя. Далі, на поворотних кулаках встановлюються маточини коліс із підшипниковими вузлами, які забезпечують обертання коліс із мінімальними втратами на тертя.

Важливо підкреслити, що передня вісь функціонує у тісному взаємозв'язку з елементами рульового приводу – тягами, важелями та шарнірними з'єднаннями, які передають керуючі зусилля від рульового механізму до коліс. Крім того, вона інтегрована з підвіскою автомобіля, що забезпечує пом'якшення ударних навантажень і підвищення комфортності руху.

Таким чином, передня вісь виступає не лише як окремий вузол, а як складова єдиної функціональної системи ходової частини автомобіля.

Функціональне призначення передньої осі визначається рядом основних завдань, які вона виконує в процесі експлуатації транспортного засобу. Зокрема, передня вісь:

- сприймає навантаження від передньої частини автомобіля та передає його на колеса;
- забезпечує можливість повороту керованих коліс;
- передає зусилля від підвіски до коліс;
- забезпечує курсову стійкість і керованість автомобіля;
- сприймає динамічні, ударні та гальмівні навантаження під час руху.

Для автомобілів великої вантажопідйомності, таких як КрАЗ-65055, ці функції реалізуються в умовах підвищених навантажень, що обумовлює необхідність застосування конструктивних рішень із запасом міцності та надійності.

Розглядаючи конструкцію передньої осі більш детально, доцільно виділити її основні елементи. До них належать:

- балка передньої осі – основний несучий елемент конструкції;
- поворотні кулаки (цапфи) – забезпечують кріплення маточин і поворот коліс;
- шкворні – виконують функцію осі обертання поворотного кулака;

- маточини коліс – забезпечують монтаж і обертання коліс;
- підшипники – зменшують тертя і забезпечують плавність обертання;
- елементи рульового приводу – передають керуючі зусилля;
- елементи підвіски – забезпечують амортизацію та зниження ударних навантажень.

Усі перелічені елементи працюють у тісному взаємозв'язку, утворюючи єдину механічну систему. Порушення працездатності будь-якого з них може призвести до погіршення керованості, підвищеного зносу суміжних деталей і, як наслідок, зниження рівня безпеки руху.

Отже, конструкція передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є складною інженерною системою, яка повинна забезпечувати високу надійність, довговічність та безпечну експлуатацію транспортного засобу в різноманітних умовах (рис. 1.1). Її детальне вивчення та аналіз конструктивних особливостей є необхідною передумовою для подальшого обґрунтування і розроблення ефективного технологічного процесу ремонту.

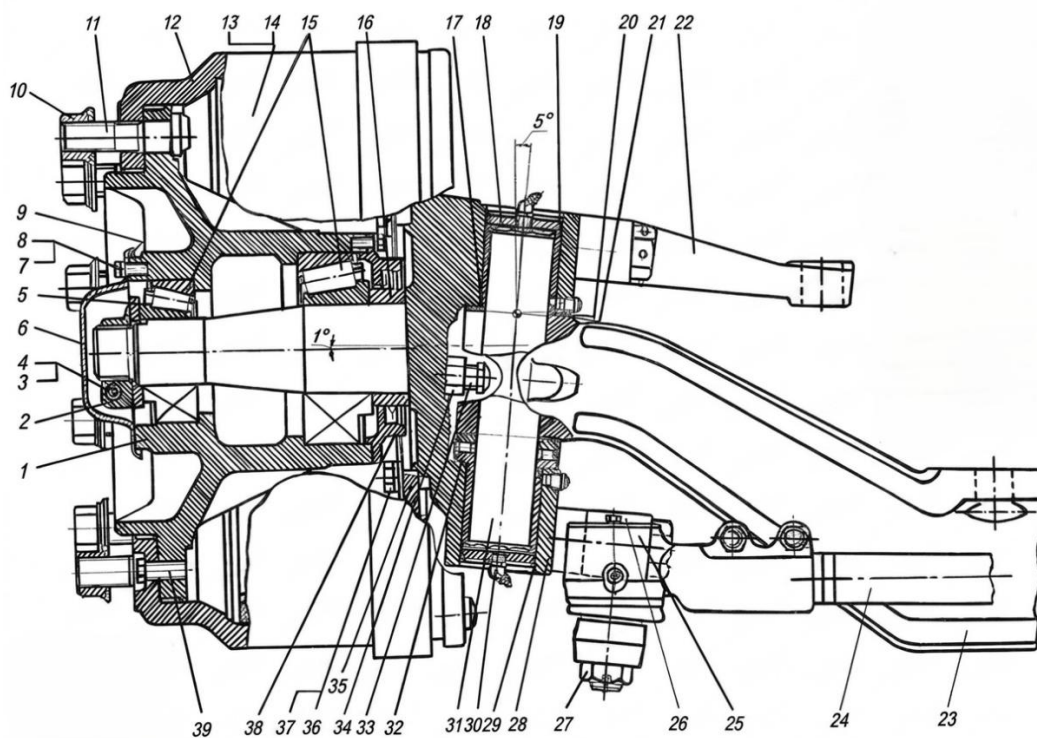


Рисунок 1.1 – Конструкція передньої осі автомобіля КрАЗ-65055:

1 – маточина; 2 – гайка; 3 – гвинт; 4 – шайба; 5 – кришка; 6 – шайба; 7 – болт; 8 – прокладка; 9 – прокладка; 10 – гайка кріплення колеса; 11 – болт кріплення колеса; 12 – гальмівний барабан; 13 – гальмівна колодка права; 14 – гальмівна колодка ліва; 15 – підшипник конічний; 16 – кільце упорне; 17 – кільце ущільнювальне; 18 – заглушка; 19 – кільце ущільнювальне; 20 – шайба регулювальна; 21 – шайба регулювальна; 22 – важіль; 23 – балка передньої осі; 24 – тяга поперечна рульова; 25 – важіль; 26 – важіль; 27 – гайка; 28 – кулак поворотний; 29 – стопор; 30 – маслянка (прес – маслянка); 31 – шкворень; 32 – підшипник; 33 – упор; 34 – гайка; 35 – супорт; 36 – болт; 37 – гайка; 38 – кришка з манжетою в зборі; 39 – болт кріплення гальмівного барабана.

1.2 Аналіз умов експлуатації і причин несправностей

Передня вісь автомобіля КраЗ-65055 функціонує в умовах підвищених експлуатаційних навантажень, що обумовлено як конструктивними особливостями транспортного засобу, так і специфікою його використання. Даний автомобіль належить до класу важких вантажних машин і переважно експлуатується у будівельній, промисловій та транспортній сферах, де характерними є значні навантаження, нерівномірний рельєф дорожнього покриття та інтенсивні режими руху. У сукупності це формує складний напружено-деформований стан елементів передньої осі, що безпосередньо впливає на їх довговічність і надійність.

У процесі роботи передня вісь зазнає дії різних видів навантажень, серед яких домінують статичні, динамічні та ударні. Статичне навантаження визначається масою передньої частини автомобіля, включаючи двигун, кабінку та частину вантажу. Водночас під час руху виникають динамічні навантаження, що змінюються залежно від швидкості, режиму руху та характеру маневрування. Особливо небезпечними є ударні навантаження, які виникають при наїзді на нерівності, оскільки вони мають короткочасний, але значний за величиною характер.

З урахуванням цього напруження в елементах передньої осі змінюються у часі, що призводить до явища втоми матеріалу. Типова залежність накопичення пошкоджень може бути представлена експоненціальною функцією (рис.1.2), де зменшення ресурсу деталі відбувається зі зростанням кількості циклів навантаження. У результаті цього в матеріалі балки передньої осі та інших елементів виникають мікротріщини, які з часом розвиваються та можуть призводити до руйнування.

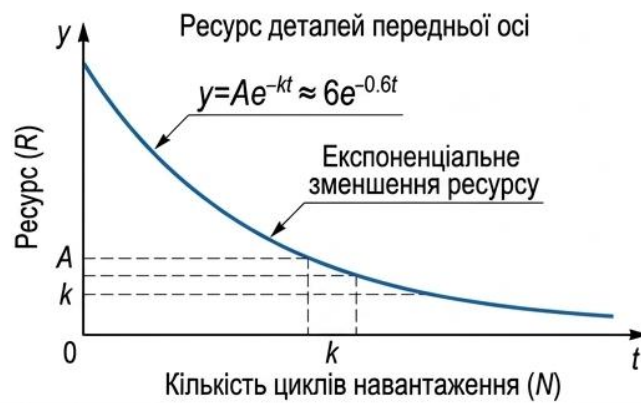


Рисунок 1.2 – Схема зменшення ресурсу деталі

Цей графік відображає теоретичну залежність накопичення втомних пошкоджень, описану експоненціальною функцією. Ресурс деталі (R) стрімко зменшується зі зростанням кількості циклів навантаження (N).

Не менш важливим фактором є дорожні умови експлуатації (рис. 1.3). Для автомобіля КрАЗ-65055 характерна робота на дорогах із низькою якістю покриття або взагалі без нього. Це супроводжується постійними вібраціями, нерівномірним розподілом навантаження між колесами та підвищеним рівнем динамічних впливів. Внаслідок цього зростає інтенсивність зношування деталей, особливо у вузлах тертя.

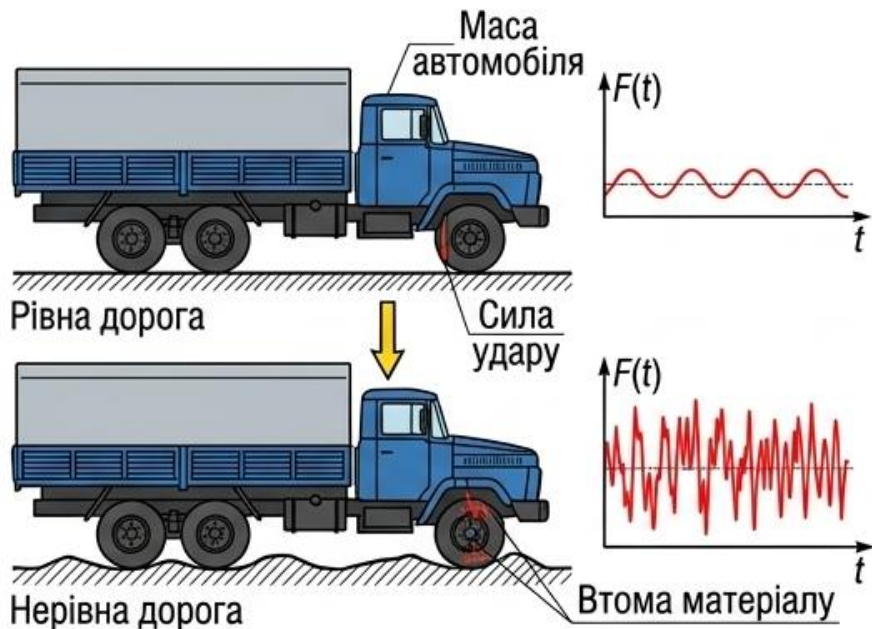


Рисунок 1.3 – Вплив дорожніх умов на навантаження передньої осі

Під впливом зазначених факторів у вузлах передньої осі виникають додаткові сили тертя, що сприяють підвищеному зносу підшипників, шкворневих з'єднань та елементів рульового приводу (рис. 1.4). Особливо чутливими до таких умов є підшипники маточин, які працюють у складному режимі сприйняття одночасно радіальних і осьових навантажень. При недостатньому змащенні або потраплянні забруднень відбувається їх перегрів і прискорене руйнування.

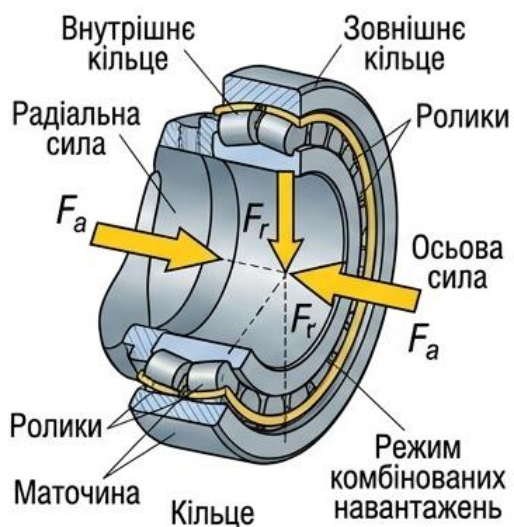


Рисунок 1.4 – Схема дії навантажень на підшипник маточини

Значний вплив на технічний стан передньої осі має також знос її основних елементів. Найбільш уразливими є шкворневі з'єднання, які працюють у режимі тертя ковзання. Зношування шкворня і втулок призводить до збільшення зазорів і появи люфтів у поворотному кулаці, що негативно впливає на керованість автомобіля.

Балка передньої осі, як основний несучий елемент, піддається згинальним і крутним навантаженням. У процесі тривалої експлуатації можливе її викривлення або утворення тріщин у місцях концентрації напружень. Це призводить до порушення геометрії встановлення коліс і нерівномірного зносу шин (рис. 1.5).

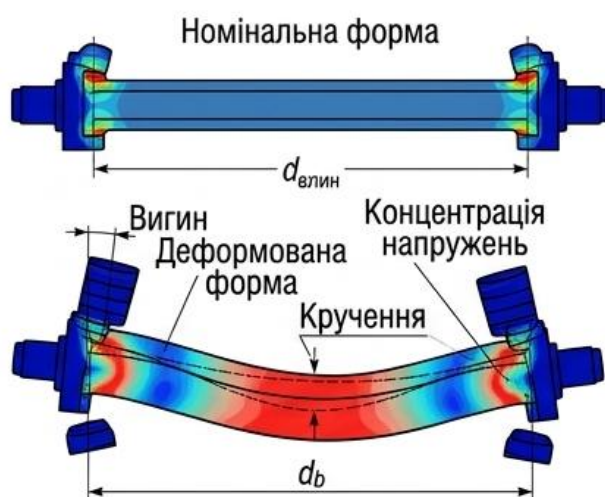


Рисунок 1.5 – Деформація балки передньої осі під дією навантаження

Елементи рульового приводу, такі як тяги і шарніри, також піддаються змінним навантаженням і вібраціям, що спричиняє їх поступове зношування. Збільшення люфтів у цих елементах призводить до погіршення точності керування та зниження безпеки руху.

Узагальнюючи результати аналізу, можна зазначити, що причини виникнення несправностей передньої осі мають комплексний характер (рис. 1.6). До основних факторів належать перевантаження автомобіля, експлуатація в складних дорожніх умовах, недостатній рівень технічного обслуговування, порушення режимів змащення та природні процеси втоми матеріалу. Додатково

негативний вплив чинять корозійні процеси та потрапляння забруднень у вузли тертя.



