

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

***Розроблення технологічного процесу відновлення
первинного валу 1313246 автомобіля FORD FOCUS II***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МА-42
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Олександр МІСЬКЕВИЧ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Володимир ТЕСЛЯ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Тетяна ПИНДУС
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис)

Рецензент _____
(підпис) (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 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 Міськевич Олександр Романович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу відновлення
первинного валу 1313246 автомобіля FORD FOCUS II

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-44.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля FORD FOCUS II, базовий
технологічний процес відновлення первинного валу 1313246

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Аналіз технологій. Ремонтне креслення. Загальний вигляд деталей роздавальної коробки.
 Порівняльний аналіз. Приспосіблення для кріплення і базування деталі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Віктор СЕНЧИШИН</i>		

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>16.02.2026</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>16.03.2026</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>02.04.2026</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>23.04.2026</i>	
5	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>21.05.2026</i>	
6	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>24.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Олександр МІСЬКЕВИЧ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ТЕСЛЯ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:
«Розроблення технологічного процесу відновлення
первинного валу 1313246 автомобіля FORD FOCUS II»
студента групи МА – 42, спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
ТНТУ імені Івана Пулюя
Олександр МІСЬКЕВИЧ

Об'єктом дослідження є процес зношування та відновлення деталей трансмісії сучасних легкових автомобілів.

Технологія відновлення геометричних параметрів та фізико-механічних властивостей первинного валу № 1313246 автомобіля FORD FOCUS II.

Підвищення ефективності та зниження собівартості ремонту коробки передач шляхом розроблення раціонального технологічного процесу відновлення первинного валу з проектуванням спеціалізованого контрольно-вимірювального оснащення та забезпеченням нормативних умов праці на дільниці.

У роботі використано аналітичні методи дефектації, методи неруйнівного контролю (капілярна та магнітопорошкова дефектоскопія), інженерні розрахунки деталей на міцність (зріз та зминання), а також санітарно-технічні розрахунки виробничої вентиляції та штучного освітлення дільниці.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Конструктивні особливості первинного валу.....	8
1.2 Аналіз умов експлуатації автомобіля Ford Focus II та їх вплив на зношування первинного валу	10
1.3 Основні види зносу та характерні дефекти первинного валу	12
1.4 Методи діагностики та контролю технічного стану первинного валу перед відновленням	15
1.5 Висновки до першого розділу	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Розроблення технологічного процесу відновлення первинного валу	19
2.2 Діагностування та дефектація первинного валу	25
2.3 Організація дільниці ремонтного цеху для відновлення валів трансмісії	26
2.4 Обґрунтування вибору обладнання	30
2.5 Розрахунок основних технологічних показників роботи дільниці	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	42
3.1 Обґрунтування конструкції пристосування	42
3.2 Принцип роботи станду	45
3.3 Розрахунок механічних навантажень елементів пристосування.....	47
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Основні вимоги охорони праці	54
4.2 небезпечні та шкідливі виробничі фактори	57
4.3 Розрахунок вентиляції дільниці	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	65

ВСТУП

Сучасне автомобілебудування характеризується високим рівнем навантаження на елементи трансмісії, зокрема на первинні вали механічних коробок передач, які є ключовими елементами передачі крутного моменту від двигуна до трансмісійної системи. У процесі тривалої експлуатації автомобіля Ford Focus II первинний вал 1313246 зазнає інтенсивного механічного, циклічного та термічного навантаження, що призводить до поступового накопичення зношування, втрати геометричної точності та зниження експлуатаційної надійності. В умовах сучасного автосервісу відновлення таких деталей стає технічно та економічно доцільною альтернативою їх повної заміни.

Актуальність теми зумовлена зростанням вартості оригінальних запасних частин, а також необхідністю раціонального використання матеріальних ресурсів і підвищення ефективності ремонтного виробництва. Відновлення первинного валу дозволяє значно зменшити собівартість ремонту коробки передач при збереженні її технічних характеристик, що особливо важливо для масового сегмента легкових автомобілів. Крім того, застосування сучасних технологій наплавлення, шліфування та відновлення посадкових поверхонь забезпечує можливість повернення деталі до експлуатаційного стану з характеристиками, наближеними до нових виробів.

Метою даної дипломної роботи є розроблення технологічного процесу відновлення первинного валу 1313246 автомобіля Ford Focus II, який забезпечує підвищення ресурсу деталі, відновлення її геометричних і міцнісних характеристик та зниження витрат на ремонт трансмісії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати конструктивні особливості первинного валу та його функціональне призначення в коробці передач; дослідити умови експлуатації автомобіля та їх вплив на характер зношування деталі; визначити основні види дефектів та причини їх виникнення; розглянути методи діагностики та

контролю технічного стану валу перед відновленням; розробити раціональний технологічний процес відновлення з обґрунтуванням операцій і обладнання; спроектувати організацію ремонтної дільниці; виконати розрахунок основних технологічних показників; а також оцінити техніко-економічну доцільність запропонованого рішення.

Об'єктом дослідження є процес відновлення первинного валу механічної коробки передач автомобіля Ford Focus II. Предметом дослідження виступають технологічні методи, режими обробки та конструктивні рішення, що забезпечують відновлення працездатності та довговічності деталі.

Таким чином, розроблення технологічного процесу відновлення первинного валу є актуальним інженерним завданням, що поєднує технічну ефективність, економічну доцільність та сучасні підходи до ремонтного виробництва, орієнтовані на подовження ресурсу деталей і зниження витрат експлуатації автомобільної техніки.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Конструктивні особливості первинного валу

Первинний вал 1313246 є базовим елементом вхідної ланки механічної коробки передач автомобіля Ford Focus II, який забезпечує безперервну передачу крутного моменту від силового агрегату до трансмісійної системи. У кінематичному ланцюгу коробки передач він виконує функцію первинного носія енергії, формуючи початкові умови для розподілу крутного моменту між передавальними парами різних ступенів. Від його геометричної точності, жорсткості та стану робочих поверхонь безпосередньо залежить стабільність роботи всієї трансмісії.

Конструктивно первинний вал являє собою складну циліндричну деталь ступінчастого типу, виготовлену з високоміцних легованих сталей, які піддаються цементації або об'ємно-поверхневій термообробці. Така технологія виготовлення забезпечує поєднання високої поверхневої твердості (для зносостійкості) та в'язкої серцевини (для сприйняття ударних навантажень). Це є критично важливим, оскільки вал працює в умовах змінних крутних моментів і періодичних ударних навантажень під час перемикування передач.

Основними функціональними зонами первинного валу є шліцьова частина, посадкові поверхні під підшипники, зубчастий вінець постійного зачеплення та перехідні ділянки, які забезпечують рівномірний розподіл напружень. Шліцьова частина призначена для передачі крутного моменту від веденого диска зчеплення та працює в умовах мікропереміщень, що створює умови для зношування тертям та поступової деградації поверхневого шару.

Особливу роль відіграють посадкові місця під підшипники, які забезпечують точне центрування валу в картері коробки передач. Будь-яке відхилення від номінального діаметра або поява овальності призводить до порушення співвісності системи валів, що викликає підвищені радіальні навантаження, шум, вібрацію та прискорене руйнування підшипникових вузлів.

У практиці ремонту саме ці ділянки найчастіше потребують відновлення методом наплавлення або металізації з подальшою точною механічною обробкою.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд первинного валу автомобіля FORD FOCUS II

Зубчаста частина первинного валу перебуває в постійному зачепленні з відповідною шестернею проміжного валу, утворюючи нерозривний кінематичний зв'язок. Робота цієї пари характеризується високими контактними напруженнями Герца, що призводить до поступового виникнення втомного руйнування поверхні зубців, утворення мікропітингу, задирів та абразивного зносу. Особливо інтенсивне зношування спостерігається при недостатній змазці або використанні мастил із втраченими фізико-хімічними властивостями.

Додатково слід враховувати наявність перехідних зон між функціональними ділянками валу, які є концентраторами напружень. Саме в цих місцях найчастіше виникають втомні тріщини, що є наслідком циклічного навантаження при зміні режимів руху автомобіля. Такі дефекти є критичними, оскільки можуть призвести до раптового руйнування деталі в процесі експлуатації.

Первинний вал у системі трансмісії виконує не лише функцію передачі моменту, але й забезпечує стабільність роботи всієї коробки передач як єдиного механізму. Його точність визначає плавність включення передач, рівень шуму, втрати енергії на тертя та загальну довговічність агрегату. Таким чином, навіть

незначні відхилення в геометрії або мікроструктурі поверхні валу мають системний вплив на працездатність трансмісії в цілому.

Окремо слід підкреслити, що конструкція первинного валу орієнтована на ремонтпридатність: більшість його робочих поверхонь допускають відновлення шляхом наплавлення, шліфування або термомеханічної обробки, що робить його типовим об'єктом для застосування сучасних технологій відновного ремонту.

Таким чином, первинний вал 1313246 є складним інженерним елементом, який поєднує функції силової передачі, центрування та кінематичної взаємодії, а його конструкція визначає високі вимоги до точності виготовлення, умов експлуатації та технологій відновлення.

1.2 Аналіз умов експлуатації автомобіля Ford Focus II та їх вплив на зношування первинного валу

Умови експлуатації автомобіля Ford Focus II формують складний комплекс змінних навантажень, які безпосередньо визначають інтенсивність зношування первинного валу 1313246 та характер розвитку дефектів його робочих поверхонь. На відміну від лабораторних або розрахунково-ідеалізованих умов, реальна експлуатація характеризується нерівномірністю навантажень, частими перехідними режимами, коливаннями крутного моменту та нестабільністю роботи системи змащування, що в сукупності призводить до прискореної деградації елементів трансмісії.

У міських умовах експлуатації автомобіль працює в режимі постійних розгонів і гальмувань, що супроводжується високою частотою перемикань передач. Кожне перемикання є перехідним динамічним процесом, під час якого навантаження на первинний вал змінюється стрибкоподібно. У момент зчеплення та розчеплення виникають ударні навантаження в шліцьовій зоні, що викликає мікропластичні деформації поверхневого шару та розвиток зношування. Саме міський режим є найбільш критичним з точки зору накопичення втомних пошкоджень.

У заміській експлуатації навантаження на первинний вал є більш рівномірними, однак вони супроводжуються тривалими режимами роботи на середніх і високих обертах двигуна. У таких умовах основним механізмом зношування стає контактнo-втомне руйнування зубчастих поверхонь, що проявляється у вигляді мікропітингу, поступового викришування та зниження якості зачеплення. Хоча частота перемикань тут менша, сумарна тривалість навантаження підвищує загальний ресурсний знос вузлів коробки передач.

Часті перемикання передач є одним із ключових факторів інтенсифікації зношування первинного валу. Кожне перемикання супроводжується короткочасним порушенням стабільності передачі крутного моменту, що призводить до виникнення імпульсних навантажень. Особливо негативний вплив мають неправильні або різкі перемикання, які створюють додаткові ударні навантаження на шліцьові з'єднання та зубчасті пари, прискорюючи їх зношування.

Перевантаження трансмісії є ще одним суттєвим фактором деградації первинного валу. Воно виникає при перевищенні допустимого крутного моменту, наприклад, під час руху з повним завантаженням автомобіля, буксирування або різких прискорень. У таких умовах різко зростають контактні напруження в зоні зачеплення зубців і навантаження на посадкові поверхні підшипників, що може призводити до виникнення мікротріщин і пластичних деформацій. При систематичних перевантаженнях відбувається прискорене накопичення втомних пошкоджень і скорочення ресурсу деталі.

Важливу роль відіграє якість мастильного матеріалу, який забезпечує формування масляної плівки між контактуючими поверхнями. Використання мастил із невідповідними характеристиками або із вичерпаним ресурсом призводить до порушення гідродинамічного режиму тертя. У результаті виникають режими граничного або змішаного тертя, що значно підвищує інтенсивність абразивного та адгезійного зношування шліцьових і зубчастих поверхонь. Крім того, забруднене мастило з домішками металевих частинок діє як абразив, додатково інтенсифікуючи процес руйнування поверхонь.

Температурні режими роботи коробки передач також суттєво впливають

на довговічність первинного валу. При низьких температурах мастило загущується, що погіршує його прокачуваність і знижує ефективність змащування в початковий період роботи. Це призводить до підвищеного зношування в режимі пускового тертя. При високих температурах, навпаки, відбувається зниження в'язкості мастила та його несучої здатності, що сприяє збільшенню металевому контакту між поверхнями та прискоренню зношування підшипникових і зубчастих вузлів.

Пробіг автомобіля є інтегральним показником накопиченого зношування всіх елементів трансмісії. Зі збільшенням пробігу відбувається поступове накопичення мікродефектів, втомних тріщин та змін геометрії робочих поверхонь первинного валу. Особливо інтенсивно ці процеси проявляються після досягнення значних пробігів, коли початкові поверхневі дефекти переходять у стадію прогресуючого зношування.

