

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проектування технічного обслуговування та відновлення вторинного вала коробки перемикання передач з дослідженням шумів.

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-61

спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Костянтин ГЕРЦУНЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник

(підпис)

Олег ЛЯШУК

(ім'я та прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(ім'я та прізвище)

Зав. кафедри

(підпис)

Олег ЦЬОНЬ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(підпис)

(ім'я та прізвище)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (ім'я та прізвище)
«14» листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Герцуню Костянтину Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування технічного обслуговування та відновлення вторинного вала коробки перемикання передач з дослідженням шумів.

Керівник роботи Ляшук Олег Леонтійович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-970

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий ТП технічного обслуговування та відновлення вторинного вала коробки перемикання передач

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Кінематична схема коробки передач на кожній передачі – 1А1.

Карта дефектів. Ведений вал коробки перемикання передач – 1А1.

Патентино-інформаційний пошук – 1А1.

Оперіційні ескізи – 1А1.

Стенд для ремонту коробок переміни передач – 1А1.

Рама – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Посада, ім'я та прізвище консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	17.11.25	
2	Технологічний розділ	24.11.25	
3	Конструкторський розділ	01.12.25	
4	Науково-дослідний розділ	08.12.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.25	
6	Оформлення графічної частини	15.12.25	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

(підпис)

Костянтин ГЕРЦУНЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Олег ЛЯШУК

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проектування технічного обслуговування та відновлення вторинного вала коробки перемикач передат з дослідженням шумів.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н. професор Олег Леонтійович Ляшук.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 61-ї сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: знос, змащування, відновлення, дефекти, надійність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Характеристика деталі.....	8
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Вибір технології відновлення деталі.....	13
2.2 Вибір технологічних баз.....	15
2.3 Технологія усунення кожного дефекту.....	16
2.4 Технологічний маршрут відновлення деталі.....	19
2.5 Вибір обладнання та технологічного оснащення.....	24
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	30
3.1 Технічна пропозиція.....	30
3.2 Конструктивна концепція пристрою.....	34
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	40
4.1 Результати досліджень.....	40
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
5.1 Повітря робочої зони, вентиляція.....	52
5.2 Галузевий і територіальний моніторинг небезпечних факторів.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Надійність і працездатність трансмісії мають вирішальний вплив на ефективність функціонування автомобіля, його паливну економічність, плавність руху та безпеку експлуатації. Одним із ключових елементів механічної коробки перемикачів передач є вторинний вал, який передає крутний момент від ведучих шестерень до приводу коліс. В умовах інтенсивної експлуатації цей елемент зазнає складного напружено-деформованого стану, значних динамічних та ударних навантажень, що призводить до його зношування, появи люфтів, вібрацій і, як наслідок, підвищення шумів у роботі трансмісії.

Проблема шумів у механічних коробках передач є одним із показників технічного стану компонентів трансмісії, оскільки акустичні та вібраційні характеристики відображають рівень зносу підшипників, шестерень, шліцьових з'єднань та вторинного вала. Вчасна діагностика таких проявів дозволяє запобігти відмовам і забезпечити оптимальні умови роботи коробки передач протягом усього ресурсу.

Сучасні концепції технічного обслуговування орієнтовані на подовження ресурсу деталей, відновлення їх працездатності економічно доцільними методами, мінімізацію витрат на ремонт і скорочення простоїв автомобілів. У цьому контексті дослідження причин виникнення шумів і впровадження заходів з удосконалення процесів технічного обслуговування та відновлення вторинного вала є актуальними як з точки зору наукових досліджень, так і практики автомобільного транспорту.

Актуальність даної роботи полягає в необхідності підвищення надійності коробок передач шляхом удосконалення технологій діагностики та ремонту вторинного вала з урахуванням акустичних ознак його технічного стану. Це дозволить покращити експлуатаційні характеристики трансмісії, зменшити рівень шуму і вібрацій, забезпечити комфорт та безпеку руху.

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є розроблення технологічних рішень із технічного обслуговування та відновлення вторинного вала коробки передач із застосуванням діагностики шумів для визначення технічного стану вузла.

Реалізація поставлених завдань сприятиме покращенню ресурсу та працездатності вторинного вала, підвищенню надійності роботи механічної коробки передач і забезпеченню стабільних експлуатаційних характеристик автомобіля. Додатково очікується зменшення інтенсивності зношування деталей спряжень, зниження рівня шуму та вібраційної активності трансмісії, оптимізація умов змащування та підвищення точності кінематики перемикання передач. У сукупності це дозволить підвищити технічну та економічну ефективність системи приводу, забезпечивши більшу довговічність трансмісійного агрегату, скорочення витрат на технічне обслуговування й ремонт, а також покращення комфорту та безпеки руху транспортного засобу.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Характеристика деталі

Вторинний вал коробки передач автомобіля виготовляється зі легованої конструкційної сталі марки 40Х. Дана деталь працює у кінематичному ланцюзі разом із первинним валом та забезпечує передавання крутного моменту від двигуна до трансмісійних механізмів.

Опорні шийки і внутрішні поверхні отворів вала піддаються поверхневому зміцненню методом індукційного гартування струмами високої частоти. Така термічна обробка забезпечує твердість робочих ділянок у межах HRC 48...56 при глибині зміцненого шару не менш ніж 0,8 мм. Після гартування виконується низький відпуст для зняття внутрішніх напружень та підвищення експлуатаційної надійності деталі.