Рисунок 1.6 – Основні причини несправностей передньої осі

Отже, передня вісь автомобіля КрАЗ-65055 працює в умовах складного поєднання механічних і експлуатаційних факторів, що обумовлює інтенсивний знос її елементів. Найбільш суттєвий вплив мають змінні навантаження, ударні дії та недостатній рівень технічного обслуговування. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про необхідність удосконалення підходів до діагностики та ремонту даного вузла, що є основою для подальшого розроблення ефективного технологічного процесу його відновлення.

1.3 Основні несправності передньої осі

Передня вісь автомобіля КрАЗ-65055 є одним із найбільш навантажених вузлів ходової частини, оскільки вона одночасно сприймає вертикальні навантаження від маси автомобіля, динамічні ударні впливи від нерівностей дорожнього покриття, а також бічні та поздовжні сили, що виникають під час гальмування та маневрування. У процесі тривалої експлуатації зазначені фактори призводять до накопичення пошкоджень у матеріалі деталей, поступового зниження їхньої міцності та зміни геометричних параметрів.

З позицій механіки та теорії надійності машин, технічний стан передньої осі визначається сукупністю процесів втомного руйнування, пластичного

деформування, трибологічного зношування та деградації з'єднань. Ці процеси є взаємопов'язаними і розвиваються поступово, що ускладнює раннє виявлення дефектів без застосування спеціальних методів діагностики. Основними причинами виникнення несправностей є змінні циклічні навантаження, перевищення допустимих експлуатаційних режимів, недостатнє або порушене змащування, а також вплив агресивних факторів зовнішнього середовища, включаючи вологу, пил і корозійно активні середовища.

Узагальнено всі несправності передньої осі можна розглядати як чотири великі групи: тріщиноутворення та втомне руйнування, деформації конструктивних елементів, зношування спряжених поверхонь та інші супутні дефекти, що впливають на працездатність вузла в цілому.

Найбільш небезпечними є процеси втомного руйнування, які проявляються у вигляді тріщин у відповідальних елементах конструкції, насамперед у балці передньої осі та поворотних кулаках. Формування тріщин є класичним прикладом поступового накопичення пошкоджень у матеріалі під дією циклічних навантажень. На мікроструктурному рівні це починається з утворення мікрodefektів у зонах концентрації напружень, після чого відбувається їх об'єднання та розвиток у макротріщини. Подальше поширення тріщини відбувається до моменту, коли залишковий переріз деталі не здатний сприймати діючі навантаження, що призводить до раптового руйнування.

Особливо небезпечними є зони різкої зміни перерізу, місця кріплення ресор, отвори під шкворні, а також ділянки, що зазнають ударних навантажень під час руху по нерівностях. У цих місцях виникає підвищена концентрація напружень, яка суттєво прискорює процес утворення тріщин. Наслідком розвитку таких дефектів є зниження несучої здатності балки, порушення просторової жорсткості передньої осі та підвищення ризику аварійної відмови.

Не менш важливою групою дефектів є деформації елементів передньої осі. Вони виникають унаслідок перевищення межі пружності матеріалу або накопичення залишкових пластичних деформацій. Найпоширенішими є вигин балки, її скручування, а також перекіс поворотних кулаків. Причинами таких

змін є перевантаження транспортного засобу, нерівномірний розподіл маси, різкі удари при наїзді на перешкоди, а також тривала дія змінних навантажень.

З точки зору механіки деформівного твердого тіла, такі процеси відповідають переходу матеріалу з пружного стану в пластичний, коли деформації перестають бути оборотними. Це призводить до зміни геометрії осі, порушення паралельності та співвісності елементів, а також до зміни кутів установки керованих коліс. У практичному аспекті це проявляється у вигляді нерівномірного зносу шин, погіршення стійкості руху, збільшення витрати пального та зниження керованості автомобіля.

Значну частку несправностей становить знос спряжених поверхонь, який є природним наслідком тривалої роботи вузлів тертя. У передній осі КраЗ-65055 найбільш інтенсивно зношуються шкворневі з'єднання, втулки, підшипники маточин, шарніри рульових тяг та інші елементи, що працюють в умовах постійного відносного переміщення. Зношування може мати абразивний характер, коли частинки забруднень діють як мікроінструменти різання, адгезійний – при мікрозварюванні контактуючих поверхонь, а також контактено-втомний, що виникає під дією циклічних контактних напружень.

У результаті розвитку зносу збільшуються робочі зазори, виникають люфти, підвищується рівень вібрацій і шуму, погіршується точність роботи механізмів керування. Це безпосередньо впливає на безпеку руху, оскільки порушується стабільність траєкторії автомобіля та знижується ефективність керування.

Окрему групу становлять супутні несправності, які хоч і не завжди призводять до негайної відмови вузла, але суттєво впливають на його довговічність. До них належать ослаблення різьбових з'єднань, руйнування або деградація підшипників, пошкодження ущільнювальних елементів, а також корозійні процеси. Корозія є особливо небезпечною, оскільки поступово зменшує ефективний переріз деталей і сприяє розвитку тріщин у місцях ослаблення матеріалу.

Для систематизації підходів до технічної діагностики передньої осі доцільно узагальнити основні види несправностей, методи їх виявлення та відповідні засоби контролю (табл. 1.1). Це дозволяє сформуванню цілісної системи діагностичного забезпечення технічного обслуговування.

Таблиця 1.1 – Відповідність несправностей передньої осі методам діагностики та засобам контролю

<i>Несправність</i>	<i>Метод діагностики</i>	<i>Інструменти та обладнання</i>
Тріщини балки та кулаків	Візуальний контроль	Лупа, освітлювальні прилади
	Капілярний контроль	Пенетранти, проявники
	Магнітопорошковий метод	Дефектоскоп, магнітний порошок
	Ультразвукова дефектоскопія	Ультразвуковий дефектоскоп
Деформація балки	Вимірювання геометрії	Лінійка, штангенциркуль, індикатор
	Стендова перевірка	Діагностичний стенд
	Лазерний контроль	Лазерні вимірювальні системи
Перекіс поворотних кулаків	Контроль кутів установки коліс	Стенд розвалу – сходження
Знос шкворня та втулок	Вимірювання зазорів	Щупи, індикатори
	Мікрометричний контроль	Мікрометр, нутромір
Знос підшипників	Вібраційна діагностика	Віброметр
	Акустичний контроль	Стетоскоп
Знос шарнірів	Перевірка люфтів	Монтажна лопатка, індикатор
Ослаблення кріплень	Контроль моменту затягування	Динамометричний ключ

<i>Несправність</i>	<i>Метод діагностики</i>	<i>Інструменти та обладнання</i>
Пошкодження ущільнень	Візуальний контроль	Оглядові засоби
Корозійні пошкодження	Візуальний та товщинометричний контроль	Товщиномір, щітки

Аналіз наведених даних свідчить, що ефективна діагностика передньої осі можлива лише за умови комплексного застосування різних методів контролю. Найбільш інформативними є неруйнівні методи, які дозволяють виявляти як поверхневі, так і внутрішні дефекти без демонтажу вузла. Водночас точні вимірювальні методи забезпечують оцінку геометричних параметрів та ступеня зношування.

Поєднання візуального контролю, інструментальних вимірювань, ультразвукової та вібраційної діагностики створює умови для своєчасного виявлення початкових стадій дефектів. Це має ключове значення для запобігання аварійним ситуаціям, оскільки більшість критичних відмов передньої осі розвиваються поступово і можуть бути ідентифіковані на ранніх етапах.

Таким чином, технічний стан передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 визначається складною взаємодією процесів втомного руйнування, деформації та зношування. Найбільшу небезпеку становлять приховані дефекти, зокрема тріщини та пластичні деформації, які можуть призвести до раптової втрати працездатності вузла. Використання сучасних методів діагностики дозволяє підвищити надійність експлуатації, зменшити витрати на ремонт та забезпечити безпеку руху транспортного засобу.

Отримані результати формують теоретичну основу для подальшого розгляду технологій відновлення та ремонту передньої осі, що є предметом наступного розділу дипломної роботи.

1.4 Аналіз існуючих методів ремонту передньої осі

Відновлення працездатності передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є складним багатоступеневим процесом, який базується на використанні сучасних технологій ремонтного виробництва, матеріалознавства та інженерії поверхонь. Конструкція передньої осі працює в умовах високих змінних навантажень, ударних впливів, абразивного зносу та вібрацій, що призводить до поступової деградації її елементів: балки, шкворневих з'єднань, підшипникових вузлів та рульових шарнірів.

З точки зору сучасної ремонтної інженерії (repair engineering), відновлення таких вузлів здійснюється на основі трьох базових технологічних підходів: відновлення матеріалу (surfacing technologies), механічна обробка (machining processes) та заміна елементів (replacement strategy). У реальних умовах автотранспортних підприємств ці методи застосовуються у комбінованому вигляді, що дозволяє досягти оптимального співвідношення між вартістю ремонту, довговічністю та надійністю вузла.

Особливу роль у ремонті передніх осей відіграють технології відновлення поверхонь. Найпоширенішою є дугове наплавлення (arc welding surfacing), яке реалізується за допомогою ручного дугового зварювання, напівавтоматичного зварювання в середовищі CO₂ (MIG/MAG процеси), а також під флюсом. Вибір технології залежить від матеріалу деталі, товщини шару зносу та вимог до структури наплавленого металу. Для підвищення зносостійкості застосовуються спеціальні наплавочні матеріали з підвищеним вмістом легувальних елементів (Cr, Mn, Mo).

Окрім наплавлення, активно використовуються технології термічного відновлення, зокрема індукційне зміцнення поверхонь та локальне термозагартування. Такі методи дозволяють підвищити твердість робочих зон без суттєвого порушення структури основного металу.

Механічна обробка є невід'ємною частиною більшості ремонтних процесів. Вона включає токарну обробку, розточування, шліфування та

хонінгування. Її основна функція полягає у відновленні геометричної точності, забезпеченні посадкових розмірів та усуненні наслідків деформацій і наплавлення. Особливо важливим є контроль співвісності отворів під шкворні, оскільки навіть незначні відхилення призводять до порушення кінематики рульового керування.

Заміна деталей застосовується у випадках критичних пошкоджень, коли подальше відновлення є недоцільним. Це стосується тріщин у балці, значних пластичних деформацій або повного зносу підшипникових вузлів. У таких випадках використовується принцип агрегатного ремонту (unit replacement strategy), що передбачає заміну вузла в зборі або його ключових елементів.

Важливою складовою сучасного ремонту є неруйнівний контроль (Non-Destructive Testing, NDT), який включає магнітопорошкову дефектоскопію, ультразвуковий контроль, капілярну діагностику та візуально – оптичний огляд. Саме ці методи дозволяють виявити приховані дефекти ще до початку експлуатації відновленої деталі.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика основних методів ремонту

<i>Метод ремонту</i>	<i>Технологічна сутність</i>	<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>	<i>Сфера застосування</i>
Наплавлення	Нанесення металу на зношену поверхню	Відновлення розмірів, підвищення зносостійкості	Термічні деформації, потреба обробки	Шкворні, посадки, шийки
Механічна обробка	Зняття шару матеріалу до потрібного розміру	Висока точність	Не усуває глибокий знос	Фінішна обробка
Заміна деталей	Демонтаж і встановлення нових елементів	Висока надійність	Висока вартість	Критичні дефекти
Термічне зміцнення	Зміна структури металу нагрівом	Підвищення твердості	Обмежена глибина впливу	Робочі поверхні

<i>Метод ремонту</i>	<i>Технологічна сутність</i>	<i>Переваги</i>	<i>Недоліки</i>	<i>Сфера застосування</i>
НК – контроль	Виявлення дефектів без руйнування	Висока точність діагностики	Потребує обладнання	Усі етапи ремонту

Ремонт балки передньої осі є найбільш відповідальним етапом, оскільки вона сприймає основні навантаження від маси автомобіля та дорожніх умов. У разі зносу посадочних поверхонь застосовується попереднє наплавлення з подальшим розточуванням на координатно-розточувальних верстатах. При цьому критично важливим є контроль температурного режиму, щоб уникнути структурних змін металу.

Шкворневі з'єднання ремонтуються шляхом відновлення отворів із застосуванням ремонтних втулок або наплавлення з наступною механічною обробкою. Підшипникові вузли, як правило, не відновлюються, а замінюються, оскільки вони працюють у режимі кочення і мають високі вимоги до точності.

Таблиця 1.3 – Відповідність дефектів та технологій ремонту

<i>Вид дефекту</i>	<i>Рекомендована технологія</i>	<i>Обладнання</i>
Знос посадочних поверхонь	Наплавлення + розточування	Зварювальний апарат, токарний верстат
Овальність отворів	Механічне розточування	Розточувальний станок
Тріщини балки	Заміна або зварювання	Дефектоскоп, зварювальний апарат
Знос шкворнів	Заміна / ремонтні втулки	Прес, інструментальний набір
Люфти шарнірів	Заміна	Монтажний інструмент
Корозія	Очищення + захисне покриття	Піскоструминне обладнання

У сучасній практиці ремонт передньої осі здійснюється за технологічним ланцюгом, який включає діагностику, розбирання, дефектацію, відновлення, механічну обробку, контроль та складання. Особлива увага приділяється етапу дефектації, оскільки саме він визначає доцільність подальшого відновлення або заміни.

Технологія наплавлення виконується із застосуванням електродів з підвищеною зносостійкістю або дроту для напівавтоматичного зварювання. Після наплавлення обов'язково проводиться механічна обробка для забезпечення точності посадок.

У випадку застосування заміни використовується агрегатний принцип ремонту, що дозволяє скоротити час простою автомобіля та підвищити загальну ефективність ремонту.

Економічна ефективність ремонтних технологій визначається співвідношенням вартості відновлення до ресурсу, який отримує деталь після виконання ремонту. Залежно від характеру та ступеня зношування застосовуються різні методи відновлення, кожен з яких має свої економічні та технічні особливості. Наплавлення є найбільш доцільним та економічно вигідним при середньому та значному зносі деталей, оскільки дозволяє відновити геометрію робочих поверхонь із відносно невисокими витратами матеріалів і часу. Механічна обробка, у свою чергу, ефективна переважно як завершальний етап відновлення, оскільки забезпечує необхідну точність розмірів та якість поверхні після основних ремонтних операцій. Найдорожчим, але водночас найбільш надійним методом є повна заміна деталей, яка застосовується у випадках критичного зносу або втрати міцності, коли відновлення є технічно або економічно недоцільним.