Технічне обслуговування має визначальний вплив на ресурс первинного валу. Своєчасна заміна мастила, контроль його рівня та якості, а також діагностика стану коробки передач дозволяють суттєво знизити інтенсивність зношування. Натомість нехтування регламентом обслуговування призводить до накопичення продуктів зношування в мастильній системі, погіршення умов тертя та прискореної деградації всіх елементів трансмісії.

Таким чином, експлуатація автомобіля Ford Focus II в умовах міського, заміського та змішаного режимів формує комплекс багатофакторних впливів, які визначають характер і інтенсивність зношування первинного валу. Сукупна дія динамічних навантажень, перевантажень, температурних коливань, якості мастила та рівня технічного обслуговування призводить до розвитку комбінованих механізмів зношування, що обґрунтовує необхідність своєчасної діагностики та відновлення даної деталі.

1.3 Основні види зносу та характерні дефекти первинного валу

У процесі тривалої експлуатації первинного валу механічної коробки передач Ford Focus II відбувається поступова деградація його робочих

поверхонь під дією комплексних механічних, трибологічних та корозійних факторів. Характер зношування визначається не лише величиною навантаження, але й режимами роботи трансмісії, якістю мастильного середовища, точністю складання та умовами експлуатації автомобіля. Внаслідок цього на різних функціональних ділянках валу формуються специфічні дефекти, що мають різну природу походження, але спільний результат – зниження точності, надійності та ресурсу роботи вузла.

Одним із найбільш поширених дефектів є зношування шліцьової частини валу. Ця зона працює в умовах змінних крутних моментів та мікропереміщень, що призводить до розвитку зношування. У результаті відбувається поступове спрацювання бокових поверхонь шліців, збільшення зазорів у з'єднанні та поява локальних зон пластичної деформації. При інтенсивній експлуатації можливе утворення задирів і часткове викришування матеріалу, що суттєво погіршує якість передачі крутного моменту.

Знос посадкових поверхонь під підшипники є критичним видом дефекту, оскільки безпосередньо впливає на геометричну точність обертання валу. У процесі роботи під дією радіальних навантажень та вібрацій відбувається поступове збільшення діаметра посадки, поява овальності та порушення співвісності. Це призводить до підвищеного биття валу, нерівномірного навантаження на підшипники та їх прискореного руйнування.

Зношування зубців шестерні первинного валу відбувається переважно внаслідок контактної-втомного навантаження. У зоні зачеплення виникають високі контактні напруження, що сприяє утворенню мікротріщин, мікропітингу та поступового викришування робочого шару зубців. При недостатньому змащуванні або перевантаженні трансмісії процеси зношування значно інтенсифікуються, що може призводити до втрати правильного профілю зубчастого зачеплення.

На неробочих та перехідних поверхнях валу часто спостерігаються задирки та риски, які виникають у процесі монтажу, демонтажу або при попаданні абразивних частинок у зону контакту. Хоча ці дефекти не завжди є критичними з точки зору несучої здатності, вони створюють концентрацію

напружень і можуть слугувати ініціаторами розвитку більш серйозних пошкоджень, включаючи тріщиноутворення.

Таблиця 1.1 – Основні види зносу та характерні дефекти первинного валу

Елемент первинного валу	Вид зношування / дефекту	Причини виникнення	Механізм розвитку	Наслідки для роботи КПП
Шліцьова частина	Рношування, задири, збільшення зазорів	Циклічні навантаження, мікропереміщення, ударні моменти при зчепленні	Тертя з мікроскопічними коливаннями → руйнування поверхневого шару	Погіршення передачі крутного моменту, люфти, шум
Посадкові поверхні під підшипники	Овальність, знос, зменшення точності посадки	Радіальні навантаження, вібрації, недостатнє змащення	Мікропластична деформація та абразивне зношування	Порушення співвісності, підвищена вібрація, знос підшипників
Зубці шестерні	Контактно-втомне зношування, викришування	Високі контактні напруження, перевантаження, недостатнє мастило	Повторювані контактні цикли → мікротріщини → викришування	Шум, втрата плавності передачі, ризик руйнування зачеплення
Перехідні та неробочі поверхні	Задири, риси, мікропошкодження	Монтажні/демонтажні роботи, абразив у мастилi	Механічне пошкодження поверхні	Концентрація напружень, ініціація тріщин
Тіло валу (вісь)	Деформація (вигин, биття)	Перевантаження, ударні навантаження, аварійні режими	Пластична деформація металу	Порушення кінематики, вібрації, нерівномірний знос
Зони концентрації напружень	Втомні тріщини	Циклічні навантаження, перевантаження, дефекти матеріалу	Накопичення мікропошкоджень → розвиток тріщини	Аварійне руйнування валу
Поверхня металу	Корозійні ураження	Волога, окиснення, агресивне мастило, зберігання	Електрохімічна та хімічна корозія	Зниження міцності, прискорення зносу

Деформація валу є більш серйозним видом пошкодження, який виникає під дією перевантажень, ударних навантажень або порушень умов експлуатації. Вона проявляється у вигляді викривлення осі валу, що призводить до порушення кінематичної точності роботи коробки передач, підвищення вібрацій та нерівномірного зношування всіх суміжних елементів трансмісії.

Особливо небезпечними є втомні тріщини, які формуються в зонах концентрації напружень, таких як переходи діаметрів, шліцьові ділянки та місця зміни геометрії перерізу. Вони розвиваються поступово під дією циклічних навантажень і можуть довгий час залишатися непомітними. При досягненні критичної довжини тріщини можливе раптове руйнування валу, що є аварійною ситуацією.

Корозійні пошкодження виникають внаслідок впливу вологи, агресивних компонентів мастила або порушення умов зберігання та експлуатації. Вони проявляються у вигляді поверхневого окиснення, точкової корозії або глибокого ураження металу. Корозія значно знижує втомну міцність матеріалу та прискорює розвиток інших видів зношування.

Таким чином, первинний вал у процесі експлуатації зазнає комплексного впливу різноманітних механізмів руйнування, що включають абразивне, контактно-втомне, корозійне зношування. Сукупність цих дефектів визначає необхідність системного підходу до діагностики та застосування сучасних технологій відновлення, спрямованих на відновлення геометричних, міцнісних та експлуатаційних характеристик деталі.

1.4 Методи діагностики та контролю технічного стану первинного валу перед відновленням

Діагностика технічного стану первинного валу є ключовим етапом ремонтного процесу, оскільки саме на цьому етапі формується обґрунтоване рішення щодо можливості відновлення деталі, вибору технології ремонту та визначення допустимих відхилень геометричних параметрів. Якість діагностики безпосередньо впливає на надійність подальшої експлуатації

коробки передач, тому контроль повинен носити комплексний, багаторівневий характер із поєднанням візуальних, вимірювальних та інструментальних методів.

Особливе місце в системі контролю займає візуальний огляд, який часто недооцінюється в практиці ремонту, хоча саме він дозволяє на початковому етапі виявити значну частину поверхневих дефектів. До таких дефектів належать задири, риси, сліди корозії, локальні викришування зубців та ознаки перегріву металу. Візуальний контроль дає можливість швидко оцінити загальний технічний стан деталі, визначити зони підвищеного зносу та сформуванати напрям подальших більш точних вимірювань. У поєднанні з лупою або ендоскопічними засобами він дозволяє виявити початкові стадії тріщиноутворення, які ще не проявляються у вигляді макроскопічних руйнувань.

Наступним етапом є вимірювання діаметрів і ступеня зносу робочих поверхонь валу. Для цього використовуються мікрометри, нутроміри та індикаторні прилади високої точності. Основна увага приділяється посадковим поверхням під підшипники, шліцьовим з'єднанням та зонам контакту з шестернями. Визначення величини зносу дозволяє встановити відповідність фактичних розмірів номінальним та ремонтним значенням, а також обґрунтувати необхідність застосування відновлювальних технологій, таких як наплавлення або металізація.

Важливим параметром є контроль биття валу, який визначається за допомогою індикаторних стендів або призматичних опор. Радіальне та осьове биття є інтегральним показником геометричної точності деталі та стану її опорних поверхонь. Перевищення допустимих значень биття свідчить про наявність деформацій, зносу посадочних місць або порушення співвісності, що критично впливає на роботу підшипникових вузлів і кінематичну стабільність коробки передач.

Для виявлення прихованих дефектів, зокрема втомних тріщин, застосовується дефектоскопія. Найбільш поширеними методами є магнітопорошковий та капілярний контроль. Магнітопорошковий метод

дозволяє виявляти поверхневі та підповерхневі тріщини у феромагнітних матеріалах шляхом фіксації зон порушення магнітного поля. Капілярний контроль використовується для виявлення мікротріщин на поверхні шляхом проникнення індикаторної рідини в дефектні зони. Дані методи є критично важливими, оскільки втомні тріщини часто не виявляються при звичайному візуальному огляді.

Завершальним етапом діагностики є аналіз відповідності фактичних параметрів валу ремонтним розмірам. На цьому етапі визначається можливість подальшого відновлення деталі без втрати її міцнісних характеристик. Якщо знос перевищує допустимі межі, деталь визнається непридатною для відновлення. У випадку відповідності ремонтним допускам формується технологічна карта відновлення з вибором оптимального методу обробки кожної з функціональних поверхонь.

Таким чином, комплексна діагностика первинного валу перед відновленням дозволяє забезпечити обґрунтований вибір технології ремонту, мінімізувати ризик прихованих дефектів та гарантувати відновлення експлуатаційних характеристик деталі до нормативного рівня.

1.5 Висновки до першого розділу

У першому розділі дипломної роботи було виконано комплексний аналіз конструктивних особливостей первинного валу 1313246 автомобіля Ford Focus II, а також визначено його функціональну роль у структурі механічної коробки передач. Встановлено, що первинний вал є ключовою ланкою передачі крутного моменту, яка працює в умовах складного поєднання змінних крутних навантажень, ударних впливів та інтенсивного контактного тертя. Його конструкція характеризується наявністю функціонально різних зон – шліцьових, посадкових, зубчастих та перехідних, кожна з яких виконує специфічну роль у забезпеченні працездатності трансмісії.

Аналіз умов експлуатації автомобіля Ford Focus II показав, що найбільш несприятливими є міські режими руху, які характеризуються високою частотою

перемикань передач і значною циклічністю навантажень. У таких умовах виникають ударні та втомні навантаження, що інтенсифікують зношування шліцьових з'єднань і контактено-втомне руйнування зубчастих поверхонь. Заміські та магістральні режими, хоча і є більш стабільними, все ж сприяють накопиченню довготривалих втомних пошкоджень через тривалу роботу під навантаженням і тепловий вплив.

Дослідження основних видів зносу показало, що первинний вал зазнає комплексного впливу абразивного, контактено-втомного та корозійного зношування. Найбільш критичними дефектами є зношування шліцьових з'єднань, посадкових поверхонь під підшипники та зубчастих елементів, а також утворення втомних тріщин у зонах концентрації напружень. Ці дефекти мають прогресуючий характер і при відсутності своєчасної діагностики можуть призвести до аварійного виходу з ладу коробки передач.

Розглянуті методи діагностики технічного стану показали необхідність застосування комплексного підходу, що включає візуальний контроль, точні вимірювання геометричних параметрів, контроль биття валу, дефектоскопічні методи та аналіз відповідності ремонтним розмірам. Особливо важливим є поєднання традиційних методів контролю з сучасними інструментальними технологіями, що дозволяє підвищити достовірність оцінки технічного стану деталі та мінімізувати ризик прихованих дефектів.

Таким чином, результати першого розділу обґрунтовують необхідність розроблення технологічного процесу відновлення первинного валу як економічно доцільного та технічно ефективного рішення. Встановлено, що відновлення даної деталі дозволяє забезпечити відновлення її експлуатаційних характеристик до нормативного рівня при значному зниженні витрат у порівнянні із заміною на нову деталь. Це формує підґрунтя для подальшого розроблення технологічної частини роботи, спрямованої на відновлення геометрії, міцності та ресурсу первинного валу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення технологічного процесу відновлення первинного валу

Технологічний процес відновлення первинного валу є комплексом взаємопов'язаних операцій, спрямованих на відновлення геометричних параметрів, фізико-механічних властивостей та експлуатаційної надійності деталі. Раціональна послідовність виконання технологічних операцій забезпечує отримання відновленого валу, характеристики якого максимально наближені до параметрів нової деталі, а також дозволяє забезпечити економічну доцільність ремонтного виробництва.

Першою операцією технологічного процесу є очищення деталі від залишків мастила, продуктів зношування, корозійних утворень та інших забруднень. Якість очищення безпосередньо впливає на достовірність подальшої дефектації, тому для виконання цієї операції доцільно використовувати мийні установки із застосуванням лужних розчинів або спеціалізованих мийних засобів. Після завершення очищення поверхні валу повинні бути повністю доступними для проведення візуального та інструментального контролю.