Вторинний вал трансмісії оснащений опорними циліндричними шийками, призначеними для встановлення підшипників кочення. Дані поверхні характеризуються високою точністю виготовлення (7-й квалітет) та малою шорсткістю обробки ($R_a = 1,25$ мкм). Крім того, на валу розташовані шліцьові ділянки і зубчасті вінці, що забезпечують зовнішнє зчеплення з елементами трансмісійного механізму. Саме вони сприймають основні експлуатаційні навантаження та зазвичай є найбільш схильними до зношення і пошкодження.

З обох торців деталі виконані центрові отвори, які слугують технологічними базами під час виготовлення та подальшого ремонту.

Типові експлуатаційні дефекти наведені на рис. 1.1. Відповідно до умов завдання, на досліджуваному вторинному валу виявлено такі пошкодження:

знос шийки, на якій установлюється роликовий підшипник (поз. 3);

зниження висоти робочих виступів шліців, що взаємодіють з маточиною муфти перемикання III та IV передач (знос по товщині) (поз. 7);

часткове руйнування різьбової ділянки (поз. 9).

Основним чинником виникнення цих дефектів є інтенсивне тертя в умовах недостатнього змащення та динамічні навантаження, які виникають у процесі

функціонування коробки передач при перемиканні та передачі крутного моменту.

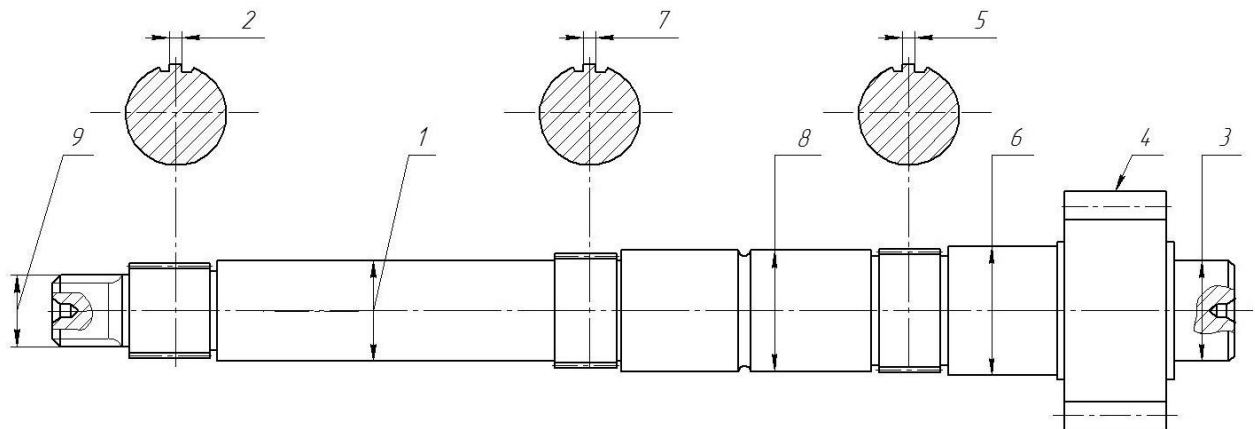


Рис. 1.1. Вторинний вал коробки передач із зазначенням можливих пошкоджень.

На основі проведеного аналізу вторинного вала можна сформулювати такі узагальнені висновки:

Відновлення правильної геометрії опорних шийок є можливим шляхом абразивної обробки, зокрема прецизійного шліфування. Оскільки поверхні мають високий рівень твердості після індукційного загартування, процес доцільно виконувати щонайменше у два технологічні переходи з контролем шорсткості.

Як надійні технологічні бази при відновлювальній обробці можуть бути використані центрові отвори, які первинно застосовувалися під час виготовлення вала, що забезпечує точність установа та сумісність базування.

Конструктивні особливості елемента дозволяють застосовувати стандартні способи механічної обробки, поширені у практиці ремонту валів трансмісії, без необхідності в складних спеціалізованих технологіях.

Досліджувана деталь класифікується як «циліндричний стрижневий елемент» трансмісійного призначення.

Основні параметри:

Маса – 1,79 кг;

Габарити – загальна довжина 254 мм;

Номінальний діаметр – 68,88 мм з допустимим відхиленням $\pm 0,15$ мм.

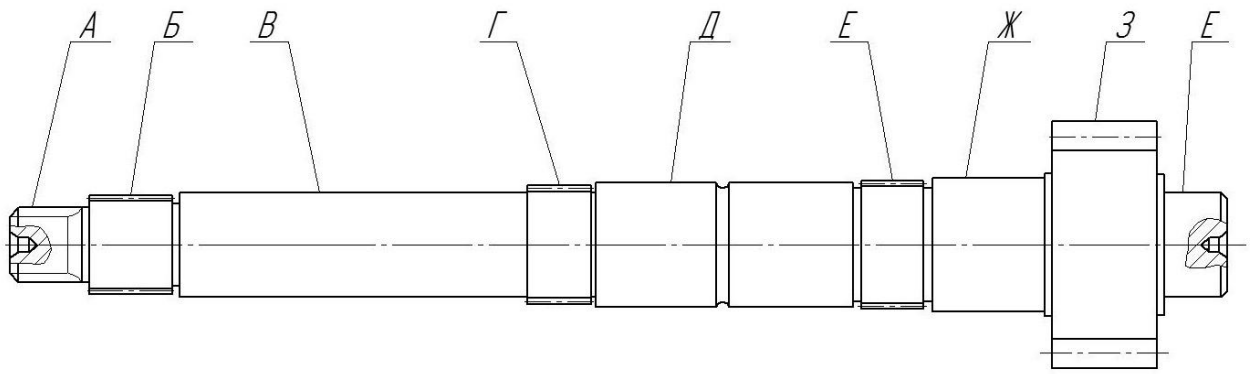


Рис. 1.2. Вторинний вал коробки передач.