У практиці ремонтних підприємств застосовується комбінований підхід, який дозволяє знизити витрати на 30–50% у порівнянні з повною заміною вузла.

Аналіз сучасних методів ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 показує, що найбільш ефективним є інтегрований підхід, який поєднує

технології відновлення матеріалу, механічної обробки та вибіркової заміни деталей. Використання сучасних технологій зварювання, наплавлення, прецизійної механічної обробки та неруйнівного контролю дозволяє значно підвищити ресурс вузла та забезпечити його надійну експлуатацію.

Вибір технології ремонту передньої осі здійснюється на основі комплексного аналізу характеру дефектів, умов експлуатації та економічної доцільності. Основною метою є забезпечення максимального відновлення працездатності вузла при мінімальних витратах.

Основними критеріями є ступінь зносу, характер пошкодження, можливість технологічного відновлення, ресурс після ремонту та вартість робіт. У сучасній ремонтній практиці застосовується принцип функціонального відновлення, який передбачає повернення деталі до робочого стану незалежно від способу ремонту.

При зносі перевага надається наплавленню з подальшою механічною обробкою. При деформаціях рішення залежить від їх величини: незначні усуваються правкою, значні – призводять до заміни. Тріщини розглядаються як критичний дефект, і в більшості випадків деталь підлягає заміні.

Практичний досвід ремонтних підприємств підтверджує доцільність комбінованого підходу, коли наплавлення використовується для відновлення матеріалу, механічна обробка – для забезпечення точності, а заміна – для елементів з критичними пошкодженнями.

Техніко-економічний аналіз показує, що комбінований метод дозволяє зменшити витрати на ремонт до 40% порівняно з повною заміною вузла, при цьому забезпечуючи до 90% ресурсу нового виробу.

На основі проведеного аналізу встановлено, що найбільш раціональним методом ремонту передньої осі КрАЗ-65055 є комбінована технологія, яка включає наплавлення, механічну обробку та часткову заміну деталей. Такий підхід забезпечує високу надійність, економічну ефективність та можливість адаптації до різних типів пошкоджень.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Характеристика процесу ремонту передньої осі

Процес ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є складною, багатоступеневою системою технологічних операцій, спрямованих на повне або часткове відновлення працездатності вузла, забезпечення його надійності, довговічності та відповідності вимогам безпеки експлуатації. У структурі ремонтного виробництва цей процес розглядається як керована послідовність взаємопов'язаних етапів, кожен з яких має власне технологічне та діагностичне значення.

Формування раціональної технології ремонту базується на загальних принципах технічної експлуатації машин, що передбачають обов'язкову діагностику технічного стану, розбирання вузлів, очищення, дефектування, відновлення або заміну елементів, складання, регулювання та завершальний контроль якості. Узагальнена послідовність цих операцій наведена на рисунку 2.1.

Загалом процес ремонту передньої осі можна розглядати як логічно завершений цикл, у межах якого відбувається перехід від оцінки технічного стану до повного відновлення експлуатаційної придатності вузла. Кожен етап виконує функцію підготовки до наступного, що забезпечує технологічну спадковість і мінімізацію ймовірності прихованих дефектів.

Початковою стадією є діагностика технічного стану, яка визначає загальний обсяг і характер майбутніх ремонтних робіт. На цьому етапі здійснюється візуальний огляд конструктивних елементів передньої осі, перевірка наявності люфтів у шарнірних з'єднаннях, оцінка стану підшипникових вузлів, а також первинний контроль геометричних параметрів. Особливу увагу приділяють виявленню тріщин, деформацій та слідів нерівномірного зносу, оскільки саме ці дефекти визначають рівень працездатності вузла та його залишковий ресурс.

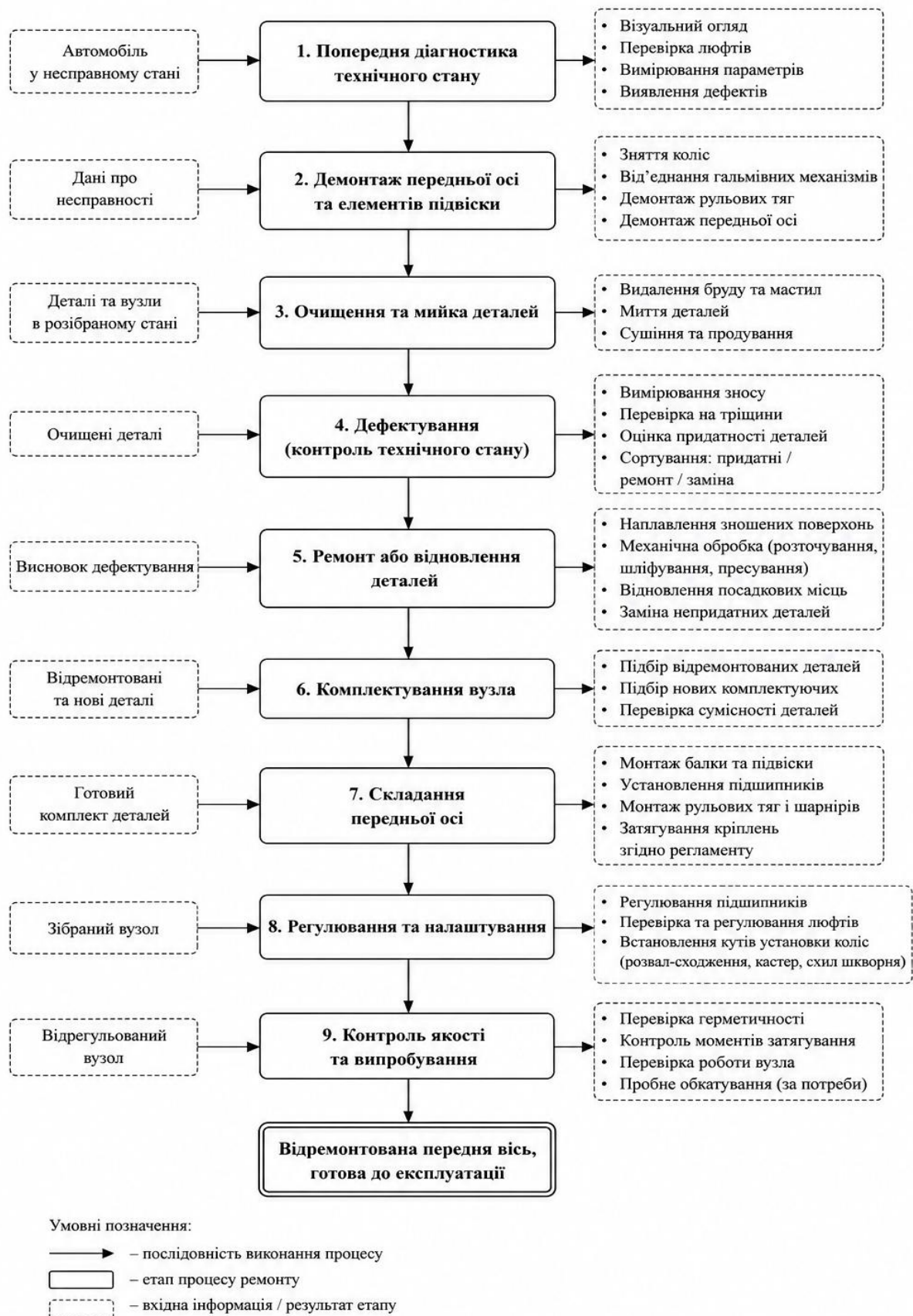


Рисунок 2.1 – Схема процесу ремонту передньої осі автомобіля

КрАЗ-65055

Отримані результати діагностики є основою для прийняття рішення щодо подальшого демонтажу вузла. Демонтаж передньої осі виконується у технологічно визначеній послідовності, що забезпечує збереження суміжних елементів автомобіля та запобігає виникненню додаткових пошкоджень. На цьому етапі здійснюється зняття коліс, від'єднання рульових тяг, розбирання елементів підвіски та безпосередній демонтаж самої осі. Важливо підкреслити, що якість демонтажних робіт безпосередньо впливає на подальшу точність дефектування.

Наступною технологічною операцією є очищення та мийка деталей, що має важливе значення для забезпечення достовірності подальших вимірювань і контролю. Деталі передньої осі очищаються від мастильних матеріалів, абразивних частинок, продуктів зношування та корозійних відкладень. Для цього застосовуються як механічні методи очищення, так і хімічні мийні розчини у спеціалізованих ваннах. Якість очищення безпосередньо впливає на точність виявлення мікротріщин, зношування та інших дефектів.

Після очищення виконується етап дефектування, який є ключовим у структурі ремонтного процесу. Його сутність полягає у комплексній оцінці технічного стану кожної деталі з використанням вимірювальних і неруйнівних методів контролю. У процесі дефектування здійснюється вимірювання геометричних параметрів, перевірка наявності тріщин, визначення ступеня зносу робочих поверхонь та оцінка відповідності деталей технічним вимогам. За результатами аналізу всі елементи умовно поділяються на придатні до подальшої експлуатації, такі що підлягають відновленню, та ті, що підлягають повній заміні.

Відновлення або заміна деталей є найбільш трудомістким етапом ремонтного процесу. Залежно від характеру пошкоджень застосовуються різні технології відновлення, зокрема механічна обробка (розточування, шліфування, хонінгування), наплавлення зношених поверхонь, а також встановлення нових деталей у випадках критичного зносу або руйнування. Вибір конкретної

технології визначається як економічною доцільністю, так і вимогами до забезпечення міцності та точності посадок.

Після завершення відновлювальних операцій виконується комплектування та складання вузла. На цьому етапі здійснюється збирання передньої осі із відновлених та нових елементів у зворотній послідовності до розбирання. Особлива увага приділяється правильності встановлення підшипників, шкворневих з'єднань та рульових тяг, оскільки ці елементи визначають кінематичну точність роботи вузла.

Далі виконується регулювання передньої осі, що є критично важливим для забезпечення її нормальної експлуатації. У процесі регулювання усуваються люфти, налаштовується натяг підшипників, а також перевіряються кути встановлення коліс (розвал, сходження та кастер). Невідповідність цих параметрів може призвести до нерівномірного зносу шин і погіршення керованості транспортного засобу.

Завершальним етапом технологічного процесу є контроль якості виконаного ремонту, який передбачає комплексну перевірку працездатності відновленого вузла. На цьому етапі здійснюється оцінка рівня шуму та вібрацій під час роботи, перевірка герметичності з'єднань, контроль затягування різьбових елементів, а також проведення пробних випробувань в умовах, максимально наближених до експлуатаційних. Лише за умови позитивних результатів усіх контрольних операцій передня вісь допускається до подальшої експлуатації.

Таким чином, процес ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 являє собою чітко структуровану технологічну систему, де кожен етап виконує визначену функцію та безпосередньо впливає на кінцевий результат. Рациональна організація ремонтних робіт дозволяє не лише відновити технічний стан вузла, але й підвищити його експлуатаційний ресурс, що є особливо важливим для важких вантажних автомобілів, які працюють в умовах підвищених навантажень.

У сучасних умовах експлуатації вантажних автомобілів, що зазнають значних динамічних і статичних навантажень, особливої актуальності набуває впровадження раціонально організованих технологічних процесів ремонту. Такі процеси мають забезпечувати відновлення працездатності агрегатів із мінімальними витратами матеріальних і трудових ресурсів, водночас гарантуючи необхідний рівень надійності та довговічності.

Метою даного технологічного розділу є визначення оптимальної послідовності виконання ремонтних операцій, вибір відповідного технологічного обладнання, інструментів та режимів обробки, які забезпечують відновлення геометричних, міцнісних і експлуатаційних характеристик передньої осі до нормативних значень. Досягнення цієї мети базується на принципах системного підходу до організації ремонтного виробництва, що передбачає взаємозв'язок усіх етапів технологічного процесу та їх узгодженість із технічними вимогами.

Раціонально організований технологічний процес ремонту дозволяє забезпечити підвищення якості виконання ремонтних робіт, зниження їх трудомісткості, оптимізацію використання матеріальних ресурсів, а також підвищення рівня безпеки експлуатації транспортного засобу. Крім того, правильна організація процесу сприяє зменшенню простоїв техніки та підвищенню ефективності роботи ремонтних підрозділів.

Процес ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 являє собою складну систему послідовно виконуваних технологічних операцій, спрямованих на відновлення працездатного стану вузла та забезпечення його стабільного функціонування в подальших умовах експлуатації. Його структура відповідає загальноприйнятим підходам ремонтного виробництва і включає взаємопов'язані етапи діагностики, демонтажу, очищення, дефектування, відновлення або заміни деталей, складання, регулювання та контролю якості.

Узагальнена характеристика технологічного процесу ремонту передньої осі наведена в таблиці 2.1, яка відображає послідовність виконання основних операцій, їх зміст, а також необхідне обладнання та інструменти.

Таблиця 2.1 – Технологічний процес ремонту передньої осі КрАЗ-65055

<i>№ операції</i>	<i>Найменування операції</i>	<i>Зміст операції</i>	<i>Обладнання</i>	<i>Інструмент</i>	<i>Примітка</i>
1	Попередня діагностика	Виявлення несправностей, перевірка люфтів, огляд вузла	Підйомник	Вимірювальний інструмент	Визначення обсягу ремонту
2	Демонтаж передньої осі	Зняття коліс, підвіски, від'єднання осі	Підйомник, домкрати	Гайкові ключі, знімачі	Виконується на автомобілі
3	Розбирання вузла	Розбирання осі на окремі елементи	Слюсарний верстак	Ключі, прес, молоток	Дотримання послідовності
4	Очищення деталей	Видалення забруднень, мастил і корозії	Мийна установка	Щітки, мийні розчини	Підготовка до контролю
5	Дефектування	Виявлення зносу, тріщин, деформацій	Контрольний стіл	Мікрометр, штангенциркуль	Сортування деталей
6	Наплавлення	Відновлення поверхонь	Зварювальне обладнання	Електроди	Для зношених місць
7	Механічна обробка	Розточування, шліфування	Токарний верстат	Різці, абразивний інструмент	Відновлення розмірів
8	Заміна деталей	Встановлення нових елементів	Прес	Знімачі, ключі	Для непридатних деталей
9	Комплектування	Підбір деталей	Верстак	-	Перед складанням
10	Складання вузла	Монтаж деталей	Верстак	Монтажний інструмент	Зворотна послідовність

11	Регулювання	Усунення люфтів, налаштування	Стенд	Індикатори, ключі	Забезпечення точності
12	Контроль якості	Перевірка працездатності	Контрольний стенд	Вимірювальні прилади	Завершальний етап

Початковим етапом технологічного процесу є попередня діагностика технічного стану передньої осі, яка дозволяє виявити наявні несправності та оцінити ступінь зносу її елементів. У процесі діагностики здійснюється візуальний контроль вузла, перевірка люфтів у шкворневих з'єднаннях, оцінка стану підшипників та визначення відхилень у геометрії. Отримані результати є основою для формування обсягу ремонтних робіт і вибору відповідних технологічних методів відновлення.