Наступним етапом є дефектація деталі, під час якої здійснюється комплексна оцінка технічного стану валу. Виконується візуальний контроль поверхонь, вимірювання діаметрів посадкових місць під підшипники, перевірка шліцьових з'єднань, контроль биття валу та виявлення можливих тріщин методами неруйнівного контролю. На основі отриманих результатів визначається перелік поверхонь, що підлягають відновленню, а також обирається технологія ремонту для кожної з них.

Після дефектації проводиться підготовка поверхонь до відновлення. Дана операція передбачає механічне видалення дефектного шару металу, усунення задирів, слідів корозії та інших пошкоджень. Одночасно здійснюється

формування необхідної шорсткості поверхні, яка забезпечує надійне зчеплення відновлювального шару з основним металом. Правильна підготовка поверхні є одним із ключових факторів, що визначають довговічність відновленої деталі.

Основною технологічною операцією є відновлення посадкових поверхонь під підшипники. Залежно від величини зносу та виробничих можливостей ремонтного підприємства для цього можуть застосовуватися методи наплавлення або газотермічного напилення. Наплавлення забезпечує формування металевого шару з високою міцністю зчеплення з основою та дозволяє компенсувати значні втрати матеріалу. Газотермічне напилення характеризується меншим тепловим впливом на основний метал і дає можливість отримати покриття з високою зносостійкістю та мінімальними структурними змінами в матеріалі валу.

Після нанесення відновлювального шару виконують механічну обробку поверхонь. Основною метою даного етапу є надання деталям необхідних геометричних розмірів та забезпечення встановлених допусків. Для цього використовуються токарні верстати, на яких здійснюється попереднє формування розмірів відновлених поверхонь із залишенням припуску на остаточну обробку.

Наступною операцією є круглошліфувальна обробка, яка забезпечує досягнення необхідної точності та якості поверхневого шару. Саме на цьому етапі формуються остаточні посадкові розміри під підшипники та забезпечується необхідна шорсткість поверхні. Висока точність шліфування є критично важливою умовою забезпечення правильної роботи підшипникових вузлів та довговічності відновленого валу.

Після завершення механічної обробки проводиться контроль геометричних параметрів. Вимірюються фактичні діаметри поверхонь, контролюється співвісність, перевіряється радіальне та осьове биття валу, а також оцінюється відповідність отриманих параметрів встановленим ремонтним допускам. Даний етап дозволяє своєчасно виявити можливі відхилення та усунути їх до завершення технологічного циклу.

У випадках, коли в процесі наплавлення відбуваються структурні зміни

матеріалу або виникають значні залишкові напруження, доцільним є проведення термічної обробки. Залежно від поставлених завдань можуть застосовуватися нормалізація, відпуск або інші види термічного впливу, спрямовані на стабілізацію структури металу та відновлення необхідних механічних властивостей.

Завершальним етапом технологічного процесу є остаточний контроль якості відновленої деталі. На цьому етапі перевіряються геометричні параметри, твердість поверхневого шару, відсутність дефектів покриття та відповідність деталі технічним вимогам. Лише після позитивних результатів контролю вал може бути допущений до подальшого складання коробки передач та експлуатації.

Таким чином, запропонований технологічний процес відновлення первинного валу забезпечує комплексне відновлення його геометричних, міцнісних та експлуатаційних характеристик. Послідовне виконання операцій очищення, дефектації, відновлення зношених поверхонь, механічної обробки та контролю якості дозволяє отримати деталь із прогнозованим ресурсом роботи та забезпечити економічну ефективність ремонтного виробництва.

Таблиця 2.1 – Технологічний маршрут відновлення первинного валу автомобіля Ford Focus II

№	Найменування операції	Обладнання та оснащення	Основний інструмент	Контрольований параметр
005	Очищення деталі від мастила та забруднень	Мийна установка	Щітки, мийні засоби, пневмопістолет	Чистота поверхні
010	Попередній візуальний контроль	Робочий стіл	Лупа, освітлювальна лампа	Наявність тріщин, задирів, корозії
015	Вимірювання геометричних параметрів	Контрольний пост	Мікрометр, штангенциркуль, індикатор	Величина зносу поверхонь

020	Контроль радіального биття	Призматичні опори	Індикатор годинникового типу	Радіальне та осьове биття
025	Дефектоскопія	Магнітопорошковий дефектоскоп	Комплект магнітного контролю	Втомні тріщини та приховані дефекти
030	Підготовка поверхонь до відновлення	Токарний верстат	Різці, абразивний інструмент	Видалення пошкодженого шару
035	Наплавлення або газотермічне напилення	Наплавлювальна установка або установка напилення	Електроди, дріт, порошкові матеріали	Товщина відновлювального шару
040	Попередня механічна обробка	Токарний верстат	Прохідні та підрізні різці	Формування ремонтного розміру
045	Шліфування відновлених поверхонь	Круглошліфувальний верстат	Шліфувальний круг	Точність діаметра та шорсткість
050	Контроль геометрії після обробки	Контрольно-вимірювальний пост	Мікрометр, індикатор, калібри	Відповідність ремонтним допускам
055	Термічна обробка (за необхідності)	Термічна піч	Термообладнання	Твердість та структура металу
060	Остаточний контроль якості	Контрольний пост	Комплект вимірювальних приладів	Відповідність технічним вимогам
065	Передача деталі на складання	Складальна дільниця	Транспортне оснащення	Готовність до монтажу

Аналіз технологічного маршруту показує, що найбільш відповідальними операціями процесу відновлення є дефектація, нанесення відновлювального

шару та остаточна шліфувальна обробка. Саме на цих етапах формується точність геометричних параметрів, забезпечується необхідна адгезійна міцність відновленого шару та визначається подальший ресурс експлуатації деталі. Дотримання встановленої послідовності операцій дозволяє мінімізувати ризик виникнення прихованих дефектів, забезпечити стабільність якості ремонту та досягти техніко-економічної ефективності процесу відновлення первинного валу.

2.2 Діагностування та дефектація первинного валу

Процес діагностування первинного валу автомобіля FORD FOCUS II є критично важливим етапом, який передує безпосередньому відновленню і визначає вибір технологічних операцій. Дефектація починається з візуально-оптичного контролю для виявлення видимих пошкоджень: сколів зубців, глибоких задирів, слідів перегріву (кольорів мінливості) та викришування металу. Після очищення та промивання вала обов'язково застосовують методи неруйнівного контролю, зокрема магнітопорошкову або капілярну (кольорову) дефектоскопію. Вони дають змогу локалізувати приховані втомні мікротріщини у концентраторах напружень – біля основ шліців та галтелей переходів діаметрів, де візуальний огляд є неефективним.

Наступним етапом є інструментальний контроль геометричних параметрів вала за допомогою спеціалізованих вимірювальних приладів. Величина радіального та торцевого биття, а також загальний прогин (жолоблення) осі вала визначаються в центрах на токарному або перевірочному верстаті за допомогою індикаторів годинникового типу. Знос посадочних поверхонь під підшипники та товщина шліців вимірюються мікрометрами, штангенциркулями та зубомірами з точністю до сотих часток міліметра. За результатами інструментального контролю параметри вала порівнюють із номінальними та гранично допустимими значеннями, наведеними в ремонтній документації FORD, після чого приймається остаточне рішення про доцільність та метод відновлення деталі.

Таблиця 2.2 – Методи діагностики та контролю технічного стану первинного валу перед відновленням

Етап контролю	Метод / інструмент	Що контролюється	Тип виявлених дефектів	Інженерне значення результату
Візуальний контроль	Огляд, лупа, ендоскоп	Загальний стан поверхонь, зубців, шліців	Задири, риси, корозія, викришування, перегрів	Попередня оцінка ресурсу та зон критичного зносу
Вимірювання діаметрів	Мікрометр, нутромір, індикаторні скоби	Посадкові поверхні під підшипники, шліці	Знос, овальність, відхилення від номіналу	Визначення придатності до відновлення та вибір ремонтного розміру
Контроль биття валу	Індикатор годинникового типу, призми	Радіальне та осьове биття	Деформація, знос опор, порушення співвісності	Оцінка геометричної точності та стабільності обертання
Дефектоскопія (магнітопорощкова)	Магнітний дефектоскоп	Поверхневі та підповерхневі тріщини	Втомні тріщини, мікротріщини в зонах концентрації напружень	Виявлення критичних дефектів, що не видно візуально
Капілярний контроль	Пенетрантні матеріали	Поверхневі мікродефекти	Тонкі тріщини, пори, мікропошкодження	Підтвердження цілісності поверхневого шару

Геометричний контроль	СММ, лазерні сканери	Просторова геометрія валу	Викривлення, відхилення профілю, асиметрія	Побудова цифрової моделі та аналіз точності
Контроль шліцьових з'єднань	Калібри, профілометри	Геометрія шліців	Знос бокових поверхонь, збільшення зазорів	Оцінка працездатності передачі крутного моменту
Аналіз зубчастих поверхонь	Оптичний контроль, шаблони профілю	Профіль зубців шестерні	Викришування, знос профілю	Визначення якості зачеплення та шумності роботи
Перевірка ремонтної придатності	Порівняння з ремонтними допусками	Усі ключові розміри	Надмірний знос, критичні деформації	Рішення: відновлення / вибракування
Комплексна оцінка	Інженерний аналіз	Сукупний технічний стан	Комбінація всіх дефектів	Формування технологічної карти ремонту

Первинний вал коробки передач зазнає значних знакозмінних крутних моментів, контактних напружень та вібраційних навантажень. Унаслідок цього найбільш поширеними дефектами є знос шліців за товщиною, пошкодження або втомне викришування (піттинг) робочих поверхонь зубців шестерень, а також знос посадочних поверхонь під підшипники. Останнє призводить до порушення соосності вала, виникнення додаткових радіальних биттів та прискореного руйнування суміжних деталей трансмісії.



Рисунок 2.1 – Дефекти первинного валу автомобіля FORD FOCUS II

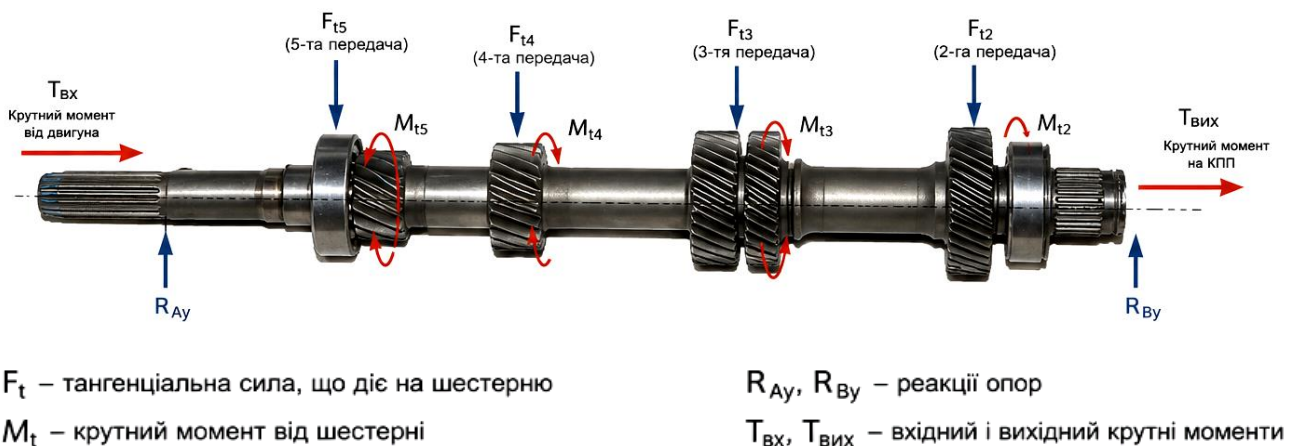


Рисунок 2.2 – Схема дії сил і моментів на первинний вал

Крім механічного зносу робочих поверхонь, для первинного валу FORD FOCUS II характерні дефекти, пов'язані з втомою матеріалу та порушенням геометричної точності. До них належать прогин (скручування) осі вала, що виникає через пікові перевантаження під час різкого увімкнення зчеплення, а також поява мікротріщин у зонах концентрації напружень, наприклад, біля переходів діаметрів та в основах шліців. Також нерідко фіксується знос різьбових ділянок та руйнування посадочного місця під сальник, що викликає витікання оливи з картера КПП. Усі зазначені дефекти класифікуються за

ступенем пошкодження і стають базою для подальшого вибору раціональних способів відновлення, таких як наплавлення, напилення або механічна обробка під ремонтний розмір.

2.3 Організація дільниці ремонтного цеху для відновлення валів трансмісії

Ефективність відновлення первинних валів трансмісії значною мірою залежить не лише від правильно обраної технології ремонту, але й від раціональної організації ремонтної дільниці. Грамотно спроектована виробнича структура забезпечує послідовне виконання технологічних операцій, скорочує внутрішньоцехові переміщення деталей, підвищує продуктивність праці персоналу та сприяє стабільному забезпеченню якості відновлення. Особливого значення це набуває під час ремонту відповідальних деталей трансмісії, для яких навіть незначні відхилення геометричних параметрів можуть призвести до зниження ресурсу роботи коробки передач.