Під час проведення відновлювальних операцій для вторинного вала коробки передач необхідно забезпечити дотримання визначених технічних критеріїв, що гарантують працездатність та ресурс деталі у подальшій експлуатації. До основних вимог відносяться:

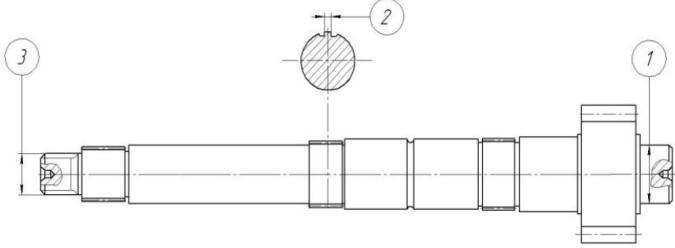
Якість обробки поверхонь В, Д, Ж та Е повинна забезпечувати низьку шорсткість – не більше $Ra = 0,63$ мкм, що є критично важливим для зменшення тертя у з'єднаннях.

Допустиме торцеве биття поверхонь В та Е обмежується значенням 0,022 мм, оскільки перевищення цього параметра призводить до порушення кінематичної точності роботи передач.

Шліцьові поверхні повинні характеризуватися прямолінійністю профілю у межах встановлених допусків, щоб гарантувати правильне зчеплення з маточиною ковзної муфти.

Внутрішні поверхні центрових отворів мають відповідати шорсткості не більше $Ra = 1,25$ мкм для забезпечення точності базування під час механічної обробки та монтажу вала.

Таблиця 1.1. Карта технічних вимог для контролю та дефектування деталі.

Деталь (складальна одиниця): вторинний вал кпп					
			№ деталь		
			Матеріал: Сталь 40Х		
			Твердість: HRC 48...56		
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб виявлення дефекту і засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			за робочим кресленням (номінальний)	допустимий без ремонту	
1	Знос шийки під роликовий підшипник	Скоба 31,95мм або мікрометр 25-50мм	32 ^{-0,017}	31,95	Вібродугове наплавлення, хромування, залізнення
2	Знос виступів шліців під маточину ковзаючої муфти перемикання 3-ої і 4-ої передач по товщині	Скоба 4,90 мм. або штангельзубомір	5 ^{-0,016} _{-0,045}	4,90	Наплавлення під флюсом
3	Пошкодження різьби	Огляд. Різьбове кільце або спряжена деталь	M24×1-6g	Зрив не більше двох ниток	Електроконтактне приварювання металічного шару

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Метою технологічного, конструкторського та науково-дослідного розділів є розроблення раціональної технології відновлення та забезпечення

працездатності деталі трансмісійного агрегату автомобіля з урахуванням вимог надійності, довговічності та експлуатаційної безпеки.

У технологічному розділі необхідно:

обґрунтувати вибір оптимального методу відновлення деталі на основі її функціонального призначення, умов роботи та характеру виявлених пошкоджень;

визначити технологічні бази, що гарантують точність відновлення геометричних параметрів;

розробити поопераційні технологічні процеси усунення кожного дефекту з урахуванням вимог нормативних документів і сучасних методів ремонту;

сформувати повний технологічний маршрут відновлення деталі, включаючи вибір методів контролю якості на кожній стадії;

здійснити підбір необхідного обладнання та технологічного оснащення, яке забезпечуватиме високу продуктивність та повторюваність ремонтних робіт.

У конструкторському розділі передбачити:

розроблення технічної пропозиції щодо удосконалення ремонтного або діагностичного процесу;

створення конструктивної концепції спеціального пристрою чи інструмента, який підвищує ефективність відновлення та монтажу деталі.

У науково-дослідному розділі необхідно:

провести дослідження працездатності та контактної взаємодії елементів відновленої деталі в реальних умовах навантаження;

здійснити аналіз отриманих результатів і надати рекомендації щодо підвищення ресурсу та оптимізації технології ремонту.

Реалізація поставленого завдання забезпечить підвищення надійності трансмісійного вузла, зменшення витрат на технічне обслуговування й ремонт, а також поліпшення загальних експлуатаційних характеристик автотранспортного засобу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір технології відновлення деталі

Для забезпечення працездатності вторинного вала коробки передач необхідно визначити оптимальний спосіб усунення пошкоджень, зазначених у завданні. Основним дефектом є зношення опорної шийки під роликовий підшипник (діаметр номінальний $d = 32$ мм, допустиме відхилення $-0,017$ мм), при цьому фактична величина зносу становить $0,06$ мм.

До технологічних методів, придатних для відновлення геометрії цієї поверхні, належать:

- вібродугове наплавлення;
- електрохімічне хромування;
- метод залізнення.

Для вибору найбільш раціонального варіанта здійснено порівняльний аналіз зазначених способів за двома ключовими показниками: коефіцієнтом довговічності K_d та коефіцієнтом техніко-економічної ефективності K_e .

Оцінка довговічності:

- вібродугове наплавлення – $K_d = 0,98$;
- хромування – $K_d = 1,72$;
- залізнення – $K_d = 0,91$.