Після завершення діагностичних операцій виконується демонтаж передньої осі з автомобіля, який забезпечує доступ до всіх конструктивних елементів вузла. Демонтаж здійснюється із дотриманням технологічної послідовності та вимог безпеки, що дозволяє уникнути пошкодження суміжних деталей і полегшує подальше розбирання.

Розбирання передньої осі на окремі елементи супроводжується очищенням деталей від забруднень, мастильних матеріалів і продуктів корозії. Цей етап має важливе значення, оскільки якість очищення безпосередньо впливає на точність дефектування. Для очищення застосовуються механічні та хімічні методи, включаючи використання мийних установок та спеціальних розчинів.

Дефектування деталей є одним із найвідповідальніших етапів технологічного процесу, оскільки саме на цьому етапі визначається технічний стан кожного елемента. Виконується контроль геометричних параметрів, виявлення тріщин, оцінка ступеня зносу та перевірка відповідності деталей нормативним вимогам. За результатами дефектування всі деталі розподіляються на придатні до подальшої експлуатації, такі, що підлягають відновленню, та ті, що підлягають заміні.

Відновлення деталей здійснюється з використанням сучасних технологій, серед яких особливе місце займають наплавлення зношених поверхонь і механічна обробка. Наплавлення дозволяє відновити геометричні розміри деталей і забезпечити необхідну зносостійкість робочих поверхонь, тоді як механічна обробка забезпечує досягнення високої точності розмірів і шорсткості. У випадках, коли відновлення є економічно недоцільним або технічно неможливим, виконується заміна деталей на нові.

Після завершення відновлювальних операцій проводиться комплектування та складання передньої осі. Складання здійснюється у зворотній послідовності до розбирання з дотриманням технічних вимог до посадок, зазорів і моментів затягування. Особлива увага приділяється встановленню підшипників і шкворневих вузлів, які визначають точність і надійність роботи передньої осі.

Регулювання вузла виконується з метою забезпечення оптимальних умов його функціонування. У процесі регулювання усуваються люфти, встановлюється необхідний натяг підшипників і перевіряються кути установки коліс. Від правильності виконання цього етапу залежить керованість автомобіля, рівномірність зносу шин і безпека руху.

Завершальним етапом технологічного процесу є контроль якості ремонту, який включає комплексну перевірку працездатності вузла, оцінку точності його роботи, а також контроль рівня шуму та вібрацій. Контроль якості дозволяє виявити можливі недоліки виконаних робіт і забезпечити відповідність відремонтованої передньої осі вимогам експлуатації.

Технологічний процес ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 являє собою науково обґрунтовану систему взаємопов'язаних операцій, що забезпечують відновлення технічного стану вузла до нормативного рівня. Комплексний підхід до організації цього процесу дозволяє підвищити ефективність ремонтних робіт, зменшити витрати та забезпечити надійну і безпечну експлуатацію транспортного засобу в подальшому.

Розрахунок трудомісткості технологічного процесу ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є важливим етапом планування ремонтних робіт, що дозволяє визначити витрати часу, необхідну кількість персоналу та ефективність організації виробництва.

2.2 Розрахунок трудомісткості та норм часу

Трудомісткість визначається як сумарні витрати робочого часу на виконання всіх технологічних операцій ремонту і вимірюється в людино-годинах (люд.-год).

Загальна трудомісткість ремонту визначається за формулою:

$$T_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n T_i \quad (2.1)$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальна трудомісткість ремонту;

T_i – трудомісткість окремої операції;

n – кількість технологічних операцій.

Трудомісткість кожної операції залежить від:

- складності робіт;
- ступеня зносу деталей;
- рівня механізації процесу;
- кваліфікації персоналу.

Нормування часу на виконання ремонтних операцій є невід’ємною складовою технологічного проектування ремонтного виробництва, оскільки забезпечує науково обґрунтоване визначення витрат праці, раціоналізацію виробничих процесів та підвищення ефективності використання трудових ресурсів. Встановлення норм часу базується на аналізі структури технологічної операції, умов її виконання, рівня механізації та організації робочого місця, що відповідає сучасним підходам до технічного нормування у машинобудуванні та ремонтній справі.

Згідно з методичними положеннями нормування, норма часу на виконання окремої технологічної операції визначається як сума її складових елементів:

$$t_n = t_{осн} + t_{доп} + t_{обсл} + t_{відп} \quad (2.2)$$

де $t_{осн}$ – основний час;

$t_{доп}$ – допоміжний;

$t_{обсл}$ – обслуговування;

$t_{відп}$ – відпочинок.

Такий підхід до структурування витрат часу дозволяє комплексно врахувати всі фактори, що впливають на тривалість виконання операцій, зокрема складність технологічних переходів, рівень зношеності обладнання, ергономічні умови праці та кваліфікацію персоналу. Використання аналітичного методу нормування забезпечує підвищення точності розрахунків та сприяє оптимізації технологічних процесів ремонту складних вузлів, до яких належить передня вісь автомобіля.

З урахуванням наведеної структури норми часу, а також переліку та змісту технологічних операцій, виконано розрахунок трудомісткості ремонту передньої осі, результати якого узагальнено та систематизовано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок трудомісткості ремонту передньої осі

№	Операція	Норма часу, год	Коефіцієнт складності	Трудомісткість, люд. – год
1	Попередня діагностика	1,2	1,0	1,2
2	Демонтаж передньої осі	2,5	1,1	2,75
3	Розбирання вузла	2,0	1,1	2,2
4	Очищення та мийка	1,5	0,9	1,35
5	Дефектування	2,0	1,2	2,4
6	Наплавлення	3,0	1,3	3,9
7	Механічна обробка	3,5	1,2	4,2
8	Заміна деталей	1,8	1,0	1,8
9	Комплектування	1,0	0,9	0,9
10	Складання вузла	2,5	1,1	2,75

<i>№</i>	<i>Операція</i>	<i>Норма часу, год</i>	<i>Коефіцієнт складності</i>	<i>Трудомісткість, люд. – год</i>
11	Регулювання	1,5	1,0	1,5
12	Контроль якості	1,0	1,0	1,0
	<i>Разом</i>			<i>25,95 люд. – год</i>

Аналіз отриманих результатів показує, що загальна трудомісткість ремонту передньої осі становить близько 26 люд.–год, що відповідає середньому рівню складності ремонтно – відновлювальних робіт для вантажних автомобілів даного класу. Отримане значення узгоджується з нормативними показниками та свідчить про раціонально сформовану структуру технологічного процесу.

У структурі загальної трудомісткості найбільшу частку займають операції механічної обробки, наплавлення, а також демонтажу і складання вузла. Значна трудомісткість зазначених операцій обумовлена необхідністю забезпечення високої точності відновлення геометричних параметрів деталей, дотриманням допусків і посадок, а також конструктивною складністю передньої осі, що включає велику кількість взаємопов'язаних елементів.

З метою зниження трудомісткості ремонтних робіт та підвищення ефективності виробничого процесу доцільно впроваджувати комплекс організаційно – технічних заходів. Зокрема, перспективним є використання сучасного механізованого та автоматизованого обладнання, що дозволяє скоротити час виконання операцій і підвищити їх точність. Важливу роль відіграє також застосування уніфікованого та спеціалізованого інструменту, що спрощує виконання монтажно–демонтажних робіт.

Крім того, ефективним напрямом оптимізації є впровадження потокових та агрегатних методів ремонту, які забезпечують раціональну організацію робочих місць і зменшення простоїв. Не менш важливим чинником є підвищення кваліфікації персоналу, що безпосередньо впливає на продуктивність праці та якість виконання ремонтних операцій.

Проведений розрахунок трудомісткості та норм часу дозволяє науково обґрунтувати організацію технологічного процесу ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055, визначити необхідні трудові ресурси та забезпечити ефективне планування ремонтних робіт. Отримані результати можуть бути використані для розрахунку собівартості ремонту, оптимізації завантаження персоналу та підвищення загальної ефективності функціонування ремонтного підрозділу.

2.3 Розробка технологічного процесу відновлення основних деталей передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Розробка технологічного процесу відновлення основних деталей передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 ґрунтується на комплексному аналізі умов їх експлуатації, характеру зношування та вимог до відновлених поверхонь. Передня вісь у процесі роботи зазнає значних динамічних, ударних та змінних навантажень, що зумовлює появу таких дефектів, як знос посадочних поверхонь, деформації балки, збільшення зазорів у шкворневих з'єднаннях та порушення співвісності елементів.

У зв'язку з цим технологічний процес відновлення розглядається як система взаємопов'язаних операцій, спрямованих на поступове відновлення геометричних, міцнісних та функціональних характеристик деталей до рівня, близького до нових виробів. Загальна структура процесу передбачає послідовне виконання операцій, де кожен наступний етап залежить від якості попереднього, що є ключовим принципом ремонтного виробництва.

Загальну логіку процесу відновлення можна представити у вигляді узагальненої технологічної схеми (рис. 2.2).

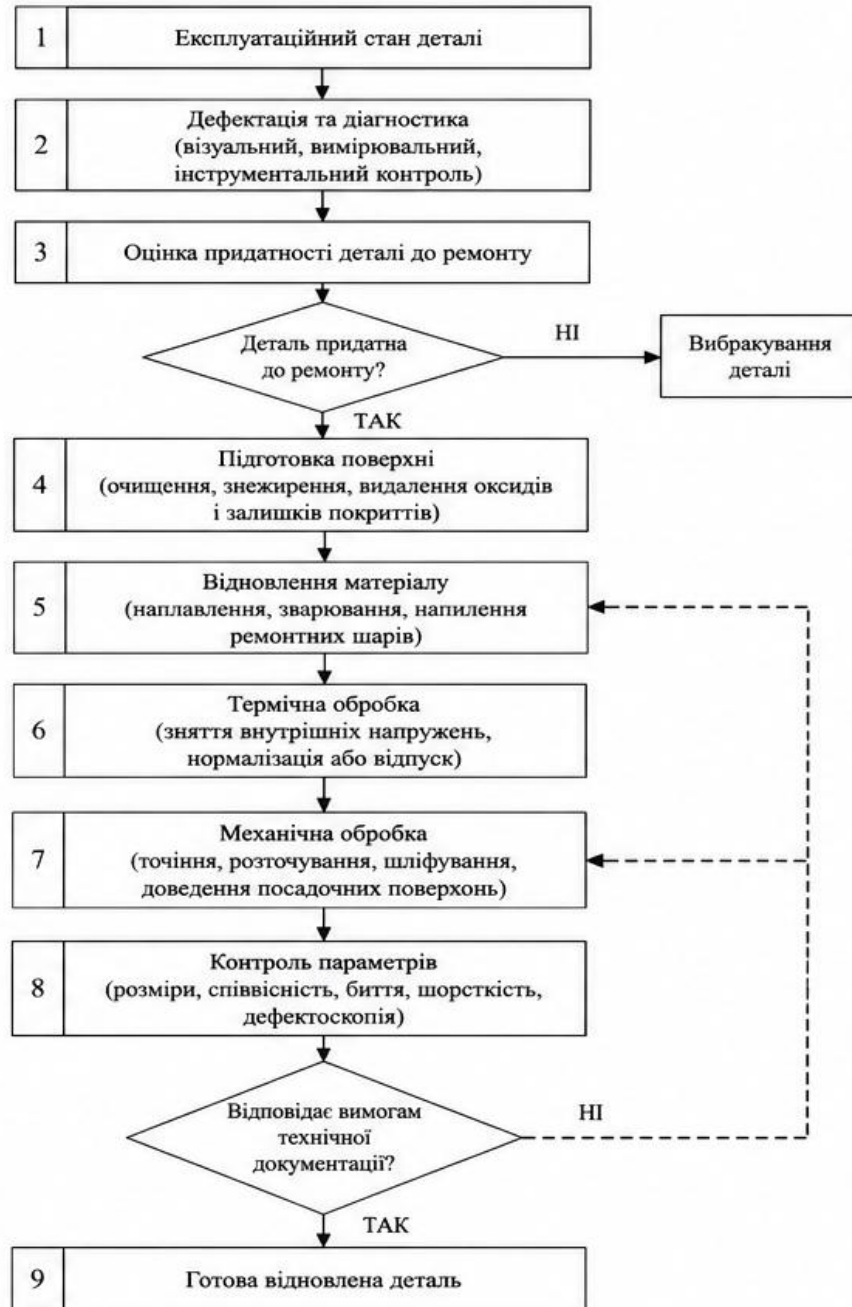


Рисунок 2.2 – Узагальнена структура процесу відновлення деталей передньої осі

Початковим етапом є дефектація, яка має вирішальне значення для формування подальшого маршруту ремонту. На цьому етапі проводиться візуальний, вимірювальний та інструментальний контроль, що дозволяє виявити тріщини, зони зношування, викривлення та інші дефекти. Важливим є не лише фіксація пошкоджень, але й оцінка їх розвитку та впливу на загальну міцність деталі.

Далі виконується ретельна підготовка поверхонь, яка включає очищення від мастил, оксидів, продуктів корозії та залишків старих покриттів. Для цього застосовуються механічні, хімічні або комбіновані методи очищення. Особливу увагу приділяють підготовці зон майбутнього відновлення, оскільки якість зчеплення наплавленого або зварного металу безпосередньо залежить від чистоти поверхні.

Наступним ключовим етапом є відновлення геометричних параметрів деталей. У залежності від характеру пошкодження застосовуються різні методи: електродугове наплавлення, плазмове напилення, зварювання або нанесення ремонтних шарів. Наплавлення дозволяє компенсувати значний знос поверхонь, тоді як зварювання використовується переважно для усунення тріщин та локальних руйнувань. Технологічно важливим є забезпечення рівномірного розподілу наплавленого металу та контроль теплового впливу, щоб уникнути викривлення деталі.