Організація дільниці повинна базуватися на принципі прямоочності виробничого процесу, відповідно до якого маршрут руху деталі збігається з послідовністю виконання технологічних операцій. Такий підхід дозволяє мінімізувати непродуктивні витрати часу на транспортування, зменшити ризик механічного пошкодження деталей під час переміщення та забезпечити чіткий контроль проходження кожного виробу через усі стадії відновлення. Крім того, прямоочна схема сприяє більш ефективному використанню виробничих площ і спрощує організацію внутрішнього контролю якості.

Початковою ланкою виробничого процесу є зона приймання та очищення деталей. Саме сюди надходять первинні вали після демонтажу з коробок передач. На даній дільниці виконуються операції видалення мастильних матеріалів, продуктів зношування, корозійних нашарувань та інших забруднень, що можуть ускладнювати проведення подальшої дефектації. Для виконання цих робіт використовуються мийні установки закритого типу, ванни для очищення та обладнання для сушіння деталей після миття. Якісне

очищення є необхідною умовою достовірного контролю технічного стану валу.

Після очищення деталі надходять до зони дефектації та технічного контролю. На даному етапі виконуються візуальний огляд, вимірювання геометричних параметрів, контроль биття, перевірка шліцьових поверхонь та проведення неруйнівного контролю для виявлення прихованих дефектів. Робочі місця контролерів обладнуються спеціальними вимірювальними столами, комплектами мікрометрів, індикаторними приладами, калібрами, дефектоскопами та засобами локального освітлення. Саме на цьому етапі приймається рішення щодо доцільності відновлення деталі або її вибракування.

Після завершення дефектації придатні до ремонту вали направляються до зони відновлення поверхонь. Залежно від прийнятої технології тут можуть виконуватися операції наплавлення, газотермічного напилення або інші способи нанесення відновлювального шару. Робочі місця обладнуються наплавлювальними установками, джерелами живлення, витяжною вентиляцією та пристроями для фіксації валів у процесі відновлення. Особлива увага приділяється забезпеченню стабільності технологічних режимів, оскільки саме вони визначають якість формування відновленого шару та його подальші експлуатаційні властивості.

Наступною виробничою зоною є ділянка механічної обробки, на якій здійснюється відновлення геометричних параметрів валу після нанесення ремонтного шару. Для виконання цих операцій використовуються токарні та круглошліфувальні верстати, які забезпечують отримання необхідних посадкових розмірів і шорсткості поверхонь. При організації робочих місць особлива увага приділяється точності базування деталі, зручності обслуговування обладнання та мінімізації впливу вібрацій на якість обробки. Саме на цьому етапі формується остаточної геометрія відновленої деталі.

Після механічної обробки вали надходять до зони контрольних випробувань та остаточної технічного контролю. Тут здійснюється перевірка відповідності отриманих розмірів технічним вимогам, контроль шорсткості поверхонь, вимірювання твердості та оцінка якості відновлювального шару. За необхідності можуть проводитися додаткові дослідження структури металу або

повторна дефектоскопія. Лише після позитивних результатів усіх контрольних операцій деталей допускається до подальшої експлуатації.

Важливим елементом організації дільниці є раціональне планування робочих місць. Кожне робоче місце повинно забезпечувати зручне розташування обладнання, інструменту, вимірювальних приладів та допоміжного оснащення. При цьому необхідно дотримуватися принципів ергономіки, що дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників, підвищити продуктивність праці та знизити ймовірність виробничого травматизму.

Окрему увагу слід приділити організації маршрутів руху деталей усередині дільниці. Переміщення валів повинно здійснюватися в одному напрямку – від зони очищення до зони остаточного контролю без зустрічних потоків та перетину виробничих маршрутів. Така організація сприяє скороченню часу виробничого циклу, зменшенню ризику пошкодження деталей та підвищенню загальної ефективності роботи ремонтного підрозділу.

Таблиця 2.3 – Функціональне призначення виробничих зон дільниці відновлення валів трансмісії

Виробнича зона	Основні операції	Основне обладнання	Результат виконання
Зона очищення	Миття, знежирення, сушіння	Мийна установка, сушильна шафа	Підготовлена до контролю деталей
Зона дефектації	Огляд, вимірювання, дефектоскопія	Мікрометри, індикатори, дефектоскоп	Визначення ремонтної придатності
Зона відновлення	Наплавлення, напилення	Наплавлювальна установка, витяжка	Формування відновлювального шару
Зона механічної обробки	Точіння, шліфування	Токарний і круглошліфувальний верстати	Відновлення геометричних параметрів

Зона контролю	Вимірювання, перевірка твердості	Контрольно-вимірювальні прилади	Підтвердження якості ремонту
Склад готових деталей	Маркування та зберігання	Стелажі, тара для транспортування	Підготовка до передачі в складання

Таким чином, раціональна організація дільниці відновлення валів трансмісії повинна забезпечувати технологічну послідовність виконання операцій, ефективне використання виробничих площ, високий рівень контролю якості та безпечні умови праці персоналу. Комплексне поєднання зон очищення, дефектації, відновлення, механічної обробки та контролю створює необхідні умови для отримання відновлених деталей із заданими експлуатаційними характеристиками та прогнозованим ресурсом роботи.

Таким чином, запропонована структура дільниці забезпечує логічну та технологічно обґрунтовану послідовність виконання операцій відновлення первинних валів трансмісії. Функціональне розмежування виробничих зон дозволяє створити оптимальні умови для виконання кожної технологічної операції, мінімізувати втрати часу на внутрішньоцехові переміщення деталей та забезпечити належний рівень виробничого контролю на всіх етапах ремонту. У сукупності це дозволяє розглядати запропоновану організацію дільниці як важливу складову забезпечення технічної та економічної ефективності процесу відновлення первинного валу 1313246 автомобіля Ford Focus II.

2.4 Обґрунтування вибору обладнання

Ефективність технологічного процесу відновлення первинного валу значною мірою визначається правильністю вибору виробничого обладнання, технологічного оснащення та контрольно-вимірювальних засобів. Навіть за наявності технічно обґрунтованої технології ремонту неможливо забезпечити необхідну точність відновлення без використання обладнання, яке відповідає вимогам до жорсткості, точності позиціонування, стабільності режимів роботи

та відтворюваності результатів обробки. Саме тому вибір кожної одиниці обладнання повинен здійснюватися з урахуванням конструктивних особливостей первинного валу, характеру дефектів, які підлягають усуненню, та вимог до кінцевих експлуатаційних характеристик деталі.

Оскільки первинний вал є деталлю типу «вал», для якої критичне значення мають співвісність поверхонь, точність посадок під підшипники та геометрична правильність зубчастої частини, комплекс обладнання повинен забезпечувати можливість виконання як відновлювальних, так і високоточних фінішних операцій. Крім того, обладнання повинно гарантувати стабільність технологічного процесу та можливість багаторазового відтворення заданих параметрів ремонту.

Основою механічної обробки є токарний верстат, який використовується для попередньої підготовки поверхонь, обробки після наплавлення та формування ремонтних розмірів. Під час відновлення первинного валу токарна обробка дозволяє видалити дефектний шар металу, сформувати базові поверхні та забезпечити рівномірний припуск під остаточне шліфування. Важливою вимогою до токарного обладнання є висока точність центрування деталі, оскільки навіть незначне зміщення осі обробки може призвести до виникнення биття та порушення співвісності посадкових поверхонь. Для виконання даних операцій доцільним є використання універсальних токарно-гвинторізних верстатів, які забезпечують необхідну точність і гнучкість налаштування технологічних режимів.

Однією з найбільш відповідальних операцій технологічного процесу є шліфування відновлених поверхонь, тому до складу дільниці обов'язково повинен входити круглошліфувальний верстат. Саме на цьому обладнанні формуються остаточні розміри посадкових місць під підшипники та досягається необхідна якість поверхневого шару. Круглошліфувальна обробка дозволяє отримувати точність у межах сотих і навіть тисячних часток міліметра, що є критично важливим для деталей трансмісії. Крім забезпечення точності розмірів, шліфування дозволяє досягати необхідної шорсткості поверхні, від якої безпосередньо залежить довговічність підшипникових вузлів

та стабільність роботи коробки передач.

Важливим елементом технологічного оснащення є комплекс контрольно-вимірювальних приладів. Для вимірювання діаметрів посадкових поверхонь застосовуються мікрометри з точністю до 0,01 мм, а для контролю довжин та допоміжних розмірів – штангенциркулі та глибиноміри. Контроль співвісності та биття валу здійснюється за допомогою індикаторів годинникового типу, встановлених на спеціальних стійках або контрольних стендах. Використання високоточних вимірювальних засобів дозволяє забезпечити відповідність відновленої деталі вимогам нормативно-технічної документації та гарантувати її подальшу надійну експлуатацію.

Особливе значення під час ремонту відповідальних деталей трансмісії має дефектоскопічне обладнання. Для виявлення прихованих дефектів застосовуються магнітопорошкові дефектоскопи, які дозволяють виявляти поверхневі та підповерхневі тріщини у феромагнітних матеріалах. Додатково можуть використовуватися капілярні методи контролю, які забезпечують виявлення найдрібніших поверхневих дефектів. Використання дефектоскопії дозволяє виключити потрапляння до подальшого ремонту деталей із критичними пошкодженнями, що можуть призвести до руйнування вузла під час експлуатації.

Окрему групу оснащення становлять спеціальні пристрої для базування та фіксації валу. Під час механічної обробки надзвичайно важливо забезпечити правильне встановлення деталі відносно осі обертання. Для цього використовуються центри, люнети, призматичні опори, спеціальні оправки та затискні пристрої. Їх застосування дозволяє мінімізувати похибки встановлення, забезпечити стабільність обробки та підвищити точність відновлення посадкових поверхонь.

Сучасна практика відновлення деталей машин також передбачає використання цифрових засобів контролю. Координатно-вимірювальні системи, електронні мікрометри та цифрові індикатори дозволяють значно підвищити точність вимірювань і зменшити вплив людського фактора на результати контролю. Впровадження таких засобів особливо актуальне для

деталей трансмісії, де навіть незначні відхилення можуть впливати на ресурс і надійність роботи вузла.

Таким чином, ефективне відновлення первинного валу 1313246 можливе лише за умови комплексного використання технологічно взаємопов'язаного обладнання, що охоплює засоби очищення, дефектації, нанесення відновлювальних покриттів, механічної обробки та контролю якості. Рациональний вибір верстатного парку, вимірювального оснащення та спеціальних пристроїв забезпечує досягнення необхідної точності відновлення, підвищення довговічності деталі та економічну ефективність ремонтного виробництва.

Таблиця 2.4 – Технічне обґрунтування вибору обладнання для відновлення первинного валу

Найменування обладнання	Основне призначення	Ключові технологічні переваги	Вплив на якість відновлення
Токарно-гвинторізний верстат	Попередня та чистова механічна обробка	Універсальність, точність базування	Формування ремонтних розмірів
Круглошліфувальний верстат	Остаточна обробка посадкових поверхонь	Висока точність і низька шорсткість	Забезпечення точності посадок під підшипники
Установка для наплавлення	Відновлення зношених поверхонь	Висока міцність зчеплення шару	Відновлення геометрії та ресурсу деталі
Установка газотермічного напилення	Нанесення функціональних покриттів	Мінімальний тепловий вплив	Підвищення зносостійкості поверхні
Магнітопорошковий дефектоскоп	Виявлення тріщин	Висока чутливість контролю	Запобігання ремонту дефектних деталей
Комплект мікрометрів та індикаторів	Геометричний контроль	Висока точність вимірювань	Забезпечення відповідності допускам

Спеціальні оправки та люнети	Базування валу	Забезпечення співвісності	Зниження похибок обробки
Цифрові вимірювальні системи	Прецизійний контроль	Автоматизація вимірювань	Підвищення достовірності контролю

Представлена схема демонструє технологічну взаємодію основного обладнання, що використовується під час відновлення первинного валу. Послідовність операцій побудована відповідно до принципу прямоточності виробництва, який забезпечує раціональний рух деталі між виробничими постами та мінімізує непродуктивні витрати часу. Така організація технологічного процесу дозволяє забезпечити стабільну якість відновлення, ефективне використання обладнання та дотримання встановлених технічних вимог до відновленої деталі.

Проведене технічне обґрунтування показало, що досягнення необхідних експлуатаційних характеристик відновленого первинного валу можливе лише за умови комплексного використання взаємопов'язаного технологічного обладнання. Кожна одиниця обладнання виконує окрему функцію у формуванні геометричних, міцнісних та трибологічних характеристик деталі, а їх сукупна робота забезпечує відновлення ресурсу первинного валу до рівня, близького до нового виробу. Особливе значення мають операції наплавлення, шліфування та високоточного контролю, оскільки саме вони визначають кінцеву якість ремонту та подальшу надійність роботи коробки передач автомобіля Ford Focus II. Таке технічне оснащення дільниці дозволяє реалізувати сучасний технологічний процес відновлення з високим рівнем повторюваності результатів і економічною доцільністю ремонтного виробництва.