Як видно, усі методи гарантують необхідний міжремонтний ресурс (не менше 80 % від ресурсу нової деталі), що дозволяє використовувати їх у ремонтних умовах.

Оцінка техніко-економічної ефективності:

- вібродугове наплавлення – $K_e = 0,256$;
- хромування – $K_e = 0,087$;
- залізнення – $K_e = 0,837$.

З огляду на максимальне значення техніко-економічного показника, найбільш доцільним способом усунення дефекту є **залізнення**, яке забезпечує оптимальне співвідношення вартості, точності та зносостійкості відновленої поверхні.

Дефект №2 – зношення шліцьових виступів, що взаємодіють із маточиною ковзної муфти перемикавання III та IV передач (знос по товщині становить 0,11 мм)

Унаслідок тривалого тертя в зоні взаємодії шліців із маточиною ковзної муфти відбувається поступове зменшення їх робочої товщини, що негативно впливає на точність зчеплення та плавність перемикавання передач. Тому необхідно підібрати технологію, яка забезпечить відновлення геометрії виступів із гарантією подальшої зносостійкості.

До можливих методів відновлення цієї поверхні належать:

- дугове наплавлення в середовищі захисного газу CO_2 ;
- автоматичне наплавлення під шаром флюсу.

Для вибору оптимальної технології проведено порівняння зазначених способів за двома критеріями:

Коефіцієнт довговічності K_d :

- наплавлення в CO_2 – 0,63;
- наплавлення під флюсом – 0,79.

Обидві методики забезпечують міжремонтний ресурс не нижче 80 % від ресурсу нової деталі, тому можуть бути застосовані у ремонтній практиці.

Коефіцієнт техніко-економічної ефективності K_e :

- наплавлення в CO_2 – 0,403;
- наплавлення під флюсом – 0,436.

Беручи до уваги вищі показники зносостійкості та економічної доцільності, найбільш раціональним методом усунення дефекту є автоматичне наплавлення під флюсом, яке забезпечує стабільну якість шва, мінімальну кількість дефектів та високу продуктивність відновлення.

Дефект №3 – пошкодження різьбової ділянки

У процесі експлуатації на різьбу вторинного вала діють знакоперемінні навантаження, що в поєднанні з вібраціями та можливими помилками при монтажі спричиняють вм'ятини, зрив різьби або часткове руйнування витків. Для забезпечення подальшої надійності з'єднання необхідне відновлення повного профілю різьбової поверхні.

До можливих способів усунення вказаного дефекту належать:

- дугове наплавлення в захисному середовищі CO₂,
- електродугове наплавлення вручну,
- електроконтактне приварювання металевго шару.

Порівнявши технологічні можливості методів, для відновлення різьби доцільно застосувати електроконтактне приварювання наплавного шару. Обрання саме цього способу обумовлене його істотними перевагами:

1. Висока продуктивність процесу – збільшення ефективності обробки у 3–4 рази порівняно з традиційним дуговим наплавленням.
2. Значне скорочення витрат присадного матеріалу – орієнтовно у 3 рази менше вживання металу.
3. Мінімальний тепловий вплив на заготовку, що запобігає зміні структури та погіршенню механічних властивостей сталі в зоні відновлення.

Таким чином, електроконтактне приварювання забезпечує необхідну точність формування профілю різьби та підвищує надійність експлуатації з'єднання після ремонту.

2.2 Вибір технологічних баз

Для забезпечення точної геометричної відновлювальної обробки центрових отворів необхідно обрати надійні технологічні бази, які гарантуватимуть правильне положення вала відносно інструмента. Як базові поверхні приймаються одна з циліндричних опорних шийок та торець вала, що забезпечує точність осьового вирівнювання.

Під час установлення деталі вона позиціонується у трикулачковому самоцентрувальному патроні з торцевим упором, що унеможлиблює зміщення заготовки в осьовому напрямку та сприяє збереженню співвісності при подальшій механічній обробці. Відповідна схема закріплення подана на рисунках 2.1 та 2.2.

Такий спосіб базування дозволяє:

- забезпечити стабільність і повторюваність положення деталі;
- мінімізувати похибки співвісності оброблюваних поверхонь;

- гарантувати відповідність геометричних параметрів вимогам технічної документації.

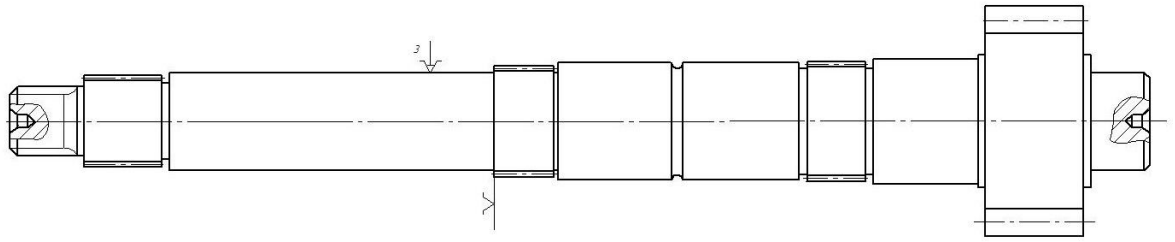


Рис. 2.1. Схема установа вала при механічному відновленні центрального отвору з базуванням по опорній шийці.