Для зменшення внутрішніх напружень, що виникають після термічного впливу, передбачено етап термічної стабілізації. Він включає нормалізацію або відпуск, залежно від матеріалу деталі та ступеня навантаження під час відновлення. Ці операції сприяють вирівнюванню структури металу, підвищенню його пластичності та зниженню ризику утворення вторинних тріщин у процесі експлуатації.

Після стабілізації виконується механічна обробка, яка є завершальним формоутворюючим етапом. Вона включає точіння, розточування, шліфування та доведення посадочних поверхонь. Основною метою цього етапу є забезпечення точності розмірів у межах допусків, відновлення геометричної форми та досягнення необхідної шорсткості поверхні. Важливо, що саме на цьому етапі формується остаточно функціональна придатність деталі до роботи у вузлі.

Завершальним етапом є контроль якості, який передбачає комплексну перевірку всіх параметрів відновленої деталі. Виконується контроль розмірів, співвісності, биття, шорсткості поверхонь, а також дефектоскопія для

виявлення внутрішніх тріщин. Лише за умови повної відповідності технічним вимогам деталей допускається до подальшої експлуатації.

Загальний технологічний маршрут можна також подати у вигляді логічної блок – схем (рис 2.3).



Рисунок 2.3 – Деталізований технологічний маршрут відновлення

Особливості відновлення окремих елементів передньої осі визначаються їх функціональним призначенням та рівнем навантаження. Технологічні схеми відновлення основних деталей передньої осі представлені на рисунку 2.4.

Балка передньої осі є основним несучим елементом, який сприймає всі вертикальні та горизонтальні навантаження від дороги. Її відновлення включає наплавлення зношених ділянок, правку деформацій та точну механічну обробку посадочних місць. При значних структурних пошкодженнях деталей не підлягає ремонту через ризик втрати міцності.

Шкворневі вузли працюють в умовах постійного тертя та ударних навантажень, що призводить до овального зносу отворів і збільшення люфтів. Їх відновлення здійснюється шляхом розточування, встановлення ремонтних

втулок і подальшого доведення до номінальних розмірів, що дозволяє відновити кінематику рульового управління.

Посадочні поверхні під підшипники є критично важливими елементами, оскільки забезпечують правильну роботу обертових вузлів. Їх відновлення виконується з високою точністю, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до передчасного виходу з ладу підшипників, підвищеного тертя та перегріву вузла.



Рисунок 2.4 – Технологічні схеми відновлення основних деталей передньої осі

Розроблений технологічний процес відновлення деталей передньої осі є комплексною системою взаємопов'язаних операцій, що поєднує методи діагностики, відновлення матеріалу, термічної та механічної обробки. Його застосування дозволяє забезпечити відновлення експлуатаційних характеристик деталей до рівня, достатнього для подальшої надійної роботи автомобіля, а також значно підвищити економічну ефективність ремонту за рахунок повторного використання базових конструктивних елементів.

2.4 Розробка маршрутної технологічної карти ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Маршрутна технологічна карта ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 визначає послідовність виконання технологічних операцій, їх зміст, взаємозв'язок та умови реалізації в процесі відновлення вузла. Вона є важливим елементом технологічного проектування, оскільки забезпечує раціональну організацію ремонтного процесу, оптимізацію трудових витрат і підвищення якості виконання робіт.

Особливістю передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є її балкова конструкція із шкворневими з'єднаннями, призначена для сприйняття значних навантажень при експлуатації у важких дорожніх умовах. Це обумовлює необхідність застосування посиленних технологічних операцій та підвищених вимог до точності відновлення, особливо для посадочних поверхонь і вузлів рульового керування.

Маршрут ремонту передньої осі будується за принципом послідовного усунення виявлених дефектів із урахуванням технологічної доцільності виконання операцій та конструктивних особливостей вузла. Для важкого вантажного автомобіля КрАЗ-65055 доцільним є застосування агрегатно-поточкового методу ремонту, який передбачає поділ усього процесу на окремі взаємопов'язані стадії з подальшим їх узгодженим виконанням у визначеній технологічній послідовності.

Основними вимогами до формування маршрутної карти є забезпечення мінімальної кількості переміщень деталей між робочими місцями, суворе дотримання логічної послідовності технологічних операцій, гарантування необхідної точності та якості відновлення елементів, а також обов'язковий облік масогабаритних параметрів деталей, що впливають на вибір обладнання та способи їх обробки.

На основі зазначених принципів розроблено маршрутну технологічну карту ремонту передньої осі КрАЗ-65055, яка наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрутна технологічна карта ремонту передньої осі
КрАЗ-65055

<i>№ переходу</i>	<i>Операція</i>	<i>Зміст виконання</i>	<i>Обладнання</i>	<i>Призначення</i>
1	Діагностика	Контроль стану осі, вимірювання люфтів, перевірка геометрії	Підйомник, діагностичний стенд	Виявлення дефектів
2	Демонтаж	Зняття передньої осі з автомобіля КрАЗ-65055	Підйомник, домкрати	Забезпечення доступу
3	Розбирання	Поділ осі на складові елементи	Верстак	Підготовка до ремонту
4	Очищення	Видалення мастила, бруду, корозії	Мийна установка	Підвищення якості контролю
5	Дефектування	Визначення зносу балки, шкворнів, підшипників	Контрольний стенд	Сортування деталей
6	Відновлення балки	Наплавлення зношених ділянок, правка деформацій	Зварювальне обладнання, прес	Відновлення міцності
7	Обробка отворів	Розточування посадкових місць під шкворень	Розточний верстат	Відновлення геометрії
8	Ремонт шкворневого вузла	Встановлення ремонтних втулок, доведення	Прес, розточний верстат	Усунення люфтів
9	Відновлення посадок під підшипники	Наплавлення і шліфування поверхонь	Токарний верстат	Забезпечення точності
10	Заміна деталей	Монтаж нових підшипників і ущільнень	Слюсарний інструмент	Підвищення надійності

1 1	Складання	Монтаж вузла із дотриманням посадок	Верстак	Формування агрегату
1 2	Регулювання	Встановлення зазорів, натягу підшипників	Регулювальний стенд	Забезпечення роботи
1 3	Контроль	Перевірка точності, шуму, вібрації	Контрольний стенд	Оцінка якості

Процес ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 має низку конструктивних і технологічних особливостей, які безпосередньо визначають складність виконання відновлювальних робіт та вимоги до обладнання і кваліфікації персоналу. У першу чергу це пов'язано з високим рівнем навантажень, які сприймає передня вісь у процесі експлуатації. Балка осі працює в умовах значних статичних і динамічних зусиль, а також ударних навантажень, що виникають при русі по нерівностях дороги. Саме тому під час відновлення особлива увага приділяється міцності наплавлених шарів і їх зчепленню з основним металом. Для цього застосовуються високоміцні зварювальні матеріали, а також обов'язково виконується дефектоскопічний контроль на наявність тріщин як до, так і після відновлювальних операцій.

Важливою конструктивною особливістю є шкворневе з'єднання, яке використовується для забезпечення повороту керованих коліс. На відміну від легкових автомобілів, де широко застосовуються кульові опори, у даній конструкції вся кінематика повороту реалізується через шкворень і втулкові з'єднання. Це суттєво підвищує вимоги до точності механічної обробки, зокрема до операцій розточування отворів під шкворень. Навіть незначні відхилення від номінальних розмірів можуть призвести до порушення кінематики рульового управління, підвищеного зносу та появи люфтів. Саме тому під час ремонту обов'язковим є використання ремонтних втулок, які дозволяють відновити геометрію з'єднань та забезпечити їх нормальну роботу.

Окремо слід враховувати великі габарити та значну масу деталей передньої осі. Балка, поворотні кулаки та інші елементи мають масивну конструкцію, що зумовлює необхідність застосування потужного верстатного

обладнання та підйомно – транспортних засобів. У процесі ремонту особливо важливим є правильне базування деталей, оскільки від цього залежить точність механічної обробки та кінцева геометрія відновлених поверхонь. Неправильна установка може призвести до накопичення похибок і необхідності повторної обробки.

У зв'язку з цими особливостями доцільним є проведення оптимізації маршрутної карти ремонту передньої осі КрАЗ-65055. З метою підвищення ефективності виробничого процесу рекомендується застосовувати спеціалізовані пристрої для обробки балки, які забезпечують стабільність базування та скорочують час налаштування обладнання. Доцільним також є використання шаблонів і кондукторів для контролю геометричних параметрів, що дозволяє підвищити точність вимірювань і зменшити ймовірність браку.

Крім того, перспективним напрямом удосконалення технологічного процесу є впровадження механізованих і автоматизованих методів наплавлення, які забезпечують рівномірність нанесення металу та зменшують вплив людського фактора. Важливим резервом підвищення ефективності є також скорочення кількості повторних установок деталей у процесі обробки, що дозволяє зменшити допоміжний час і підвищити продуктивність ремонту в цілому.

2.5 Розрахунок режимів обробки при ремонті передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Режими обробки є одними з основних параметрів технологічного процесу ремонту, від яких залежить якість відновлення деталей, їх точність, шорсткість поверхонь та довговічність. Для передньої осі автомобіля КрАЗ-65055, яка працює в умовах значних навантажень, правильний вибір режимів має особливе значення.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.3)$$

де V – швидкість різання, м/хв

D – діаметр оброблюваної поверхні, мм

n – частота обертання шпинделя, об/хв

Визначення частоти обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.4)$$

Подача визначається залежно від типу обробки:

$$S=(0,1 \div 0,5) \text{ мм/об} \quad (2.5)$$

Для обробки посадочних поверхонь під шкворень $S=0,2$ мм/об.

Глибина різання:

$$t = \frac{D_{\text{поч}} - D_{\text{кінц}}}{2} \quad (2.6)$$

де $D_{\text{поч}}$ – початковий діаметр

$D_{\text{кінц}}$ – кінцевий (ремонтний) діаметр

Приклад для КрАЗ-65055

Обробка отвору під шкворень - $D=50$ мм, швидкість різання $V=40$ м/хв

$$n = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 50} \approx 255 \text{ об/хв}$$

Приймаємо:

- $n=250$ об/хв
- подача $S=0,2$ мм/об
- глибина різання $t=0,5$ мм

Наплавлення застосовується для відновлення посадочних поверхонь балки та інших елементів передньої осі.

1. Сила струму визначається:

$$I = k \cdot d \quad (2.7)$$

де I – сила струму, А

$k=(30 \div 50)$ — коефіцієнт

d – діаметр електрода, мм

При $d=4$ мм:

$$I=40 \cdot 4=160 \text{ А}$$

2. Напруга дуги

$$U=20 \div 30 \text{ В}$$

Приймаємо:

$$U=24 \text{ В}$$

3. Швидкість наплавлення

$$V_{\text{напл}}=10 \div 20 \text{ м/год}$$

Приймаємо:

$$V_{\text{напл}}=15 \text{ м/год}$$

4. Тепловкладення

$$Q = \frac{U \cdot I}{V_{\text{напл}}} \quad (2.8)$$

$$Q = \frac{24 \cdot 160}{15} \approx 256 \text{ Дж/мм}$$

Результати вибору режимів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Таблиця режимів обробки

Операція	Деталь	Параметр	Позначення	Значення	Одиниці
Точіння	Шкворневий отвір	Швидкість	V	40	м/хв
Точіння	Шкворневий отвір	Оберти	n	250	об/хв
Точіння	Шкворневий отвір	Подача	S	0.2	мм/об
Наплавлення	Балка	Струм	I	160	А
Наплавлення	Балка	Напруга	U	24	В

Залежність якості обробки від режимів наведена на рисунку 2.5.

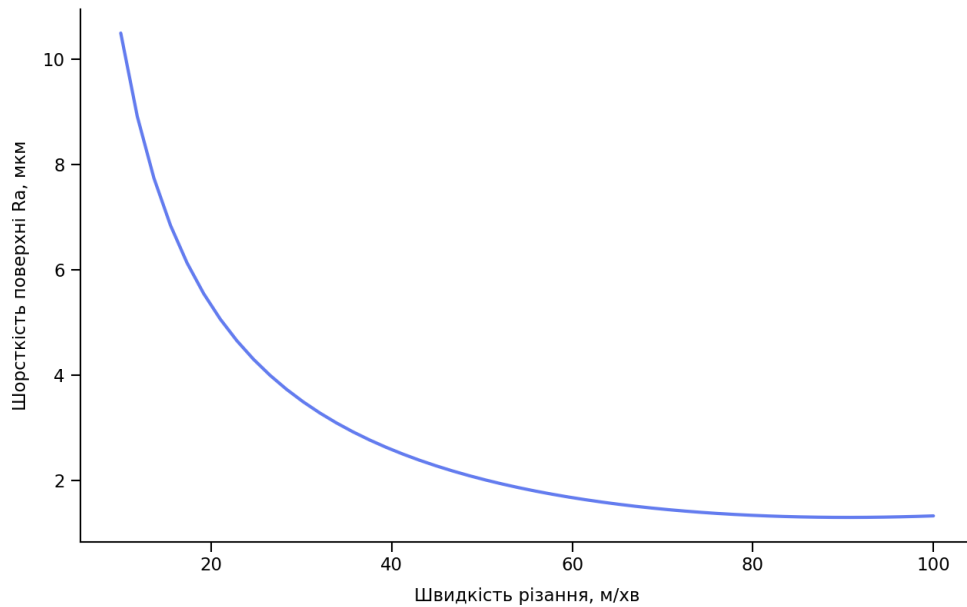


Рисунок 2.5 – Вплив швидкості різання на шорсткість поверхні.

Під час відновлення деталей передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 особливе значення має правильний вибір режимів обробки, оскільки саме вони безпосередньо впливають на точність відновлення геометрії, якість поверхонь та подальшу надійність роботи вузла. З урахуванням того, що передня вісь працює в умовах значних динамічних навантажень, технологічні параметри обробки повинні підбиратися максимально обґрунтовано та диференційовано для кожного типу деталей.

У першу чергу слід враховувати високу міцність і твердість матеріалів, з яких виготовлені елементи осі. У зв'язку з цим процес механічної обробки потребує зменшення подач і швидкостей різання на чистових та фінішних операціях, що дозволяє уникнути перевантаження інструменту та забезпечити стабільність процесу. Для ефективної обробки таких матеріалів доцільно застосовувати твердосплавний інструмент, який здатний витримувати підвищені навантаження та зберігати ріжучі властивості протягом тривалого часу.

Другою важливою особливістю є значні масогабаритні характеристики деталей передньої осі. Великі розміри та маса заготовок потребують зниження частоти обертання під час обробки, що дозволяє мінімізувати вібрації та

забезпечити більш стабільний контакт інструменту з поверхнею. Окрім цього, особлива увага приділяється жорсткості закріплення деталей, оскільки недостатня фіксація може негативно вплинути на точність обробки.