2.4 Розрахунок основних технологічних показників роботи дільниці

Розроблення технологічного процесу відновлення первинного валу

передбачає не лише визначення послідовності ремонтних операцій, але й обґрунтування основних виробничих параметрів роботи дільниці. Саме технологічні розрахунки дозволяють оцінити реальні можливості ремонтного підрозділу, узгодити обсяг виробництва з трудовими та технічними ресурсами, а також забезпечити раціональне використання обладнання без його перевантаження або простоїв. У цьому контексті особливого значення набуває встановлення річної виробничої програми, трудомісткості робіт, фонду часу роботи обладнання, чисельності персоналу та рівня завантаження виробничих потужностей.

Вихідною величиною для подальших розрахунків приймається річна програма відновлення первинних валів, яка визначається як кількість деталей, що підлягають ремонту протягом року. Для умов даної роботи приймаємо, що обсяг відновлення становить 500 валів на рік. Цей показник задає загальний масштаб виробничої діяльності дільниці та визначає вимоги до її технічного оснащення.

Загальна річна трудомісткість ремонтних робіт визначається як добуток кількості деталей на трудомісткість відновлення однієї деталі, тобто $T_p = N \times t$. За умови, що трудомісткість одного первинного валу становить 5,5 люд.-год, отримуємо сумарну трудомісткість на рівні 2750 люд.-год на рік. Даний показник характеризує загальний обсяг витрат робочого часу, необхідного для виконання всього комплексу операцій, включаючи очищення, дефектацію, механічну обробку, відновлення поверхонь та контроль якості.

Кількість виробничого персоналу визначається на основі співвідношення загальної трудомісткості та фонду робочого часу одного працівника. При річному фонді часу одного робітника 1800 годин розрахункова чисельність становить 1,53 особи, що після округлення відповідає двом працівникам. Це забезпечує можливість виконання повного циклу ремонтних операцій із урахуванням технологічних перерв, допоміжних робіт та операцій контролю якості.

Ефективність використання обладнання оцінюється за допомогою коефіцієнта завантаження, який визначається як відношення загальної

трудомісткості до сумарного фонду часу роботи обладнання. Отримане значення становить 0,72, що свідчить про раціональне використання виробничих потужностей. Такий рівень завантаження вважається оптимальним, оскільки забезпечує як стабільну роботу обладнання, так і наявність резерву для компенсації можливих коливань виробничої програми або виконання додаткових ремонтних завдань.

Окремо визначається середня продуктивність дільниці, яка характеризує кількість відновлених деталей за одиницю часу. При річній програмі 500 валів та 250 робочих днів продуктивність становить приблизно 2 деталі на день, що відповідає умовам дрібносерійного ремонтного виробництва.

Важливим організаційним параметром є виробнича площа дільниці, яка розраховується на основі кількості основного обладнання та нормативної площі на одну одиницю. За умови розміщення шести одиниць обладнання та нормативі 12 м² на одиницю, загальна площа становить 72 м². Цього достатньо для розміщення технологічного обладнання, робочих зон, проходів, ділянок контролю та забезпечення безпечних умов праці.

Отримані узагальнені показники підтверджують, що запропонована структура ремонтної дільниці є збалансованою з точки зору співвідношення виробничого навантаження, трудових ресурсів та технічних можливостей обладнання. Коефіцієнт завантаження на рівні 0,72 свідчить про наявність технологічного резерву, який може бути використаний для збільшення виробничої програми або виконання додаткових ремонтних операцій без істотної модернізації дільниці. Таким чином, розрахункові дані підтверджують технічну та організаційну доцільність впровадження розробленого технологічного процесу відновлення первинного валу.

2.5 Дослідження властивостей відновленої поверхні первинного валу

Процес відновлення первинного валу методами наплавлення або газотермічного нанесення покриттів не обмежується лише відновленням геометричних розмірів деталі. Ключовим завданням є формування

відновленого поверхневого шару з властивостями, які забезпечують надійну та довговічну роботу в умовах високих контактних навантажень, циклічних напружень і тертя. Саме тому після завершення технологічного процесу необхідним є аналіз фізико-механічних характеристик відновленого шару, оскільки вони безпосередньо визначають ресурс роботи первинного валу у складі коробки передач.

Одним із базових показників якості є твердість відновленого шару. Вона характеризує здатність поверхні протидіяти пластичній деформації та зношуванню в умовах контактної взаємодії з підшипниками та шестернями. Для відновлених поверхонь первинного валу твердість повинна бути не нижчою за твердість основного матеріалу, а в окремих випадках допускається її підвищення за рахунок легування наплавленого матеріалу. Контроль твердості виконується методами Роквелла або Віккерса залежно від товщини відновленого шару та вимог до точності вимірювання.

Важливим критерієм є адгезійна міцність відновленого шару, яка визначає ступінь зчеплення нанесеного матеріалу з основою. Недостатня адгезія може призвести до відшаровування покриття в умовах динамічних навантажень, що є критичним для деталей трансмісії. Підвищення адгезії досягається за рахунок правильної підготовки поверхні, вибору оптимального режиму наплавлення та контролю температурного впливу на основний метал. У результаті формується міцний металургійний або механічно-металургійний зв'язок між шарами.

Окрему увагу приділяють аналізу мікроструктури відновленого шару, оскільки саме вона визначає поєднання міцності, пластичності та зносостійкості. Після наплавлення структура металу може змінюватися за рахунок термічного впливу, що призводить до утворення зон різної твердості та зернистості. Оптимальною вважається дрібнозерниста структура з рівномірним розподілом легуючих елементів, яка забезпечує стабільну роботу деталі в умовах циклічного навантаження.

Не менш важливим параметром є точність відновлених поверхонь, яка безпосередньо впливає на співвісність валу та правильність роботи

підшипникових вузлів. Навіть незначні відхилення геометрії можуть призвести до виникнення додаткових динамічних навантажень, підвищеного шуму та прискореного зношування суміжних деталей. Тому після механічної обробки обов'язковим є контроль діаметрів, биття та шорсткості поверхонь із застосуванням високоточних вимірювальних засобів.

Окремо слід розглядати вплив технології відновлення на загальний ресурс первинного валу. При правильному виконанні всіх етапів (від підготовки поверхні до фінішного шліфування) відновлена деталь може забезпечувати ресурс, співставний із новим виробом. Водночас порушення технологічних режимів призводить до концентрації внутрішніх напружень, зниження втомної міцності та передчасного руйнування деталі в експлуатації.

Таким чином, аналіз властивостей відновленого поверхневого шару підтверджує, що якість ремонту первинного валу визначається не лише точністю механічної обробки, але й комплексом металургійних та структурних характеристик, які формуються в процесі наплавлення та подальшої обробки. Саме поєднання цих факторів забезпечує довговічність, надійність та стабільність роботи відновленої деталі у складі коробки передач автомобіля Ford Focus II.

Розрахунок економічного ефекту застосування запропонованого технологічного процесу

Економічне обґрунтування технології відновлення первинного валу є завершальним етапом проектування ремонтного процесу, оскільки дозволяє оцінити не лише технічну, але й фінансову доцільність запропонованих рішень. У сучасних умовах ремонтного виробництва ключовим критерієм вибору між відновленням та заміною деталі є саме співвідношення вартості відновлення і вартості нового виробу при збереженні необхідного рівня надійності та ресурсу.

Собівартість відновлення первинного валу формується з урахуванням витрат на матеріали, енергію, заробітну плату виробничого персоналу, амортизацію обладнання та накладні витрати. Узагальнено її можна визначити за залежністю

$$C_p = C_m + C_{зп} + C_{ен} + C_{ам} + C_n \quad (2.1)$$

де C_p – собівартість відновлення однієї деталі, грн;

C_m – витрати на матеріали (наплавочні матеріали, абразиви, мастила);

$C_{зп}$ – заробітна плата з нарахуваннями;

$C_{ен}$ – енергетичні витрати;

$C_{ам}$ – амортизаційні відрахування на обладнання;

C_n – накладні витрати.

Для умов даного проєкту приймаємо, що сумарна собівартість відновлення одного первинного валу становить приблизно

$$C_p = 1800 \text{ грн}$$

Для порівняння, ринкова вартість нового первинного валу аналогічної конструкції становить:

$$C_{нв} = 6500 \text{ грн}$$

Тоді економічний ефект від відновлення однієї деталі визначається як різниця між вартістю нового виробу та собівартістю відновлення:

$$E = C_{нв} - C_p \quad (2.2)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$E = 6500 - 1800 = 4700 \text{ грн}$$

Таким чином, відновлення одного первинного валу дозволяє отримати економію близько 4700 грн, що є суттєвим показником для умов серійного ремонту трансмісійних агрегатів.

Річний економічний ефект ділянки визначається з урахуванням виробничої програми

$$E_p = E \times N = 4700 \times 500 = 2\,350\,000 \text{ грн} \quad (2.3)$$

Отримане значення свідчить про високу економічну доцільність впровадження запропонованого технологічного процесу, оскільки дозволяє значно скоротити витрати підприємства на закупівлю нових деталей.

Важливим показником є термін окупності витрат на організацію ремонтної ділянки. Він визначається як відношення капітальних вкладень до річного економічного ефекту

$$\text{Ток} = K / E_p \quad (2.4)$$

де Ток – термін окупності, роки;

K – капітальні вкладення в обладнання та організацію ділянки, грн;

E_p – річний економічний ефект, грн.

Припустимо, що загальні капітальні вкладення становлять K = 1 200 000 грн

Тоді Ток = 1 200 000 / 2 350 000 ≈ 0,51 року

Це означає, що вкладення у створення ділянки окупаються менш ніж за один рік експлуатації, що є дуже високим показником ефективності для ремонтного виробництва.

Додатково оцінюється рівень рентабельності ремонту, який визначається як відношення економічного ефекту до собівартості відновлення

$$R = (E / C_p) \times 100\% \quad (2.5)$$

$$R = (4700 / 1800) \times 100\% \approx 261\%$$

Отриманий рівень рентабельності свідчить про надзвичайно високу економічну привабливість процесу відновлення первинного валу у порівнянні з його заміною на новий.

Таким чином, проведені розрахунки підтверджують, що запропонований технологічний процес є не лише технічно обґрунтованим, але й економічно доцільним. Висока економія матеріальних ресурсів, короткий термін окупності та значний рівень рентабельності забезпечують ефективність впровадження даної технології у виробничу практику ремонтних підприємств.

Представлені показники економічної ефективності свідчать про високу доцільність впровадження технологічного процесу відновлення первинного валу в умовах ремонтного виробництва. Отриманий рівень економії на одиницю продукції, значний річний ефект та короткий термін окупності

інвестицій підтверджують, що відновлення деталі є економічно більш вигідним рішенням у порівнянні з її повною заміною. Крім того, висока рентабельність процесу забезпечує стабільну економічну привабливість технології навіть за умов коливання вартості матеріалів та ремонтних робіт.

Таблиця 2.6 – Економічна ефективність відновлення первинного валу

Показник	Позначення	Значення	Одиниця виміру	Економічний зміст
Собівартість відновлення однієї деталі	Ср	1800	грн	Фактичні витрати на ремонт одного валу
Вартість нового первинного валу	Снв	6500	грн	Ринкова ціна заміни деталі
Економія на одній деталі	Е	4700	грн	Пряма вигода від відновлення
Річна виробнича програма	N	500	шт./рік	Масштаб ремонтної діяльності
Річний економічний ефект	Ер	2 350 000	грн/рік	Загальна фінансова вигода підприємства
Капітальні вкладення	К	1 200 000	грн	Витрати на організацію ділянки
Термін окупності	Ток	0,51	роки	Швидкість повернення інвестицій
Рентабельність ремонту	R	261	%	Загальна ефективність процесу

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування конструкції пристосування

Процес відновлення первинного валу трансмісії є високоточним технологічним завданням, оскільки деталь працює в умовах значних крутних моментів, змінних навантажень та жорстких вимог до співвісності робочих поверхонь. У зв'язку з цим ключову роль у забезпеченні якості ремонту відіграє спеціальне технологічне пристосування, яке повинно гарантувати стабільне базування деталі, її жорстку фіксацію та точне позиціонування відносно осі обробки під час наплавлення та подальшої механічної обробки.

Однією з основних вимог до конструкції пристосування є забезпечення високої точності базування первинного валу. Базування повинно виключати будь-які ступені свободи, які можуть призвести до радіального або осевого зміщення деталі під час обробки. У практиці ремонту трансмісійних валів базування, як правило, здійснюється по посадкових шийках під підшипники та шліцьовій частині, що дозволяє максимально наблизити установку до умов реальної роботи деталі в механізмі. Недостатня точність базування призводить до появи похибок форми та взаємного розташування поверхонь, що в подальшому викликає підвищені вібрації, нерівномірний розподіл навантаження та прискорене зношування вузлів коробки передач.