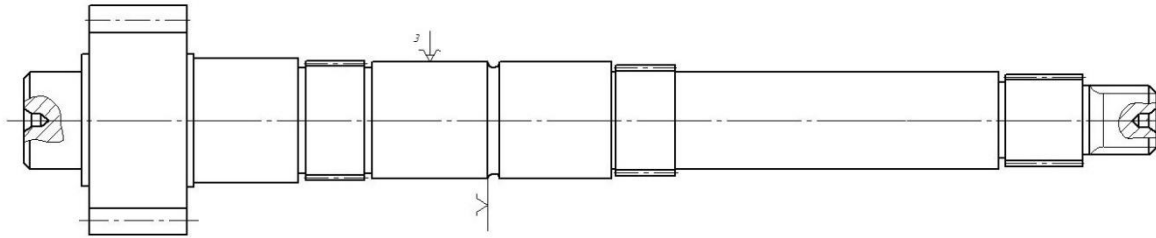


Рис. 2.2. Схема установа вала при механічному відновленні центрального отвору з базуванням по опорній шийці.

Під час шліфування опорних шийок вторинного вала базування здійснюється за центровими отворами, що забезпечує високу точність співвісності оброблюваних поверхонь відносно осі обертання. Схему розташування деталі у верстаті наведено на рисунку 2.3.

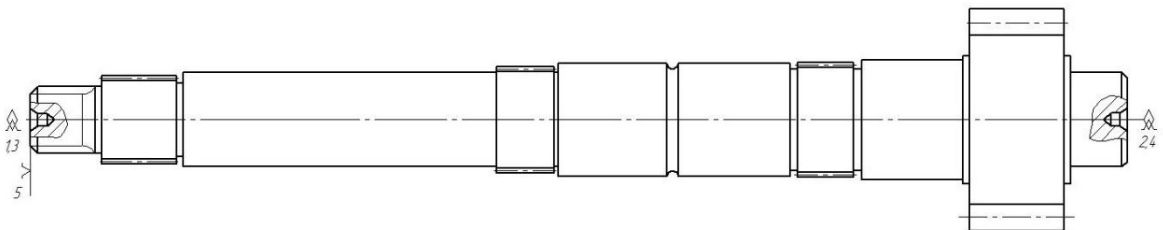


Рис.2.3. Схема установа вала при шліфуванні опорної шийки з базуванням у центрах.

2.3 Технологія усунення кожного дефекту

Відповідно до встановлених пошкоджень вторинного вала визначено раціональну послідовність технологічних операцій для їх усунення.

Дефект №1 – зношення шийки під роликовий підшипник (номінальний розмір $d = 32_{-0,017}^{+0,017}$ мм, твердість HRC 50...55)

Метою технологічного процесу є відновлення геометричної точності поверхні та забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик.

Рекомендована послідовність операцій:

№ операції	Вид обробки	Зміст виконання та контрольні параметри
1	Токарна	Відновлення центрових отворів: розточування «на чисто» до повного усунення дефектів на базових поверхнях
2	Шліфувальна	Первинне шліфування зношеної шийки до розміру $d = 31,7_{-0,062}$ мм для формування рівномірного припуску на нанесення покриття
3	Залізнення	Нанесення зміцнювального шару до розміру $d = 32,4^{+0,2}$ мм з урахуванням припуску на подальше шліфування
4	Шліфувальна	Попереднє шліфування відновленої поверхні до розміру $d = 32,1_{-0,039}$ мм з контролем співвісності
5	Шліфувальна (чистова)	Остаточне шліфування до номінального розміру $d = 32_{-0,017}$ мм з отриманням необхідної шорсткості і точності

Дефект №2 – зношення шліцьових виступів, що взаємодіють із муфтою перемикавання III–IV передач (зменшення товщини профілю, твердість HRC 50...55)

Зношення шліців порушує кінематичну точність з'єднання та може спричиняти утруднене або неповне перемикавання передач. Для відновлення геометрії й зміцнення робочих поверхонь застосовується комбінація механічної та термічної обробки. Послідовність технологічних операцій наведена в таблиці.

№ операції	Вид обробки	Зміст технологічного переходу
1	Токарна	Відновлення центрових отворів до чистової якості; повне зрізання зношених шліців з доведенням діаметра поверхні до $d = 30_{-0,16} \text{ мм}$
2	Наплавлення	Формування нового шару металу під шліцову поверхню до діаметра $d = 38^{+0,9} \text{ мм}$ з рівномірним припуском
3	Токарна	Попередня обробка наплавленої поверхні до розміру $d = 36,35_{-0,062} \text{ мм}$
4	Фрезерування	Нарізання шліців з відновленням номінальної товщини профілю $a = [\text{вказати згідно креслення}]$
5	Гартування	Нагрів шліцевої частини до температури загартування та охолодження в маслі для підвищення твердості
6	Відпуск СВЧ	Індукційний нагрів поверхневого шару до $550 \text{ }^{\circ}\text{C}$ з подальшим охолодженням на повітрі для зняття внутрішніх напружень
7	Шліфувальна	Чистове шліфування зовнішньої поверхні шліців, забезпечуючи остаточний розмір $d = 36_{-0,039} \text{ мм}$ та необхідну шорсткість

Дефект №3 – пошкодження різьбової поверхні. Порушення профілю різьби може виникати під дією ударних та вібраційних навантажень або в результаті неправильного монтажу кріпильних елементів. Дефект призводить до ослаблення з'єднання та потенційного зриву різьби під час затягування гайки. Для відновлення працездатності різьбової ділянки пропонується наступна технологічна послідовність:

№ операції	Вид обробки	Опис виконання та контрольні параметри
1	Токарна	Відновлення центрових отворів до чистової якості для забезпечення точності базування при наступних переходах
2	Слюсарна	Намотування сталевго дроту по профілю різьби з метою формування базового шару для подальшого наплавлення
3	Електроконтактне приварювання	Приварювання металевго шару до діаметра $d = 24,5^{+0,3}$ мм з рівномірним припуском
4	Токарна та різьбоутворююча обробка	Підрізання торця, доведення зовнішньої циліндричної поверхні до необхідних розмірів, зняття фаски $c = 1 \times 45^\circ$, нарізання різьби $M24 \times 1 - 6g$ відповідно до вимог стандарту

2.4 Технологічний маршрут відновлення деталі

Операція 005 – Токарна обробка (4110)

На першому етапі відновлення здійснюють механічну обробку центрових отворів з метою усунення дефектів та слідів попередніх пошкоджень. Оброблення виконується з максимально можливою точністю та чистотою поверхні для забезпечення правильної базової посадки деталі під час подальших технологічних переходів.

Установка деталі за схемою А гарантує її надійне центрювання та запобігає додатковим деформаціям під час обертання.

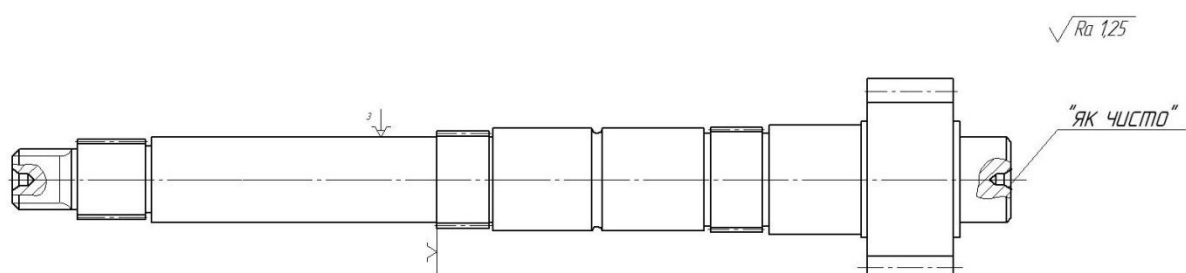


Рис. 2.4. Схема базування вала під час токарної обробки центрових отворів.

Наступний технологічний перехід передбачає використання установки типу Б, що забезпечує жорстке закріплення вала з оптимальним позиціонуванням відносно осі обертання.

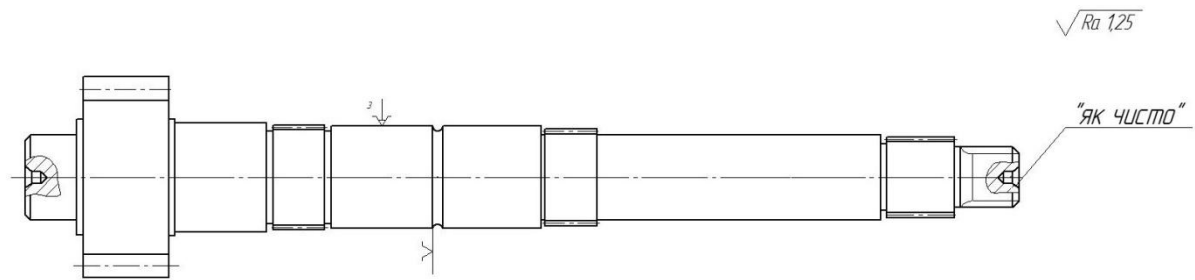


Рис. 2.5. Схема базування вала на етапі токарного оброблення

Операція 010 – Токарна обробка (4110).

На даному переході здійснюється механічне видалення зношених шліцьових виступів шляхом їх точного зрізання. Після обробки необхідно забезпечити дотримання номінального діаметра циліндричної поверхні $d = 30$ мм із полем допуску $-0,16$ мм, що гарантує відновлення геометричної точності та підготовку поверхні для подальшого відновлювального процесу.

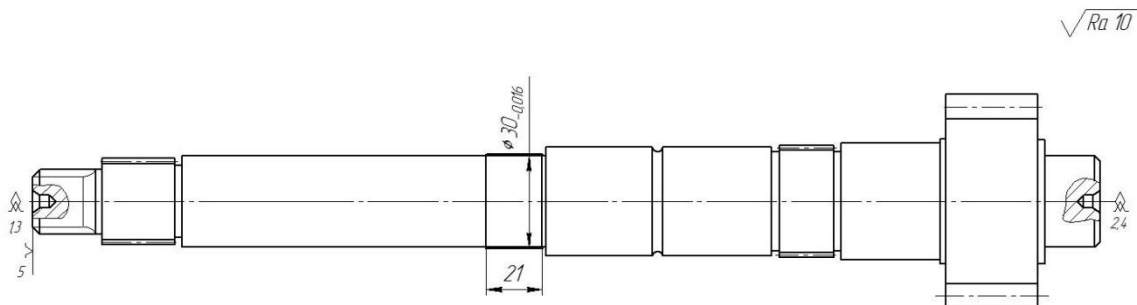


Рис. 2.6. Схема установки вала під час видалення зношених шліців.

Операція 015 – Слюсарна обробка (0190)

З метою підготовки різьбової поверхні до відновлення на неї рівномірно намотують стальний дріт, що забезпечує необхідне заповнення дефектної зони та створює основу для наступних операцій наплавлення.