Окрему групу становлять відповідальні з'єднання, зокрема шкворневі вузли, для яких характерні підвищені вимоги до точності та якості поверхонь. У таких випадках обробка виконується з мінімальними допусками, а шорсткість поверхні повинна відповідати рівню Ra 1,6–3,2. Це забезпечує правильну роботу спряжень і зменшує інтенсивність зношування під час експлуатації.

З огляду на наведені особливості, вибір режимів обробки має вирішальне значення для якості відновлення передньої осі. Раціонально підібрані технологічні параметри дозволяють не лише досягти необхідної точності, але й суттєво впливають на довговічність відремонтованих деталей.

За умови правильного налаштування режимів забезпечується стабільне формування геометрії деталей, зменшується інтенсивність їх подальшого зношування, підвищується загальний ресурс вузла та знижується ймовірність повторного виникнення дефектів. Таким чином, технологічний процес стає більш прогнозованим і ефективним.

Водночас порушення рекомендованих режимів обробки може мати негативні наслідки. Зокрема, можливі перегрівання матеріалу, виникнення залишкових напружень і деформацій, прискорений знос інструменту, а також погіршення якості оброблених поверхонь, що в подальшому впливає на надійність роботи всього вузла.

2.6 Вибір обладнання та інструменту для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Ефективність технологічного процесу ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 значною мірою визначається обґрунтованістю вибору обладнання та інструменту, оскільки саме вони забезпечують можливість виконання всіх операцій з необхідною точністю, продуктивністю та безпекою. З огляду на конструктивні особливості даного вузла – значну масу агрегатів, балкову

конструкцію та наявність відповідальних шкворневих з'єднань – обладнання повинно мати підвищені показники жорсткості, вантажопідйомності та точності позиціонування.

Під час формування комплекту обладнання враховуються габаритні та масові характеристики передньої осі, які можуть сягати 600-700 кг, а також характер виконуваних ремонтних операцій, що включають демонтаж і складання вузлів, відновлення зношених поверхонь, наплавлення та механічну обробку. Особливу увагу приділено умовам експлуатації автомобіля, адже робота у важких дорожніх умовах зумовлює підвищені вимоги до якості відновлення деталей і довговічності ремонту.

У процесі ремонту передньої осі КрАЗ-65055 використовується комплекс обладнання, який забезпечує виконання всіх етапів технологічного процесу – від демонтажу до фінішної обробки та контролю якості. На початкових етапах ремонту особливе значення має обладнання для підйому та розбирання вузлів, оскільки значна маса агрегатів унеможлиблює виконання цих операцій вручну. У зв'язку з цим застосовуються вантажопідіймальні механізми та гідравлічні преси, які забезпечують безпечне та контрольоване розбирання з'єднань, зокрема під час випресування втулок і підшипників. Для переміщення балки передньої осі використовуються кран-балки або тельфери відповідної вантажопідйомності, що дозволяє зменшити трудомісткість допоміжних операцій і підвищити безпеку робіт.

На етапі механічної обробки ключову роль відіграють токарні та розточувальні верстати, які забезпечують відновлення геометрії посадочних поверхонь та шкворневих отворів. Зокрема, токарно-гвинторізні верстати застосовуються для обробки шийок та підгонки елементів, тоді як вертикально-розточні верстати дозволяють забезпечити необхідну співвісність і точність отворів шкворневого з'єднання. Саме цей етап є одним із найбільш відповідальних, оскільки від точності розточування залежить подальша керованість автомобіля та ресурс передньої осі.

Для відновлення зношених поверхонь використовується зварювальне обладнання постійного струму, а за можливості – установки для плазмового напилення, що дозволяє забезпечити високу якість наплавленого шару. При цьому особлива увага приділяється контролю теплового впливу, оскільки перегрів може спричинити деформацію балки та зміну її геометричних параметрів. Завершальним етапом є контрольні операції, для яких застосовується комплекс вимірювального інструменту, що забезпечує перевірку розмірів, шорсткості та співвісності елементів.

Поряд із основним обладнанням важливу роль у процесі ремонту відіграє інструментальне забезпечення, яке поділяється на кілька груп залежно від характеру виконуваних робіт. У процесі демонтажу та складання застосовується слюсарно – монтажний інструмент, який забезпечує виконання допоміжних операцій, пов'язаних із розбиранням з'єднань та встановленням деталей. Для роботи з підшипниками та запресованими елементами використовуються спеціальні знімачі, що дозволяють уникнути пошкодження посадочних поверхонь.

Під час механічної обробки застосовується різальний інструмент, зокрема токарні різці, розгортки та зенкери, які забезпечують необхідну точність та якість оброблених поверхонь. Окрему категорію становить спеціальний інструмент, до якого належать пристрої для встановлення шкворнів, напрямні системи для розточування та калібрувальні елементи, що забезпечують дотримання заданих геометричних параметрів.

Для передньої осі КрАЗ-65055 особливо важливим є використання посиленого інструменту, оскільки висока твердість матеріалів і значні розміри деталей створюють підвищене навантаження на ріжучі та допоміжні елементи.

Вибір обладнання для ремонту передньої осі даного автомобіля має ряд специфічних особливостей, що зумовлені його конструкцією та умовами експлуатації. Насамперед це великі масогабаритні параметри вузла, які вимагають використання потужних підйомних механізмів та верстатного обладнання підвищеної жорсткості. Крім того, шкворнева конструкція осі

потребує високоточного розточування, що неможливо забезпечити без застосування спеціалізованих розточувальних систем і пристроїв базування.

Додатковим фактором є важкі умови експлуатації автомобіля, які зумовлюють підвищені вимоги до якості відновлення деталей. Це, у свою чергу, передбачає використання зносостійких технологій обробки та обладнання, здатного забезпечити стабільні параметри точності протягом усього технологічного процесу.

Аналіз технологічного процесу ремонту передньої осі КрАЗ-65055 показує, що на окремих етапах виникають суттєві труднощі, пов'язані з фіксацією балки під час обробки, обмеженим доступом до робочих поверхонь та необхідністю багаторазового переміщення деталі між операціями. Такі фактори не лише ускладнюють виконання ремонтних робіт, але й призводять до збільшення їх тривалості та трудомісткості.

Крім того, недостатньо надійне закріплення деталі під час обробки може негативно впливати на точність виконання операцій і підвищувати ризик пошкодження поверхонь, що особливо критично для відповідальних елементів шкворневого з'єднання. У результаті це знижує загальну якість ремонту та може призводити до скорочення ресурсу відновленого вузла.

Саме тому виникає необхідність у використанні спеціального пристрою, який забезпечить надійну фіксацію передньої осі в процесі обробки, дозволить змінювати її положення без демонтажу та створить зручні умови для виконання всіх технологічних операцій. Впровадження такого рішення сприятиме підвищенню точності обробки, зменшенню допоміжного часу та загальному підвищенню ефективності ремонтного процесу.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз існуючих конструкцій і пристроїв для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

Проведений аналіз існуючих конструкцій ремонтних стендів показав, що універсальні та стаціонарні пристрої, які застосовуються під час ремонту ходової частини вантажних автомобілів, не забезпечують у повному обсязі вимоги до відновлення передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. Основними причинами є значна маса балки осі, що може досягати 500-700 кг (а з урахуванням навантаження та конструктивних елементів може досягати 800 кг), великі габаритні розміри вузла, необхідність точної обробки шкворневих отворів та складність забезпечення зручного доступу до всіх робочих поверхонь. У зв'язку з цим виникає необхідність розроблення спеціалізованого поворотного стенда, який дозволить підвищити якість ремонту, зменшити трудомісткість виконання операцій та покращити умови праці ремонтного персоналу. Передня вісь автомобіля КрАЗ-65055 належить до відповідальних елементів ходової частини та працює в умовах значних статичних і динамічних навантажень. У процесі ремонту необхідно виконувати демонтаж, дефектацію, наплавлення, механічну обробку, розточування шкворневих отворів, установку втулок та складання вузла. Більшість зазначених операцій потребує жорсткої фіксації балки осі та можливості її встановлення у різних положеннях. Забезпечення співвісності шкворневих отворів є одним із визначальних факторів точності відновлення передньої осі. Виконання таких робіт без спеціального поворотного пристрою значно ускладнює технологічний процес, збільшує витрати часу на допоміжні операції та погіршує точність відновлення.

У зв'язку з цим для виконання робіт було запропоновано спеціалізований поворотний стенд стаціонарного типу, конструкцію якого наведено на рисунку 3.1. Запропонований стенд призначений для фіксації та повороту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 під час демонтажу, дефектації, наплавлення, механічної обробки, розточування шкворневих отворів та складання вузла. Така

конструкція забезпечує достатню жорсткість, стійкість і надійність під час роботи з великогабаритними деталями. Основною перевагою поворотного стенда є можливість повороту балки навколо горизонтальної осі на кут до 180° без необхідності її повторного демонтажу або переміщення вантажопідіймальними механізмами. Це дозволяє значно спростити виконання технологічних операцій і забезпечити зручний доступ до будь-якої поверхні деталі. Конструкція запропонованого стенда складається із зварної металевої рами, двох опорних стійок, поворотного валу, приводу обертання та системи кріплення балки осі. Основа стенда виконана у вигляді жорсткої рами зі сталевого профілю прямокутного перерізу, що забезпечує сприйняття значних статичних і динамічних навантажень під час ремонту. Для підвищення міцності та стійкості конструкції передбачені поперечні перемички та діагональні ребра жорсткості. Рама встановлюється на опорні елементи, які забезпечують рівномірний розподіл навантаження на підлогу ремонтної ділянки.

На рамі розташовані дві вертикальні опорні стійки, між якими встановлюється поворотний вал із закріпленою балкою передньої осі. Вал забезпечує можливість обертання вузла навколо горизонтальної осі з фіксацією у необхідному положенні. Для кріплення балки використовуються спеціальні кронштейни та затискні елементи, конструкція яких враховує геометричні особливості передньої осі КрАЗ-65055. Це забезпечує надійне базування вузла та виключає його зміщення під час механічної обробки.

Поворот балки осі здійснюється вручну за допомогою рукоятки через редукторний механізм, що забезпечує плавність і контрольованість обертання при роботі з масивними деталями. Для запобігання самовільному повертання передбачений стопорний пристрій із фіксацією у визначених робочих положеннях. Наявність такого механізму дозволяє безпечно виконувати операції наплавлення, свердління, розточування та складання без ризику зміщення деталі. Крім того, застосування поворотного механізму суттєво покращує ергономіку робочого місця та зменшує фізичне навантаження на працівників.

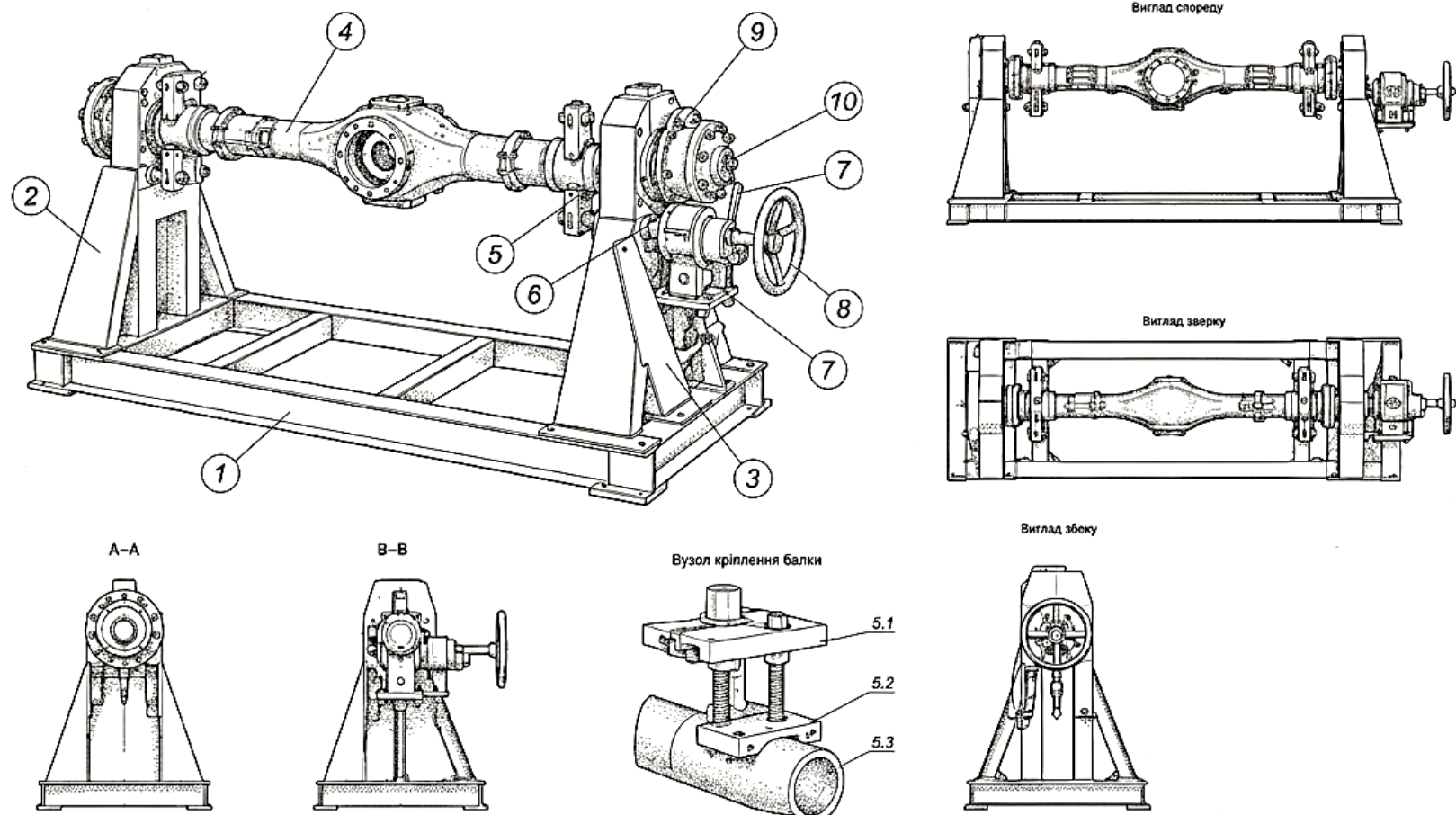


Рисунок 3.1 – Поворотний стэнд для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055

1 – рама (основа); 2 – опорна стійка (ліва); 3 – опорна стійка (права); 4 – поворотний вал; 5 – кронштейн кріплення балки; 5.1 – верхній кронштейн; 5.2 – нижній кронштейн; 5.3 – затискний болт; 6 – привід повороту (редуктор черв'ячний); 7 – стопорний пристрій; 8 – ручне колесо; 9 – підшипниковий вузол; 10 – упорний диск з отворами.