Особливо важливим конструктивним критерієм є забезпечення співвісності всіх відновлюваних поверхонь відносно базової осі валу. У випадку первинного валу навіть незначне радіальне або кутове відхилення призводить до порушення кінематичної узгодженості з іншими елементами трансмісії, зокрема з підшипниковими опорами та шестернями. Тому конструкція пристосування повинна забезпечувати жорстку геометричну прив'язку деталі до єдиної технологічної осі, яка використовується як база для всіх операцій – від наплавлення до фінішного шліфування. Це досягається шляхом застосування прецизійних центрів, регульованих опорних елементів та

фіксує механізмів, які виключають зміщення деталі під дією технологічних навантажень.

Окремим завданням конструкції є підвищення продуктивності ремонтного процесу. Використання спеціалізованого пристосування дозволяє значно скоротити час на встановлення, вивірку та закріплення валу, що є особливо важливим при дрібносерійному відновленні деталей. Крім того, стабільність базування дає можливість виконувати обробку без додаткових переналагоджень між операціями, що зменшує допоміжний час і підвищує загальну ефективність виробничого процесу.

Не менш важливим є вплив конструкції пристосування на якість відновлення. Жорстка фіксація та точне базування забезпечують рівномірність товщини наплавленого шару, стабільність геометричних параметрів та мінімізацію внутрішніх напружень у матеріалі. Це безпосередньо впливає на довговічність відновленого валу, оскільки зменшує ймовірність появи мікротріщин, деформацій та передчасного зношування в умовах експлуатації.

Таким чином, розробка конструкції пристосування для відновлення первинного валу повинна базуватися на комплексі вимог, серед яких ключовими є точність базування, забезпечення співвідношенні робочих поверхонь, підвищення продуктивності технологічного процесу та стабільне забезпечення якості ремонту. Реалізація цих вимог дозволяє сформулювати технічно обґрунтовану конструкцію, яка забезпечує відтворюваність результатів ремонту та відповідність відновленої деталі експлуатаційним вимогам трансмісії автомобіля Ford Focus II.

Таблиця 3.1 – Основні вимоги до конструкції пристосування та їх інженерна реалізація

Вимога	Конструктивне рішення	Вплив на якість ремонту
Точність базування	Базування по шийках під підшипники та шліцьовій частині	Зменшення похибок геометрії

Співвісність поверхонь	Центрувальні конуси, регульовані опори	Зниження биття та вібрацій
Жорсткість фіксації	Гвинтові або гідравлічні затиски	Стабільність наплавлення і обробки
Продуктивність	Швидкозатискні механізми	Зменшення часу встановлення
Універсальність	Регульовані опорні елементи	Розширення сфери застосування
Технологічна точність	Комбіноване базування (осьове + радіальне)	Підвищення якості відновлення

3.2 Принципу роботи стенду

Розроблене пристосування для базування та фіксації первинного валу під час відновлювальних операцій призначене для забезпечення стабільного положення деталі в процесі наплавлення, механічної обробки та контрольних операцій. Конструкція пристрою орієнтована на забезпечення високої жорсткості системи «деталь–присрій–інструмент», мінімізацію похибок базування та збереження співвісності робочих поверхонь валу на всіх етапах технологічного процесу.

Основою пристосування є зварна або лито-зварна рама, яка виконує функцію несучого елемента та забезпечує просторову жорсткість конструкції. На рамі розміщені базувальні елементи, що формують головну технологічну вісь, відносно якої здійснюється центрування первинного валу. Як правило, базування реалізується за рахунок комбінації конічних центрів та опорних втулок, що взаємодіють із посадковими шийками під підшипники. Такий підхід дозволяє максимально наблизити технологічне базування до реальних умов роботи деталі в коробці передач.

Основними вузлами пристосування є опорна рама, передній і задній центруючі вузли, механізм затиску, а також регульовані опори для компенсації можливих відхилень геометрії деталі. Центруючі вузли забезпечують точне позиціонування валу вздовж осі обертання, тоді як опорні елементи стабілізують його положення в радіальному напрямку. Для підвищення точності передбачено можливість мікрорегулювання положення базувальних елементів, що дозволяє компенсувати знос або виробничі відхилення заготовки.

Механізм фіксації валу виконується у вигляді гвинтового або ексцентрикового затискного вузла, який забезпечує надійне притискання деталі до базувальних елементів без деформації її поверхонь. Зусилля затиску розподіляється рівномірно, що виключає виникнення локальних напружень і викривлення геометрії валу. У конструкції передбачено застосування змінних накладок із м'якого матеріалу або термооброблених вставок, які запобігають пошкодженню шліцьових та посадкових поверхонь.

Принцип роботи пристосування полягає у поетапному встановленні первинного валу на базувальні елементи з подальшим його центруванням і фіксацією. Після закріплення деталі забезпечується її жорстка орієнтація відносно технологічної осі, що дозволяє виконувати операції наплавлення без ризику зміщення зони обробки. У процесі наплавлення пристрій сприймає термічні та механічні навантаження, зберігаючи стабільність положення деталі.

Під час механічної обробки (точіння або шліфування) пристосування забезпечує точне співпадіння осі обертання валу з віссю верстата, що є критично важливим для отримання необхідної точності діаметрів та мінімального биття. Завдяки цьому досягається рівномірне зняття припуску та формування відновлених поверхонь із заданими геометричними параметрами.

Таким чином, розроблене пристосування забезпечує комплексне вирішення задач базування, фіксації та стабілізації первинного валу під час відновлювальних операцій. Його конструкція дозволяє підвищити точність обробки, скоротити допоміжний час та забезпечити стабільну якість відновлення деталей у межах ремонтного виробництва.

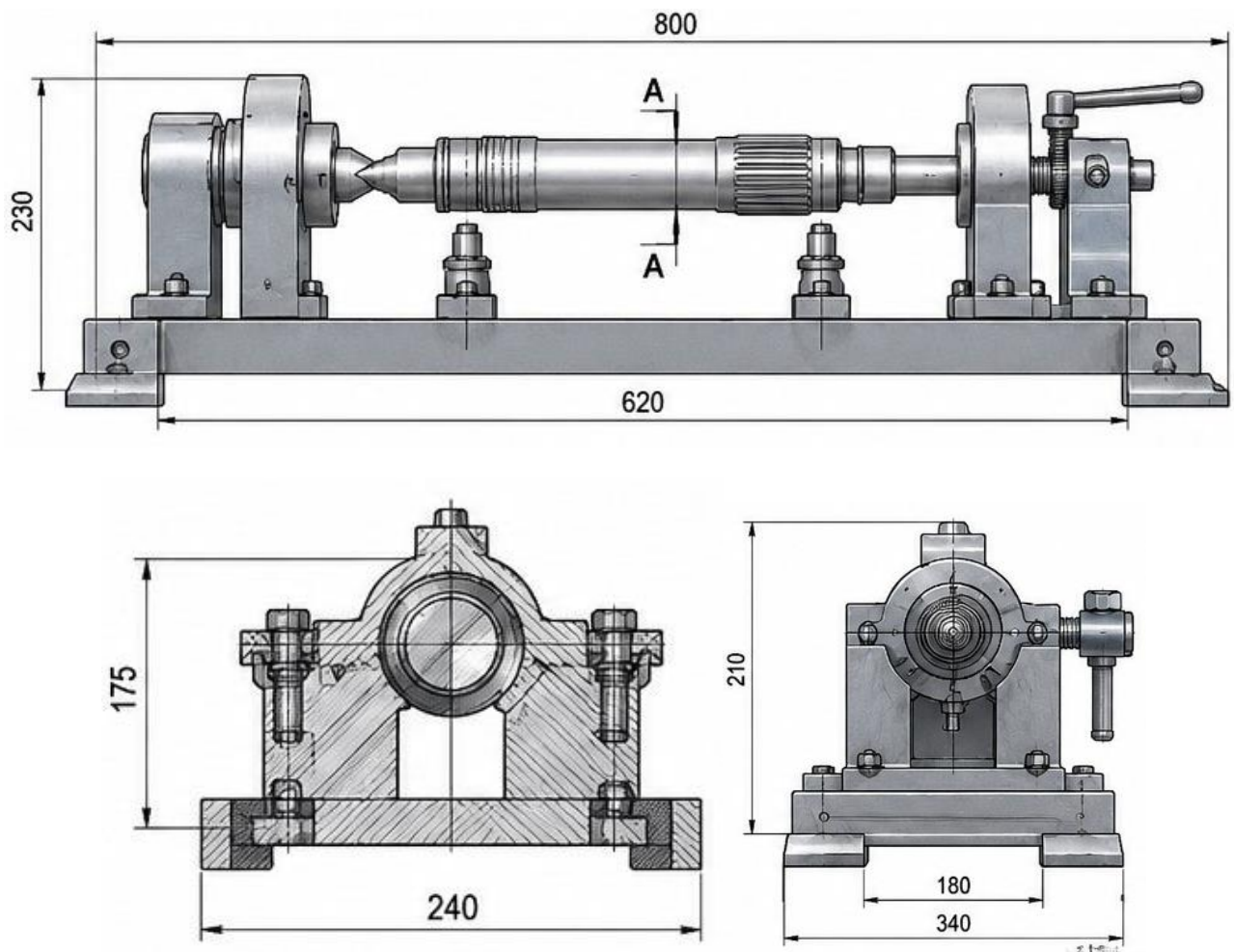


Рисунок 3.1 – Пристосіблення для базування та обробки валу

3.3 Розрахунок механічних навантажень елементів пристосування

При проектуванні пристосування для відновлення первинного валу особливу увагу необхідно приділяти оцінюванню механічних навантажень, які виникають під час виконання технологічних операцій. Від правильності розрахунку сил, що діють на елементи конструкції, залежить точність базування деталі, стабільність її положення в процесі обробки та довговічність самого пристосування. У процесі наплавлення та механічної обробки на вузли пристрою діють сили затиску, реакції опор, сили різання, а також додаткові навантаження, спричинені вібраціями та температурними деформаціями.

Для забезпечення надійного утримання первинного валу необхідно визначити достатню силу затиску, яка повинна перевищувати сумарний вплив зовнішніх технологічних навантажень. Розрахунок виконується за залежністю:

$$F_z = k \times F_t \quad (3.1)$$

де F_z – необхідна сила затиску, Н;

F_t – сумарне технологічне навантаження, Н;

k – коефіцієнт запасу, що враховує можливі коливання навантаження та приймається в межах 1,5–2,5.

Застосування запасу по силі затиску дозволяє виключити можливість зміщення деталі під час обробки та забезпечити стабільність геометричних параметрів відновлюваних поверхонь. Особливо важливим це є під час відновлення посадкових місць під підшипники, де навіть незначне зміщення може призвести до порушення співвісності поверхонь.

У процесі механічної обробки навантаження передаються від деталі через базувальні елементи на раму пристосування. Тому наступним етапом є перевірка міцності найбільш навантажених елементів конструкції. Для оцінки напруженого стану використовується класична залежність

$$\sigma = F / A \quad (3.2)$$

де σ – розрахункове напруження, МПа;

F – прикладене навантаження, Н;

A – площа поперечного перерізу елемента, мм².

Отримані значення напружень не повинні перевищувати допустимі значення для матеріалу, з якого виготовлені елементи пристосування. Найбільш відповідальними деталями в даному випадку є центрувальні вузли, затискний механізм та несуча рама, оскільки саме вони сприймають основну частину навантажень під час виконання технологічних операцій.

Крім перевірки міцності, важливо оцінити жорсткість конструкції. Навіть якщо напруження залишаються в допустимих межах, надмірні деформації можуть негативно впливати на точність відновлення валу. Для оцінки прогину несучих елементів використовується залежність:

$$f = (F \times L^3) / (48 \times E \times I) \quad (3.3)$$

де f – прогин елемента, мм;

F – прикладене навантаження, Н;

L – розрахункова довжина елемента, мм;

E – модуль пружності матеріалу, МПа;

I – момент інерції поперечного перерізу.

Розрахунковий прогин повинен бути меншим за допустиме значення, яке для точних технологічних пристосувань зазвичай не перевищує 0,05–0,10 мм. Дотримання цієї умови забезпечує збереження співвідносіть базових поверхонь і дозволяє отримувати стабільні результати при відновленні первинного валу.

Важливим показником надійності конструкції є коефіцієнт запасу міцності, який характеризує співвідношення між допустимими та фактичними напруженнями. Його визначають за формулою

$$n = \sigma_{\text{доп}} / \sigma_{\text{факт}} \quad (3.3)$$

де n – коефіцієнт запасу міцності;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження матеріалу;

$\sigma_{\text{факт}}$ – фактичне розрахункове напруження.

Для технологічних пристосувань ремонтного виробництва доцільно забезпечувати коефіцієнт запасу в межах від 2 до 3,5. Таке значення гарантує надійну роботу обладнання навіть за умов нерівномірного навантаження, виникнення вібрацій або можливих похибок устанавлення деталі.