Операція 020 – Зварювальні роботи (9100)

Виконують приварювання намотаного металевого дроту по всій довжині різьби, дотримуючись відновленого діаметра посадкової поверхні $d = 24,5$ мм з

позитивним відхиленням $+0,3$ мм. Це дозволяє забезпечити достатню міцність і надійність з'єднання.

Операція 025 – Наплавлення (9300)

Проводять наплавлення на циліндричну поверхню під шліцьове з'єднання до досягнення встановленого розміру $d = 37$ мм з допуском $+0,9$ мм. Отриманий припуск необхідний для точної чистової обробки на наступному етапі.

Операція 030 – Токарна обробка (4110)

Здійснюють комплекс механічних операцій, включаючи підрізання торця, чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні, формування фаски розміром $s = 1 \times 45^\circ$, а також нарізання метричної різьби $M24 \times 1-6g$. Дотримання точності геометричних параметрів на цьому етапі визначає подальшу працездатність шліцьового з'єднання.

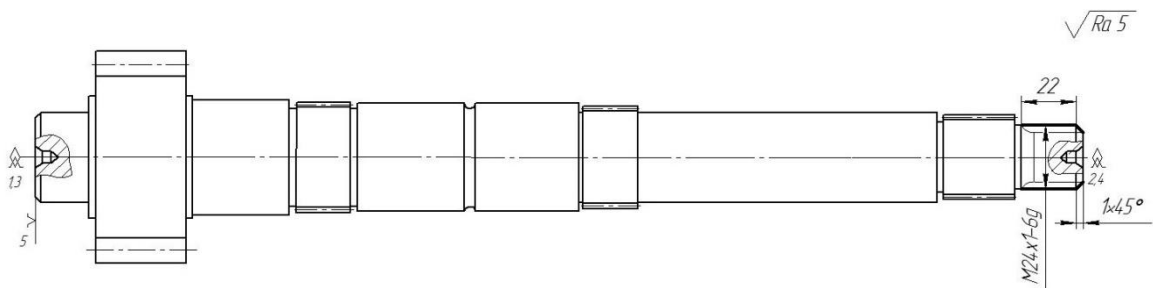


Рис. 2.7. Схема закріплення вала під час нарізання різьбового профілю.

Операція 035 – Токарна обробка (4110).

Наступний етап передбачає чистове точіння циліндричної поверхні, призначеної для формування шліцьового профілю. Необхідно забезпечити точне дотримання розміру $d = 36,35$ мм із допусковим полем $-0,062$ мм, що гарантує правильну посадку і надійну роботу шліцьового з'єднання при експлуатації.

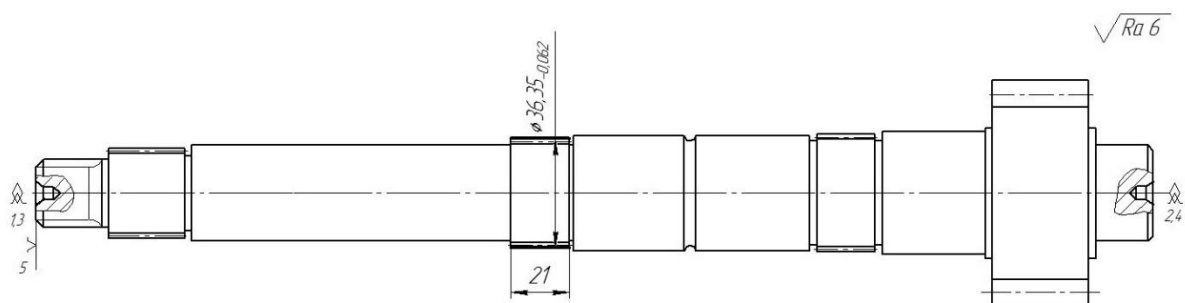


Рис. 2.8. Схема орієнтування вала під час чистового точіння відновленої поверхні.

Операція 040 – Фрезерування (4260)

На цьому етапі виконується формування шліцьових канавок методом поздовжнього фрезерування. Оброблення здійснюється за встановленими базами для забезпечення точної орієнтації профілю шліців відносно осі вала. Під час операції необхідно дотримуватися заданого розміру профілю $a = 5_{-0,065}^{-0,016}$ мм (значення визначається відповідно до технічних вимог до конкретного типорозміру шліцьового з'єднання).

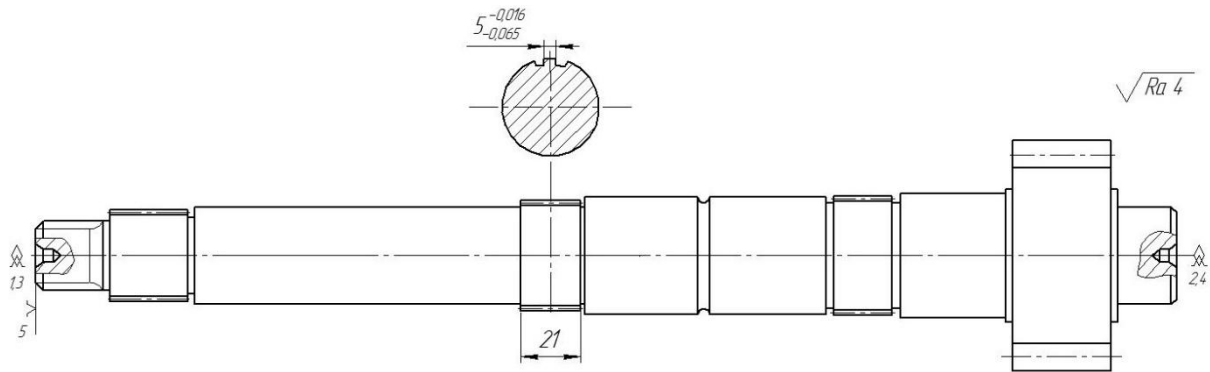


Рис. 2.9. Схема встановлення вала під час фрезерного оброблення шліців.