Під час вибору конструкції особлива увага приділялась забезпеченню достатньої жорсткості станда. У процесі розточування шкворневих отворів навіть незначні деформації або вібрації можуть призвести до порушення співвісності та зниження точності обробки. Саме тому несучі елементи станда доцільно виготовляти зі сталевого прокату підвищеної міцності, а конструкцію рами виконувати з урахуванням дії значних згинальних і крутильних навантажень.

Запропонований поворотний стэнд дозволяє скоротити тривалість допоміжних операцій, пов'язаних із перевстановленням балки осі, покращити доступ до робочих поверхонь і забезпечити більш точне базування деталі. У результаті підвищується якість ремонту, зменшується трудомісткість виконання робіт та покращуються умови праці ремонтного персоналу. Крім цього, використання спеціалізованого станда сприяє підвищенню безпеки виконання ремонтних операцій, оскільки виключає необхідність утримування або ручного переміщення важкої балки осі під час обробки.

Таким чином, вибір поворотного станда як спеціалізованого пристрою для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є технічно та економічно обґрунтованим. Запропонована конструкція враховує особливості даного вузла, забезпечує надійну фіксацію та можливість зміни положення балки у просторі, що створює необхідні умови для якісного виконання відновлювальних робіт.

3.2 Розрахунок елементів конструкції поворотного станда

Розрахунок конструкції поворотного станда виконується з метою перевірки його міцності, жорсткості та надійності під час ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. Оскільки передня вісь належить до важких агрегатів і

в процесі виконання ремонтних робіт створює значні статичні та динамічні навантаження, особливу увагу приділяють визначенню сил, що діють на основні елементи конструкції. Основними елементами стенда є поворотний вал, опорні стійки, несуча рама та механізм повороту. Під час розрахунків враховується маса агрегату, можливі перевантаження, а також коефіцієнт запасу міцності, необхідний для безпечної експлуатації обладнання в умовах ремонтного виробництва.

Максимальна маса передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 становить $m = 800$ кг

Сила ваги визначається за формулою:

$$G = m \cdot g \quad (3.1)$$

де m – маса агрегату, кг;

$g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Після підстановки значень отримуємо:

$$G = 800 \cdot 9,81 \approx 7850 \text{ Н}$$

Для забезпечення надійності конструкції вводиться коефіцієнт запасу міцності $k = 1,5$:

$$G_{\text{розр}} = 7850 \cdot 1,5 \approx 11775 \text{ Н}$$

Отримане значення приймається як розрахункове навантаження для подальших розрахунків елементів стенда.

Одним із найбільш навантажених елементів конструкції є поворотний вал, який під час роботи сприймає згинальні та крутні навантаження.

Максимальний згинальний момент визначають за формулою:

$$M = (G \cdot L) / 2 \quad (3.2)$$

де $G = 11775$ Н – розрахункове навантаження;

$L = 1,6$ м – відстань між опорними стійками.

Тоді:

$$M = (11775 \cdot 1,6) / 2 \approx 9420 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Напруження при вигині визначається залежністю:

$$\sigma = M / W \quad (3.3)$$

де W – момент опору круглого перерізу:

$$W = (\pi \cdot d^3) / 32 \quad (3.4)$$

Попередньо приймаємо діаметр валу $d = 80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}$

Тоді:

$$W = (3,14 \cdot (0,08)^3) / 32 \approx 1,6 \times 10^{-5} \text{ м}^3$$

Напруження на вигин становитиме:

$$\sigma = 9420 / (1,6 \cdot 10^{-5}) \approx 588 \text{ МПа}$$

Отримане значення перевищує допустимі напруження для конструкційної сталі, тому діаметр валу необхідно збільшити. При прийнятті діаметра валу $d = 100 \text{ мм}$ розрахункові напруження зменшуються приблизно до $\sigma \approx 300 \text{ МПа}$, що відповідає допустимим значенням для сталевого валу з урахуванням коефіцієнта запасу міцності. Таким чином, для конструкції стенда доцільно прийняти поворотний вал діаметром 100 мм .

Опорні стійки стенда працюють переважно на стиск. Напруження стиску визначають за формулою:

$$\sigma = G / A \quad (3.5)$$

де $G = 11775 \text{ Н}$;

$A = 0,01 \text{ м}^2$ – площа поперечного перерізу стійки.

Після підстановки значень отримуємо:

$$\sigma = 11775 / 0,01 = 1,18 \text{ МПа}$$

Отримане значення є значно меншим за допустиме напруження для конструкційної сталі, що свідчить про достатній запас міцності опорних елементів конструкції.

Несуча рама стенда працює переважно на вигин та забезпечує стійкість усієї конструкції під час ремонту агрегату. Максимальний згинальний момент визначається за формулою:

$$M = (G \cdot L) / 4 \quad (3.6)$$

де $G = 11775 \text{ Н}$;

$L = 2 \text{ м}$ – довжина рами.

Після розрахунку отримуємо:

$$M = (11775 \cdot 2) / 4 \approx 5887 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для виготовлення рами приймається профільна труба перерізом $100 \times 100 \times 5$ мм. Такий профіль забезпечує необхідну жорсткість конструкції та достатній запас міцності при експлуатаційних навантаженнях.

Для забезпечення можливості повороту передньої осі необхідно визначити крутний момент механізму повороту. Його визначають за формулою:

$$T = G \cdot r \quad (3.7)$$

де $G = 11775 \text{ Н}$;

$r = 0,3 \text{ м}$ – радіус прикладання сили.

Після підстановки значень:

$$T = 11775 \cdot 0,3 \approx 3530 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Для полегшення ручного обертання використовується редуктор із передаточним числом $i = 20$

Тоді зусилля на рукоятці становитиме:

$$T_{\text{руч}} = T / i \quad (3.8)$$

$$T_{\text{руч}} = 3530 / 20 \approx 176 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Отримане значення є допустимим для ручного приводу та забезпечує зручність експлуатації стенда.

На рисунку 3.2 представлено залежність крутного моменту, що виникає при повороті балки передньої осі автомобіля КрАЗ-65055, від кута її повороту. Максимальне значення моменту спостерігається при положенні, близькому до 90° , що відповідає найбільшому плечу прикладання сили ваги. У крайніх положеннях (0° і 180°) момент зменшується.

Аналіз графіка дозволяє обґрунтувати необхідність застосування редуктора у приводі поворотного механізму стенда, що забезпечує можливість плавного та безпечного обертання балки осі при максимальних навантаженнях.

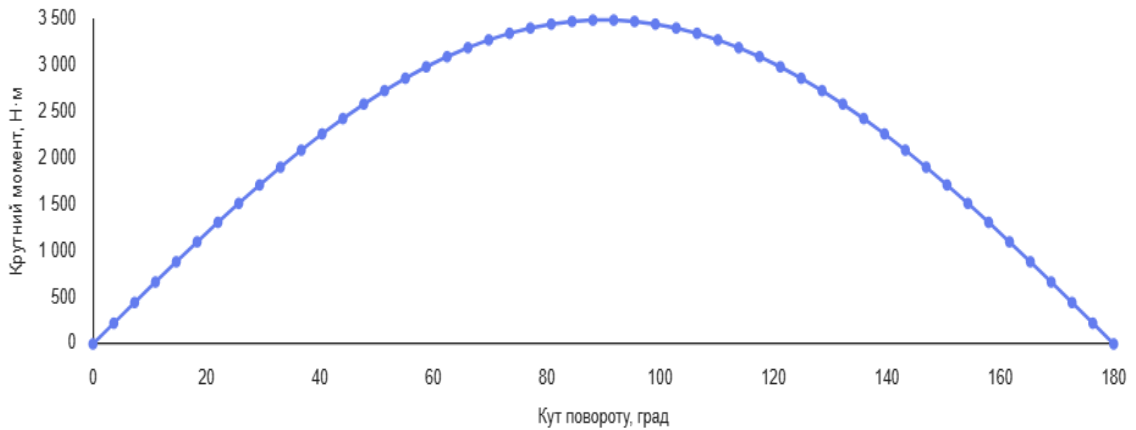


Рисунок 3.2 – Залежність крутного моменту, що виникає при повороті балки передньої осі автомобіля КрАЗ-65055, від кута її повороту

Проведені розрахунки підтвердили працездатність та надійність конструкції поворотного стенда для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. У результаті встановлено, що поворотний вал діаметром 100 мм забезпечує необхідну міцність при дії згинальних навантажень, опорні стійки мають достатній запас міцності при роботі на стиск, а несуча рама витримує розрахункові навантаження без небезпечних деформацій. Застосування редуктора дозволяє виконувати поворот агрегату без надмірних фізичних зусиль та підвищує зручність виконання ремонтних робіт.

Таким чином, результати розрахунку елементів конструкції поворотного стенда підтверджують його відповідність умовам ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. Запропонована конструкція характеризується достатньою міцністю, жорсткістю та стійкістю, що забезпечує безпечне виконання технологічних операцій і підвищує ефективність ремонтного процесу.

3.3 Розрахунок економічної ефективності використання поворотного стенда

Розробка поворотного стенда для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 дозволяє не лише покращити якість виконання ремонтних робіт, але й забезпечити економічну ефективність за рахунок зниження

трудомісткості та скорочення часу виконання допоміжних операцій. Використання спеціалізованого стенда значно полегшує процес встановлення та повороту балки осі, забезпечує зручний доступ до вузлів під час ремонту та підвищує безпеку виконання робіт. Метою економічного розрахунку є визначення доцільності впровадження запропонованого пристрою в умовах ремонтного виробництва.

Згідно з проведеними розрахунками трудомісткість ремонту передньої осі без використання стенда становить:

$$T_1 = 25,95 \text{ люд.-год.}$$

У процесі ремонту значна частина часу витрачається на допоміжні операції, пов'язані з переміщенням та повторним встановленням балки осі. Використання поворотного стенда дозволяє зменшити час встановлення деталі, скоротити кількість допоміжних операцій та забезпечити більш раціональну організацію робочого процесу. Приймаємо, що використання стенда забезпечує зниження трудомісткості приблизно на 20 %. У такому випадку трудомісткість ремонту після впровадження стенда становитиме:

$$T_2 = 25,95 \cdot 0,8 \approx 20,76 \text{ люд.-год.}$$

Економія трудових витрат визначається як різниця між трудомісткістю ремонту до та після впровадження стенда:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 25,95 - 20,76 = 5,19 \text{ люд.-год.}$$

Для визначення економічного ефекту приймаємо середню погодинну заробітну плату працівника ремонтного виробництва на рівні:

$$C = 120 \text{ грн/год.}$$

Тоді економія коштів під час виконання одного ремонту становитиме:

$$E_1 = \Delta T \cdot C \tag{3.9}$$

$$E_1 = 5,19 \cdot 120 \approx 623 \text{ грн.}$$

Для оцінки річного економічного ефекту приймаємо умовну кількість ремонтів передньої осі на підприємстві: $N = 100$ ремонтів на рік.

Річна економія коштів при використанні станда визначається за формулою:

$$E_{\text{річ}} = E_1 \cdot N \quad (3.10)$$

$$E_{\text{річ}} = 623 \cdot 100 = 62\,300 \text{ грн.}$$

Орієнтовна собівартість виготовлення поворотного станда визначена розрахунковим шляхом з урахуванням витрат на матеріали, виготовлення деталей, зварювання і становить:

$$C_{\text{ст}} \approx 30\,000 \text{ грн}$$

- металопрокат (рама, стійки, вал) – ~15 000 грн
- зварювальні роботи – ~4 000 грн
- механічна обробка – ~5 000 грн
- комплектуючі (редуктор, підшипники, кріплення) – ~6 000 грн

Термін окупності станда визначається як відношення вартості виготовлення станда до річного економічного ефекту:

$$T = C_{\text{ст}} / E_{\text{річ}} \quad (3.11)$$

$$T = 30\,000 / 62\,300 \approx 0,48 \text{ року.}$$

Отримане значення свідчить про те, що витрати на виготовлення станда окупляться приблизно за шість місяців експлуатації, що є хорошим показником економічної ефективності.

Окрім прямої економії коштів, використання поворотного станда забезпечує додатковий позитивний ефект. Застосування пристрою сприяє підвищенню якості ремонтних робіт, зменшенню ймовірності браку, зниженню фізичного навантаження на працівників та покращенню умов праці. Також підвищується безпека виконання ремонтних операцій і збільшується ресурс відремонтованих вузлів передньої осі.

Таким чином, впровадження поворотного станда для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 є економічно обґрунтованим. Використання даного пристрою дозволяє знизити трудомісткість ремонтних робіт приблизно на 20 %, забезпечити річну економію коштів близько 62 тис. грн та підвищити ефективність ремонтного виробництва. Невеликий термін окупності свідчить про доцільність практичного застосування розробленого станда.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Забезпечення безпечних умов праці є одним із найважливіших аспектів організації ремонтного виробництва, особливо під час виконання робіт, пов'язаних із ремонтом передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. Технологічний процес відновлення даного вузла супроводжується використанням підйомно-транспортного обладнання, механічної обробки, зварювальних робіт та операцій із важкогабаритними деталями, що створює підвищену небезпеку для працівників. Значна маса балки передньої осі, яка може перевищувати 700 кг, а також необхідність виконання точних технологічних операцій вимагають суворого дотримання вимог охорони праці та виробничої безпеки.

Система заходів з охорони праці спрямована на попередження виробничого травматизму, професійних захворювань і аварійних ситуацій, а також на створення безпечного та комфортного робочого середовища. Основною метою організації охорони праці на ремонтній ділянці є збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

4.1 Організація охорони праці під час ремонту передньої осі КрАЗ-65055

Система управління охороною праці на підприємстві передбачає комплекс організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці. До основних елементів цієї системи належать організація служби охорони праці, проведення навчання та інструктажів персоналу, контроль технічного стану обладнання, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, а також постійний контроль виробничих умов.

Ремонт передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки у процесі виконання ремонтних операцій застосовуються підйомні механізми, електроінструмент, зварювальне обладнання та верстати для механічної обробки. Крім того, під час

розточування шкворневих отворів, наплавлення та шліфування виникають вібрації, шум, пил та локальне нагрівання деталей. Усе це потребує впровадження комплексу заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників.