Таким чином, виконані розрахунки дозволяють зробити висновок, що розроблене пристосування здатне сприймати навантаження, які виникають під час відновлення первинного валу, без втрати точності базування та без ризику руйнування окремих елементів конструкції. Забезпечення достатньої міцності, жорсткості та запасу надійності створює необхідні умови для стабільного виконання операцій наплавлення, механічної обробки та контролю геометричних параметрів відновленої деталі.

Таблиця 3.3 – Характеристика навантажень основних елементів пристосування

Елемент пристосування	Основний вид навантаження	Характер дії навантаження	Можливі наслідки перевантаження	Конструктивні заходи забезпечення надійності
Несуча рама	Згин та стиск	Статичне та змінне	Втрата жорсткості, порушення співвісності	Використання профільної сталі підвищеної жорсткості
Передній центрувальний вузол	Осьове та радіальне навантаження	Переважно статичне	Поява биття валу	Термообробка робочих поверхонь, підвищена точність виготовлення
Задній центрувальний вузол	Осьове навантаження	Статичне	Порушення базування деталі	Регулювання положення та жорстке кріплення
Затискний механізм	Сила затиску	Статичне та короткочасне динамічне	Прослизання або деформація деталі	Розрахунок необхідного запасу сили затиску
Опорні елементи	Контактний тиск	Статичне	Локальний знос поверхонь	Використання зносостійких матеріалів
Кріпильні елементи	Розтяг та зріз	Статичне	Руйнування різьбових з'єднань	Застосування болтів підвищеної міцності
Базувальні поверхні	Контактні навантаження	Змінне	Зниження точності встановлення	Шліфування та зміцнення робочих поверхонь

Аналіз характеру навантажень та критеріїв працездатності показує, що

найбільш відповідальними елементами конструкції є центрувальні вузли, затискний механізм і несуча рама. Саме від їхньої міцності, жорсткості та точності виготовлення залежить забезпечення необхідної якості відновлення первинного валу та довговічність експлуатації розробленого пристосування.

Визначення основних конструктивних та експлуатаційних параметрів пристосування

Ефективність використання будь-якого технологічного пристосування визначається не лише його здатністю забезпечувати фіксацію деталі під час виконання ремонтних операцій, а й комплексом конструктивних та експлуатаційних характеристик, які впливають на точність обробки, продуктивність праці, довговічність обладнання та економічну доцільність його застосування.

Одним із найважливіших параметрів є точність установаження деталі. Саме від правильності базування залежить збереження співвісності відновлюваних поверхонь, точність механічної обробки та подальша працездатність первинного валу в складі коробки передач. Конструкція пристосування передбачає встановлення валу по базових шийках та центрувальних поверхнях, що дозволяє мінімізувати похибки позиціонування. При цьому сумарна похибка встановлення повинна бути меншою за допустимі значення, визначені технологічними вимогами до відновлення посадкових поверхонь під підшипники та зубчастих елементів трансмісії.

У процесі встановлення та діагностування первинного валу автомобіля FORD FOCUS II найбільшому ризику руйнування від зрізу та зминання під дією сили затиску осі піддавані кріпильні болти корпусу, а також конусна частина самих центрів. Нижче наведено інженерний розрахунок різьбових з'єднань кріплення корпусу до основи (плити), оскільки вони забезпечують жорсткість і геометричну точність усієї системи під час вимірювань.

Розрахунок кріпильних болтів на міцність (зріз та зминання)

Вихідні дані для розрахунку:

Максимальне зусилля затиску вала в центрах (осьова сила), що створюється гвинтовим механізмом: $P_x = 3000 \text{ Н}$.

Кількість болтів, що утримують одну бабку: $z = 2$ (згідно з поперечним розрізом конструкції). Матеріал болтів сталь 45 для якої,

Границя текучості $\sigma_T = 400 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження на розтяг/згин: $[\sigma]_p = 160 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження на зріз $[\tau]_z = 0.6 \cdot [\sigma]_p = 96 \text{ МПа}$.

Допустиме напруження на зминання: $[\sigma]_{зм} = 1.2 \cdot [\sigma]_p = 192 \text{ МПа}$.

Номинальний діаметр кріпильних болтів (відповідно до масштабних співвідношень креслення) $d = 12 \text{ мм}$ (різьба М12, внутрішній діаметр різьби $d_1 \approx 10.1 \text{ мм}$).

Розрахунок на зріз

Осьова сила P_x намагається зсунути корпус бабки вздовж плити, створюючи зусилля зрізу на кріпильні болти (розглядаємо найнесприятливіший випадок, коли сила тертя між корпусом і плитою не враховується в запас міцності).

Розрахункове напруження зрізу τ_z визначається за формулою

$$\tau_z = \frac{P_x}{z \cdot A_{зр}} \leq [\tau]_z \quad (3.4)$$

де $A_{зр}$ – площа поперечного перерізу болта по ненарізній частині (тілу болта), яка сприймає зсув

$$A_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 12^2}{4} = 113.04 \text{ мм}^2 \quad (3.5)$$

Обчислюємо діюче напруження зрізу

$$\tau_z = \frac{3000}{2 \cdot 113.04} = \frac{3000}{226.08} \approx 13.27 \text{ МПа} \quad (3.5)$$

Перевірка умови міцності на зріз

$$\tau_3 = 13.27 \text{ МПа} \leq [\tau]_3 = 96 \text{ МПа} \quad (3.6)$$

Умова міцності виконується із значним запасом.

Розрахунок на зминання

Зминання відбувається по поверхні контакту циліндричного тіла болта з отвором у корпусі бабки. Розрахункове напруження зминання $\sigma_{зм}$ дорівнює

$$\sigma_{зм} = \frac{P_x}{z \cdot d \cdot s} \leq [\sigma]_{зм} \quad (3.7)$$

де s – висота поверхні контакту (товщина фланця, в якій проходить болт).

Згідно з кресленням, приймаємо товщину фланця $s = 15$ мм.

Обчислюємо діюче напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{3000}{2 \cdot 12 \cdot 15} = \frac{3000}{360} \approx 8.33 \text{ МПа} \quad (3.8)$$

Перевірка умови міцності на зминання

$$\sigma_{зм} = 8.33 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм} = 192 \text{ МПа} \quad (3.9)$$

Умова міцності на зминання повністю задовольняється

Таким чином, аналіз конструктивних та експлуатаційних параметрів показує, що розроблене пристосування відповідає основним вимогам ремонтного виробництва щодо точності базування, жорсткості, надійності, довговічності та продуктивності. Реалізація зазначених характеристик дозволяє забезпечити високу якість відновлення первинного валу, підвищити ефективність технологічного процесу та знизити витрати на виконання ремонтних робіт.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні вимоги охорони праці

Відновлення первинних валів автомобільних коробок передач належить до категорії ремонтно-відновлювальних робіт підвищеної небезпеки, оскільки під час виконання технологічних операцій працівник контактує з обертовими елементами верстатів, електрообладнанням, джерелами підвищеної температури, зварювальними та наплавними установками, а також з ріжучим інструментом. Саме тому дотримання вимог охорони праці є обов'язковою умовою забезпечення безпечного виконання робіт, збереження здоров'я персоналу та підтримання стабільного виробничого процесу.

Особливу увагу необхідно приділяти безпечній роботі на токарних верстатах, які використовуються для відновлення посадкових поверхонь первинного валу. Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність верстата, надійність кріплення заготовки та відсутність сторонніх предметів у зоні обробки. Забороняється виконувати вимірювання, очищення або регулювання деталі під час її обертання. Одяг працівника повинен бути щільно застебнутим, без вільних елементів, які можуть потрапити до зони різання. Довге волосся необхідно прибирати під головний убір, а рукави одягу повинні бути надійно зафіксовані. Виконання цих вимог дозволяє суттєво знизити ризик затягування працівника рухомими частинами обладнання.

Не менш важливими є вимоги безпеки під час роботи на круглошліфувальних верстатах. Шліфувальний круг перед установленням підлягає ретельному огляду на відсутність тріщин, сколів та інших пошкоджень. Після монтажу необхідно виконати пробний запуск без навантаження. Під час шліфування працівник повинен знаходитися поза площиною можливого руйнування круга та використовувати захисний екран. Особливу небезпеку становлять абразивний пил і дрібні металеві частинки, тому робоче місце повинно бути обладнане місцевою витяжною вентиляцією.

Важливим етапом технологічного процесу є відновлення зношених поверхонь методом наплавлення або газотермічного напилення. Такі роботи пов'язані з дією високих температур, ультрафіолетового випромінювання, іскор та розплавленого металу. Перед початком роботи необхідно перевірити справність джерела живлення, цілісність кабелів, наявність заземлення та працездатність систем захисту. Робоча зона повинна бути очищена від легкозаймистих матеріалів, а поблизу мають знаходитися справні засоби пожежогасіння. Особливу увагу слід приділяти вентиляції приміщення, оскільки під час наплавлення утворюються гази та аерозолі металів, які можуть негативно впливати на організм людини.

Значна роль у забезпеченні безпеки належить правильному використанню засобів індивідуального захисту. Під час виконання токарних, шліфувальних та наплавних робіт працівники повинні використовувати захисні окуляри або лицеві щитки, спецодяг, захисне взуття, рукавиці та засоби захисту органів дихання. При виконанні наплавлення додатково застосовуються спеціальні маски або щитки зі світлофільтрами, які захищають очі від інтенсивного випромінювання електричної дуги. Використання засобів індивідуального захисту суттєво знижує ризик травмування та професійних захворювань.

Окрему увагу необхідно приділяти безпечному транспортуванню та встановленню первинних валів на обладнання. Незважаючи на відносно невеликі габарити деталі, її неправильне переміщення може призвести до травмування рук або пошкодження робочих поверхонь. Для переміщення деталей доцільно використовувати спеціальні підставки, візки або інші допоміжні пристрої, що забезпечують ергономічність виконання робіт.

Важливим напрямком охорони праці є підтримання належного санітарно-гігієнічного стану виробничої дільниці. Робочі місця повинні регулярно очищуватися від металевої стружки, абразивного пилу та залишків технологічних матеріалів. Проходи між обладнанням необхідно утримувати вільними, а освітлення робочих зон повинно відповідати встановленим нормативним вимогам. Рациональна організація робочого простору сприяє не лише підвищенню безпеки праці, але й покращенню продуктивності роботи персоналу.

Таблиця 4.1 – Основні заходи охорони праці під час відновлення первинних валів

Вид робіт	Потенційна небезпека	Основні заходи безпеки
Токарна обробка	Захоплення одягу обертовими частинами, виліт стружки	Перевірка кріплення деталі, використання захисних окулярів, заборона роботи в рукавицях біля обертових вузлів
Шліфування	Руйнування абразивного круга, утворення пилу	Захисний екран, перевірка круга, застосування вентиляції
Наплавлення	Опіки, ультрафіолетове випромінювання, ураження струмом	Зварювальна маска, спецодяг, справне заземлення обладнання
Контрольні вимірювання	Порізи гострими кромками деталей	Використання рукавиць та дотримання правил поведінки з деталями
Транспортування деталей	Падіння або пошкодження деталі	Використання допоміжних пристроїв та правильної організації робочого місця
Робота з електрообладнанням	Ураження електричним струмом	Періодична перевірка ізоляції та справності електрообладнання
Робота з мастильними матеріалами	Подразнення шкіри та слизових оболонок	Використання захисних рукавиць і дотримання санітарних норм

Особливого значення набуває проведення інструктажів з охорони праці та систематичне навчання працівників безпечним методам виконання робіт. Персонал повинен знати порядок дій у разі виникнення аварійної ситуації, правила надання першої домедичної допомоги та порядок використання засобів пожежогасіння. Регулярне підвищення рівня знань працівників дозволяє значно знизити ймовірність виробничого травматизму та забезпечити безпечну експлуатацію обладнання.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час відновлення первинних валів є невід'ємною складовою ефективної роботи ремонтної дільниці. Комплексне застосування організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів дозволяє створити безпечні умови праці, забезпечити захист персоналу від небезпечних виробничих факторів та підтримувати високий рівень якості виконання ремонтних робіт.

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час відновлення первинних валів

Процес відновлення первинних валів автомобільних коробок передач пов'язаний із використанням різноманітного технологічного обладнання, механізованого інструменту, наплавних установок та контрольно-вимірювальних засобів. Під час виконання операцій очищення, дефектації, наплавлення, механічної обробки та шліфування працівники можуть піддаватися впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які за відсутності належних заходів захисту здатні призвести до травм, професійних захворювань або зниження працездатності персоналу. Тому своєчасне виявлення таких факторів та розроблення ефективних засобів захисту є одним із найважливіших завдань системи охорони праці ремонтного підприємства.

Одним із найбільш поширених небезпечних факторів є дія рухомих частин технологічного обладнання. Під час роботи токарних і шліфувальних верстатів виникає ризик захоплення одягу, рукавів або волосся працівника обертовими елементами. Крім того, небезпеку становить виліт металевої стружки, абразивних частинок та фрагментів інструменту в разі його пошкодження. Такі ситуації можуть призводити до травмування очей, обличчя та відкритих ділянок тіла. Для мінімізації ризику необхідно використовувати захисні огороження, екрани та засоби індивідуального захисту.