До виконання робіт допускаються лише працівники, які пройшли вступний та первинний інструктажі з охорони праці, ознайомлені з правилами експлуатації обладнання та мають відповідну кваліфікацію. Робочі місця повинні бути забезпечені справним обладнанням, необхідним освітленням і вентиляцією. Особлива увага приділяється технічному стану підйомних пристроїв та надійності закріплення балки передньої осі на стенді, оскільки навіть незначне зміщення важкого вузла може призвести до травмування працівників або пошкодження обладнання.

Під час виконання ремонтних робіт працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту, до яких належать спецодяг, захисне взуття, рукавички, окуляри та зварювальні щитки. При проведенні зварювальних операцій необхідно використовувати засоби захисту органів зору та дихання, а також забезпечувати ефективне відведення зварювальних аерозолів за допомогою вентиляційних систем.

Особливе значення для забезпечення безпечних умов праці має використання розробленого поворотного стенда для ремонту передньої осі. Конструкція стенда дозволяє надійно закріплювати балку осі та змінювати її положення у просторі без необхідності повторного піднімання вантажопідіймальними механізмами. Це суттєво зменшує фізичне навантаження на працівників та підвищує безпеку виконання ремонтних операцій.

Перед початком роботи зі стендом необхідно перевіряти справність поворотного механізму, надійність фіксації балки та роботу стопорного пристрою. Поворот вузла повинен здійснюватися плавно, без ривків, із використанням редукторного механізму. Забороняється виконувати роботи при незакріпленій балці або перебувати під піднятим вузлом. Усі електричні

елементи обладнання повинні бути заземлені відповідно до вимог електробезпеки.

Під час ремонту передньої осі можуть виникати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, серед яких механічні травми, ураження електричним струмом, опіки при зварюванні, підвищений рівень шуму та вібрації. Для зниження їх впливу необхідно дотримуватися технологічної дисципліни, регулярно проводити технічний огляд обладнання та використовувати сучасні засоби захисту.

Передбачені заходи з охорони праці повинні реалізовуватися не лише під час виконання окремих ремонтних операцій, але й на всіх етапах організації виробничого процесу. Важливим елементом системи безпеки є раціональне планування робочих місць, яке забезпечує зручне розташування обладнання, інструментів та пристроїв, мінімізує зайві переміщення працівників і знижує ризик виникнення виробничого травматизму. Проходи між робочими місцями повинні залишатися вільними від сторонніх предметів, а підлога має утримуватися в чистоті та справному стані для запобігання падінням і ковзанню.

Значна увага приділяється забезпеченню належних санітарно-гігієнічних умов праці. У ремонтних зонах необхідно підтримувати нормативні параметри мікроклімату, передбачені чинними вимогами охорони праці. Температура, відносна вологість повітря та швидкість його руху повинні відповідати характеру виконуваних робіт. Для видалення пилу, шкідливих газів та аерозолів, що утворюються під час зварювання, шліфування і механічної обробки деталей, використовують загальнообмінну та місцеву вентиляцію. Своєчасне очищення повітря робочої зони сприяє зменшенню професійних ризиків і збереженню здоров'я працівників.

Особливого контролю потребує електробезпека під час експлуатації верстатів, електроінструменту та зварювального обладнання. Усі струмопровідні частини повинні бути надійно ізольовані, а металеві корпуси обладнання – заземлені. Підключення та технічне обслуговування

електрообладнання дозволяється виконувати лише працівникам, які мають відповідну групу допуску з електробезпеки. У разі виявлення несправностей роботу обладнання необхідно негайно припинити до повного усунення дефектів.

Важливим напрямом забезпечення безпечних умов праці є профілактика пожеж та вибухонебезпечних ситуацій. На ділянці ремонту передньої осі повинні бути встановлені первинні засоби пожежогасіння, а працівники мають знати порядок їх використання та дії у випадку виникнення пожежі. Легкозаймісті матеріали, мастила та розчинники необхідно зберігати у спеціально відведених місцях відповідно до встановлених вимог. Під час проведення зварювальних робіт слід контролювати відсутність горючих матеріалів у зоні можливого потрапляння іскор.

Для підтримання належного рівня виробничої безпеки на підприємстві проводяться періодичні інструктажі, перевірка знань працівників з питань охорони праці та контроль дотримання вимог безпеки безпосередньо на робочих місцях. Регулярне навчання персоналу дозволяє своєчасно ознайомлювати працівників із новими технологіями, обладнанням та сучасними засобами захисту.

Таким чином, організація охорони праці під час ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 повинна базуватися на комплексному підході, який охоплює технічні, організаційні, санітарно-гігієнічні та профілактичні заходи. Виконання зазначених вимог забезпечує зниження рівня виробничого травматизму, підвищення безпеки праці, збереження здоров'я працівників та підвищення ефективності ремонтного процесу.

4.2 Соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань

Соціальне страхування працівників є важливим елементом системи охорони праці та передбачає захист працівників від наслідків нещасних випадків і професійних захворювань, які можуть виникнути під час виконання

трудоу обов'язків. В Україні соціальне страхування здійснюється відповідно до чинного законодавства та спрямоване на забезпечення матеріальної підтримки працівників у разі втрати працездатності або отримання виробничої травми.

Система страхування передбачає відшкодування шкоди, заподіяної працівникові внаслідок нещасного випадку на виробництві, виплату одноразових та щомісячних страхових допомог, оплати лікування, медичної та соціальної реабілітації.

Одними з основних причин виробничого травматизму під час ремонтних робіт є порушення правил техніки безпеки, несправність обладнання, недостатній рівень підготовки працівників та нехтування засобами індивідуального захисту. Саме тому важливе значення має профілактика виробничого травматизму, яка включає регулярне навчання персоналу, проведення інструктажів, контроль технічного стану обладнання та суворе дотримання вимог охорони праці.

Застосування сучасного обладнання, зокрема спеціалізованого поворотного станда для ремонту передньої осі КрАЗ-65055, сприяє зниженню ризику травматизму, підвищує безпеку виконання технологічних операцій і покращує умови праці працівників ремонтної дільниці.

Важливою складовою системи соціального страхування є своєчасне розслідування та облік нещасних випадків на виробництві. У разі виникнення виробничої травми роботодавець зобов'язаний організувати проведення розслідування відповідно до встановленого порядку, визначити причини події та розробити заходи щодо недопущення аналогічних випадків у майбутньому. Результати розслідування використовуються для оцінки рівня виробничих ризиків та вдосконалення системи управління охороною праці на підприємстві.

Соціальне страхування також передбачає комплекс заходів щодо медичної, професійної та соціальної реабілітації потерпілих працівників. У разі отримання виробничої травми або встановлення професійного захворювання працівник має право на отримання необхідної медичної допомоги,

проходження лікування та відновлення працездатності. За необхідності можуть здійснюватися заходи з професійної перепідготовки або перекваліфікації працівника для подальшого працевлаштування відповідно до стану його здоров'я.

Особливе значення має страхування працівників ремонтних підприємств автомобільного транспорту, оскільки їхня діяльність пов'язана з підвищеним рівнем виробничого ризику. Під час ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 працівники контактують із важкими деталями, вантажопідіймальними механізмами, електрообладнанням, зварювальними установками та іншими джерелами потенційної небезпеки. За таких умов ефективна система соціального страхування виступає важливим механізмом соціального захисту персоналу та гарантує відшкодування можливих втрат, пов'язаних із ушкодженням здоров'я.

Одним із напрямів зниження рівня виробничого травматизму є впровадження сучасних технічних рішень, спрямованих на механізацію та вдосконалення ремонтних процесів. Використання розробленого поворотного стенда дозволяє значно зменшити кількість ручних операцій під час встановлення та обертання балки передньої осі, скоротити фізичні навантаження на працівників і мінімізувати ризик отримання травм. Завдяки надійній фіксації вузла забезпечується підвищення стійкості конструкції та безпечне виконання ремонтних операцій.

Ефективність системи соціального страхування значною мірою залежить від рівня профілактичної роботи на підприємстві. Регулярне проведення інструктажів, навчання з питань охорони праці, контроль за дотриманням технологічних процесів і використанням засобів індивідуального захисту сприяють попередженню виробничого травматизму та професійних захворювань. Профілактичні заходи є економічно доцільними, оскільки дозволяють зменшити кількість страхових випадків, скоротити втрати робочого часу та підвищити продуктивність праці.

Соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань є важливою складовою системи соціального захисту працівників. Воно забезпечує матеріальну підтримку потерпілих, фінансування лікування та реабілітації, а також сприяє підвищенню рівня безпеки праці на підприємстві. Поєднання ефективної системи страхування із сучасними технічними засобами, зокрема використанням поворотного стенда для ремонту передньої осі КрАЗ-65055, дозволяє створити більш безпечні умови праці та знизити ризик виникнення виробничого травматизму.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено технологічний процес ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055 з урахуванням конструктивних особливостей вузла, умов експлуатації та характеру виникнення основних несправностей. Проведений аналіз показав, що передня вісь працює в умовах значних статичних, динамічних і ударних навантажень, що призводить до інтенсивного зношування шкворневих з'єднань, підшипникових вузлів, елементів рульового приводу та деформації балки осі.

У роботі виконано аналіз конструкції передньої осі автомобіля КрАЗ-65055, визначено функціональне призначення її основних елементів та особливості їх взаємодії. Досліджено умови експлуатації автомобіля та встановлено основні причини виникнення несправностей, серед яких перевантаження, експлуатація на дорогах низької якості, недостатнє технічне обслуговування та втомне руйнування матеріалу деталей.

На основі проведеного аналізу було розроблено технологічний процес відновлення основних деталей передньої осі. Обґрунтовано вибір способів ремонту та відновлення зношених поверхонь, визначено послідовність виконання операцій, підібрано необхідне обладнання, інструмент і засоби контролю. Також виконано розрахунок режимів обробки та норм часу на виконання ремонтних робіт.

У конструктивній частині роботи розроблено поворотний стенд для ремонту передньої осі автомобіля КрАЗ-65055. Запропонована конструкція забезпечує зручне встановлення та фіксацію вузла, можливість його повертання під час виконання ремонтних операцій, покращення умов праці та підвищення безпеки виконання робіт. Використання стенда дозволяє зменшити трудомісткість ремонту, підвищити точність виконання технологічних операцій і скоротити час обслуговування вузла.

У технологічному та організаційному аспектах запропоновані рішення сприяють підвищенню ефективності ремонтного виробництва, покращенню якості відновлення деталей і збільшенню ресурсу передньої осі після ремонту. Отримані результати можуть бути використані на підприємствах автомобільного транспорту та ремонтних дільницях, що здійснюють технічне обслуговування і ремонт важких вантажних автомобілів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Automotive Handbook / Robert Bosch GmbH ; [editorial committee: R. Bosch]. – 11th ed. – Hoboken : Wiley, 2022. – 1744 p.
2. Mobley R. K. Maintenance Engineering Handbook / R. K. Mobley. – 8th ed. – New York : McGraw-Hill, 2014. – 672 p.
3. Genta G., Morello L. The Automotive Chassis: Volume 2: Component Design / G. Genta, L. Morello. – Cham : Springer, 2019. – 633 p.
4. Halderman J. D. Manual Drivetrains and Axles / J. D. Halderman. – 8th ed. – Boston : Pearson Education, 2017. – 576 p.
5. Concepcion M. Automotive Structural Analysis / M. Concepcion. – North Charleston : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012. – 50 p.
6. Moubray J. Reliability-Centered Maintenance / J. Moubray. – 2nd ed. – New York : Industrial Press, 2001. – 448 p.
7. Jardine A. K. S., Tsang A. H. C. Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications / A. K. S. Jardine, A. H. C. Tsang. – 3rd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2021. – 412 p.
8. Ebeling C. E. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering / C. E. Ebeling. – 2nd ed. – New York : McGraw-Hill, 2010. – 560 p.
9. Smith D. J. Reliability, Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers / D. J. Smith. – 8th ed. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2011. – 480 p.
10. Gulati R. Maintenance and Reliability Best Practices / R. Gulati. – 2nd ed. – New York : Industrial Press, 2013. – 480 p.
11. Дослідження напружено-деформованого стану елементів напівпричепа / О. Л. Ляшук, М. Г. Левкович, Ю. В. Вовк, І. Б. Гевко, Л. М. Слободян // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2023. – № 2 (110). – С. 45–54.
12. Оптимізація процесів технічного обслуговування і ремонту мобільних машин / В. В. Аулін, О. Л. Ляшук, Д. В. Міронов, Л. М. Слободян // Науковий вісник НЛТУ України. – 2023. – Т. 33, № 4. – С. 88–95.

13. Розробка діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля / Д. В. Міронов, О. Л. Ляшук, І. Б. Гевко, Л. М. Слободян // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2023. – № 1 (20). – С. 112–119.

14. Гевко І. Б., Клендій В. М., Слободян Л. М. Транспортно-технологічні передумови проектування машин // Перспективні технології та прилади. – 2017. – Вип. 10. – С. 38–42.

15. Стенд для дослідження характеристик підвіски автомобіля : пат. 156000 Україна : МПК В60G 17/00 / Ляшук О. Л., Хорошун Р. В., Гевко І. Б., Слободян Л. М. ; заявник і патентовласник ТНТУ ім. І. Пулюя. – № u 202300000 ; заявл. 15.09.2023 ; опубл. 10.01.2024, Бюл. № 2.

16. Рибак І. В. Проект дільниці ремонтного цеху для діагностики та ремонту передньої осі автомобіля Scania : дипломна робота бакалавра : спец. 274 "Автомобільний транспорт" / І. В. Рибак. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 65 с. – Рукопис.

17. Антонишин С. В. Проект дільниці ремонтного цеху для ремонту передньої підвіски автомобіля УАЗ-453 : дипломна робота бакалавра : спец. 274 "Автомобільний транспорт" / С. В. Антонишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 58 с. – Рукопис.

18. Музика М. О., Огар А. В. Проект ремонту заднього мосту автомобіля : магістерська робота : спец. 274 "Автомобільний транспорт" / М. О. Музика, А. В. Огар. – Тернопіль : ТНТУ, 2023. – 92 с. – Рукопис.

19. Яцків В. В. Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та ремонту автомобілів : кваліфікаційна робота магістра : спец. 274 "Автомобільний транспорт" / В. В. Яцків. – Тернопіль : ТНТУ, 2023. – 105 с. – Рукопис.

20. Інституційний репозитарій ТНТУ ім. І. Пулюя (ELARTU) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elartu.tntu.edu.ua/>