Серйозну небезпеку становить електричний струм. На дільниці відновлення первинних валів експлуатуються токарні, шліфувальні та наплавні установки, які працюють від електричних мереж підвищеної потужності.

Пошкодження ізоляції, несправність заземлення або порушення правил експлуатації можуть спричинити ураження працівника електричним струмом різного ступеня тяжкості. Особливо високий ризик виникає під час виконання наплавних робіт у вологих або забруднених приміщеннях. Саме тому електрообладнання повинно регулярно проходити технічний контроль, а персонал має відповідне навчання та інструктаж.

Важливим шкідливим фактором є виробничий шум. Основними його джерелами є токарні верстати, шліфувальне обладнання, компресорні установки та системи вентиляції. Тривалий вплив шуму може викликати швидку втому, зниження концентрації уваги, підвищення нервового напруження та поступове погіршення слуху. Особливо небезпечним є поєднання шуму з іншими виробничими факторами, коли працівник змушений тривалий час виконувати високоточні операції. Для зниження рівня шумового навантаження застосовуються шумопоглинальні матеріали, технічне обслуговування обладнання та використання індивідуальних засобів захисту слуху.

Поряд із шумом негативний вплив на організм людини чинить вібрація. Вона виникає внаслідок роботи механічного обладнання, дисбалансу обертових деталей або недостатньої жорсткості конструкцій. Тривалий вплив вібрації може призводити до порушення кровообігу, захворювань опорно-рухового апарату, зниження точності виконання робіт та підвищення загальної втомлюваності працівника. Для боротьби з вібрацією використовуються віброгасні опори, балансування обладнання та своєчасне проведення ремонтно-профілактичних робіт.

Особливу групу шкідливих факторів становлять пил, аерозолі металів та продукти наплавлення. Під час шліфування утворюється значна кількість дрібнодисперсного абразивно-металевого пилу, який може проникати в органи дихання людини. У процесі наплавлення додатково виділяються оксиди металів, дим та аерозольні частинки, що негативно впливають на дихальну систему. Тривалий контакт із такими речовинами здатний викликати хронічні захворювання органів дихання та алергічні реакції. Зменшення концентрації

шкідливих речовин досягається за рахунок ефективної вентиляції, місцевих витяжних систем та використання респіраторів.

Під час наплавлення та термічної обробки додаткову небезпеку створюють підвищені температури та теплове випромінювання. Контакт із нагрітими деталями або бризками розплавленого металу може призвести до опіків різного ступеня тяжкості. Для запобігання таким випадкам працівники повинні використовувати термостійкі рукавиці, спеціальний одяг та захисні щитки.

Окремо слід виділити ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, яке супроводжує процес наплавлення. Інтенсивне ультрафіолетове випромінювання може викликати опіки очей і шкіри, тоді як інфрачервоне випромінювання сприяє перегріванню організму. Для захисту застосовуються спеціальні світлофільтри та захисні екрани.

Під час роботи з первинними валами значну небезпеку становлять гострі кромки, задирки та нерівності поверхонь. Після механічної обробки або дефектації на деталях можуть залишатися гострі краї, здатні спричинити порізи рук та інші механічні травми. Для усунення цієї небезпеки необхідно своєчасно виконувати зачищення поверхонь та використовувати захисні рукавиці.

Додатковим шкідливим фактором є контакт із мастильними матеріалами, технологічними рідинами та очисними засобами. Потрапляння таких речовин на шкіру або слизові оболонки може викликати подразнення, алергічні реакції та професійні дерматологічні захворювання. З цієї причини необхідно дотримуватися правил особистої гігієни, використовувати захисні креми та забезпечувати працівників засобами для очищення рук.

Таким чином, процес відновлення первинних валів характеризується одночасним впливом механічних, фізичних, хімічних та термічних виробничих факторів. Ефективне управління виробничими ризиками потребує комплексного застосування організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, що дозволяють забезпечити безпечні умови праці, зберегти здоров'я персоналу та підтримувати високий рівень виробничої безпеки на ремонтній дільниці.

Таблиця 4.2 – Характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час відновлення первинних валів

Виробничий фактор	Джерело виникнення	Можливий вплив на працівника	Основні засоби захисту
Рухомі частини обладнання	Токарні та шліфувальні верстати	Травми рук, захоплення одягу, удари	Захисні огороження, інструктаж
Електричний струм	Верстати, наплавне обладнання	Ураження струмом, опіки	Заземлення, контроль ізоляції
Шум	Верстати, компресори	Погіршення слуху, втома	Навушники, шумоізоляція
Вібрація	Обертове обладнання	Порушення кровообігу, втомлюваність	Віброгасні опори, балансування
Металевий та абразивний пил	Шліфування поверхонь	Захворювання органів дихання	Вентиляція, респіратори
Аерозолі металів і дим	Наплавлення	Подразнення дихальних шляхів	Місцева витяжка, респіратори
Підвищена температура	Наплавлення, нагріті деталі	Опіки, перегрівання	Спецодяг, термостійкі рукавиці
УФ- та ІЧ-випромінювання	Електрична дуга	Опіки очей та шкіри	Маска зі світлофільтром
Гострі кромки та задирки	Деталі після обробки	Порізи та механічні травми	Рукавиці, зачищення поверхонь
Мастила та технологічні рідини	Ремонтні операції	Подразнення шкіри	Засоби індивідуального захисту, гігієна

4.3 Розрахунок вентиляції дільниці

Метою розрахунку є визначення необхідної продуктивності вентиляційної системи для забезпечення нормативних умов праці, видалення

надлишків теплоти та шкідливих речовин (наприклад, парів розчинників під час промивання чи газів при наплавленні вала), а також підбір потужності електродвигуна вентилятора.

Вихідні дані для розрахунку базуючись на технологічному плануванні дільниці відновлення деталей типу «вал», приймаємо такі геометричні та санітарні параметри:

Довжина дільниці (A) 12 м

Ширина дільниці (B) 6 м

Висота приміщення (H) 3.6 м

Кількість працюючих в одну зміну (N) 3 особи

Нормативний повітрообмін на одного працюючого (V_1) 30 м³/год (для приміщень із загальним об'ємом понад 40 м³ на одного робітника при наявності природного провітрювання) або кратність повітрообміну (K) для ремонтних цехів $K = 4 \dots 6 \text{ год}^{-1}$.

Визначення необхідного повітрообміну (продуктивності вентиляції)

Об'єм виробничого приміщення дільниці ($V_{\text{пр}}$) становить

$$V_{\text{пр}} = A \cdot B \cdot H = 12 \cdot 6 \cdot 3.6 = 259.2 \text{ м}^3 \quad (4.1)$$

Розрахунок годинної продуктивності вентиляції (W) проводимо за двома критеріями: за санітарними нормами на кількість робітників та за нормативною кратністю обміну повітря для механоскладальних і ремонтних дільниць.

а) Розрахунок за кількістю працюючих:

$$W_1 = N \cdot V_1 = 3 \cdot 30 = 90 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.2)$$

б) Розрахунок за кратністю повітрообміну (приймаємо для дільниці відновлення деталей $K = 5 \text{ год}^{-1}$)

$$W_2 = V_{\text{пр}} \cdot K = 259.2 \cdot 5 = 1296 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.3)$$

Для забезпечення надійної вентиляції та видалення можливих технологічних виділень за розрахункове значення приймаємо більше із двох величин із забезпеченням 10% запасу продуктивності

$$W_{\text{розр}} = 1.1 \cdot W_2 = 1.1 \cdot 1296 \approx 1426 \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.4)$$

Приводимо продуктивність до стандартних одиниць системи ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$L = \frac{W_{\text{розр}}}{3600} = \frac{1426}{3600} \approx 0.396 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.5)$$

Розрахунок потужності електродвигуна вентилятора

Для переміщення повітря вибираємо відцентровий (радіальний) вентилятор низького тиску. Потужність на валу електродвигуна ($P_{\text{ел}}$), необхідна для приводу вентилятора, визначається за формулою:

$$P_{\text{ел}} = \frac{L \cdot H_v}{\eta_v \cdot \eta_{\text{п}}} \cdot \beta \quad (4.6)$$

де L – продуктивність вентилятора, $L = 0.396 \text{ м}^3/\text{с}$;

H_v – повний тиск, необхідний для подолання аеродинамічного опору вентиляційної мережі (для невеликих ділянок без розгалужених повітроводів приймаємо $H_v = 250 \text{ Па}$);

σ_v – коефіцієнт корисної дії (ККД) вентилятора (для радіальних вентиляторів $\sigma_v = 0.6 \dots 0.7$, приймаємо $\sigma_v = 0.65$);

$\sigma_{\text{п}}$ – ККД механічної передачі від двигуна до вентилятора (при безпосередньому насадженні колеса на вал двигуна $\sigma_{\text{п}} = 1.0$);

β – коефіцієнт запасу потужності, який компенсує пускові навантаження (при потужності до 2 кВт приймаємо $\beta = 1.2$).

Підставляємо значення у формулу

$$P_{\text{ел}} = \frac{0.396 \cdot 250}{0.65 \cdot 1.0} \cdot 1.2 = \frac{99}{0.65} \cdot 1.2 \approx 152.3 \cdot 1.2 = 182.8 \text{ Вт} \approx 0.183 \quad (4.7)$$

Проведений технологічний та інженерний розрахунок показує, що для забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних умов праці на ділянці відновлення первинного валу автомобіля FORD FOCUS II необхідна припливно-витяжна вентиляційна установка продуктивністю не менше 1426 м³/год. Для реалізації даної системи вентиляції достатньо встановити відцентровий вентилятор із номінальною потужністю електродвигуна від 0.25 кВт, що є економічно виправданим та енергоефективним рішенням.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено технологічний процес відновлення первинного валу 1313246 автомобіля Ford Focus II з урахуванням його конструктивних особливостей, умов експлуатації та характерних дефектів.

У першому розділі визначено, що в умовах змінних навантажень основними дефектами вала є знос шліців, посадочних поверхонь під підшипники, пошкодження зубців та втомні мікротріщини. Визначено типові дефекти деталі, серед яких знос шліців, посадкових поверхонь під підшипники, пошкодження зубчастих елементів, а також можливі втомні тріщини.

У технологічному розділі розроблено раціональну послідовність відновлення первинного валу. Обґрунтовано вибір обладнання та організацію ремонтної дільниці, що забезпечує ефективність і стабільність технологічного процесу.

У конструкторському розділі розроблено спеціальне пристосування для базування та фіксації первинного валу, яке забезпечує необхідну точність встановлення, співвісність поверхонь та підвищення продуктивності виконання ремонтних операцій. Виконані розрахунки підтвердили достатню міцність елементів конструкції та їх працездатність в умовах експлуатаційних навантажень.

У розділі з охорони праці визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці під час виконання відновлювальних робіт, а також заходи з охорони навколишнього середовища. Виконано розрахунок освітлення робочого місця, що гарантує відповідність нормативним вимогам.

Таким чином, розроблений технологічний процес відновлення первинного валу 1313246 є технічно обґрунтованим, економічно доцільним і може бути рекомендований до впровадження в умовах ремонтних підприємств автомобільного транспорту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролю. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 34 с.
3. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Наказ № 31 від 25.01.1995 року.
4. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Тесля В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2025. 118 с.
5. Левкович М.Г. , Пиндус Ю.І. , Тесля В.О. , Босюк П.В. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, Ю.І. Пиндус, В.О. Тесля, П.В. Босюк Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2016. – 242 с.
6. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

7. Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. Конспект лекцій з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 296 с.
8. Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 140 с.
9. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Тесля В.О. Масштабний фактор при діагностуванні трибологічної надійності транспортних засобів. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року. Вінниця: ВНТУ, 2023. – 396 с. ISBN 978-966-641-950-0
10. Пулька Ч.В., Кузнецов В.Д., Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Наплавлення та напилення» / Ч.В. Пулька, В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин. – Тернопіль.: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 59 с.
11. Способи підвищення показників дизелів тракторів і автомобілів в умовах рядової експлуатації / А. М. Пугач, В. В. Аулін, В. І. Мельниченко [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 8(39). - Ч. 2. - С. 125-133.
12. Gupka, A., Aulin, V., Mironov, D., Leshchuk, R., Yarema, I., Bukhovets, V., & Teslia, V. (2024). Structural and energetic self-organization of antifriction composite materials of car parts during friction and wear. *Problems of Tribology*, 29(2/112), 67–73. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-112-2-67-73>

13. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.
14. I. Nevko. New Technologies for Enhancing Road Traffic Safety at Pedestrian Crossings and Signalized Intersections / I. Nevko, V. Teslya, M. Sipravska, B. Nevko, Roman Khoroshun // Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2025. Issue 11(42), Part II — Крорувнытскыі , 2025. — Pp. 268–277. — (Automobile transport).
15. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.