Операція 045 – Термічна обробка (гартування), 5130.

Для підвищення зносостійкості та зміцнення робочих поверхонь шліцьової ділянки проводять гартування. Заготівку нагрівають до температури аустенізації з подальшим охолодженням в масляному середовищі. Такий режим забезпечує утворення високотвердих структур, придатних до роботи під динамічними навантаженнями.

Операція 050 – Відпуск, 5140

Після гартування виконується низькотемпературний відпуск шліців. Нагрів поверхні високочастотними струмами (СВЧ) до температури 550 °C із наступним охолодженням на повітрі сприяє зняттю внутрішніх напружень та стабілізації структури матеріалу без значного зниження твердості.

Операція 055 – Шліфування (шліфувальний верстат 4130)

На завершальному етапі виконується високоточне шліфування шийки вала з дотриманням номінального діаметра $d = 31,7$ мм із негативним відхиленням – 0,062 мм, що забезпечує необхідний рівень чистоти поверхні, точності посадки та експлуатаційної надійності відновленої деталі.

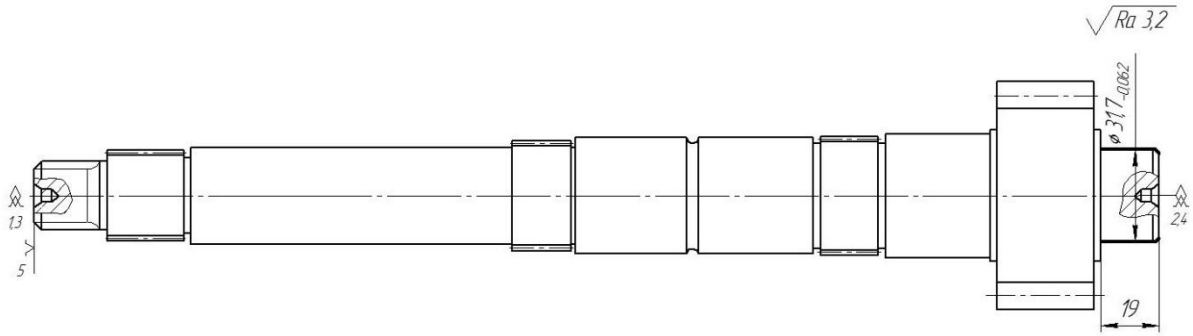


Рис. 2.10. Схема закріплення вала під час шліфування опорної шийки.

Операція 060 – Залізнення (7144)

Для компенсації втрат матеріалу в результаті зносу та попередніх механічних і термічних впливів виконується наросування металу на поверхні шийки вала методом залізнення. Після нанесення шару заліза забезпечується досягнення діаметра $d = 32,4$ мм із допусковим відхиленням $+0,2$ мм, що створює необхідний припуск для подальшого шліфування.

Операція 065 – Шліфувальна обробка (верстат 4130).

На заключному етапі відновлення шліцьової ділянки здійснюється прецизійне шліфування зовнішньої поверхні шліців до номінального розміру $d = 36$ мм із мінусним полем допуску $-0,039$ мм. Така точність геометричних параметрів забезпечує правильне спряження з маточиною та надійну передачу крутильного моменту без концентрації напружень і передчасного зносу.

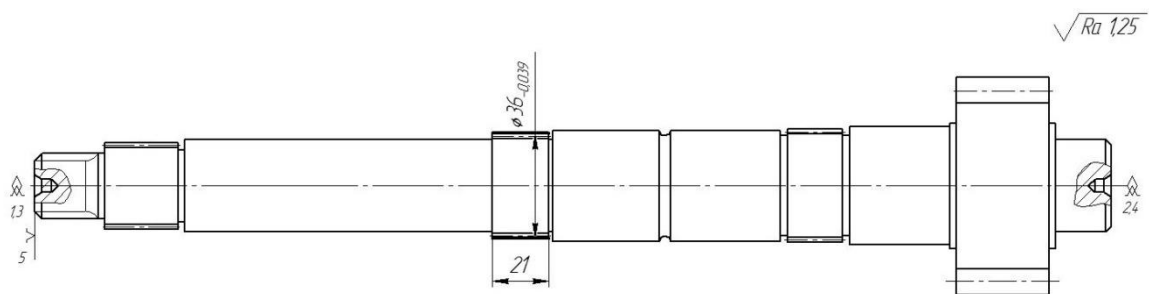


Рис. 2.11. Схема орієнтування вала при шліфуванні зовнішньої поверхні шліцьової частини.

Операція 070 – Шліфувальна обробка (верстат 4130)

Виконується попереднє шліфування шийки вала для досягнення встановленої геометричної точності перед завершальним чистовим переходом. У процесі обробки необхідно забезпечити розмір $d = 32,1$ мм із мінусним

допуском $-0,039$ мм, що формує оптимальний припуск на наступні операції та гарантує співвісність із сусідніми технологічно важливими поверхнями.

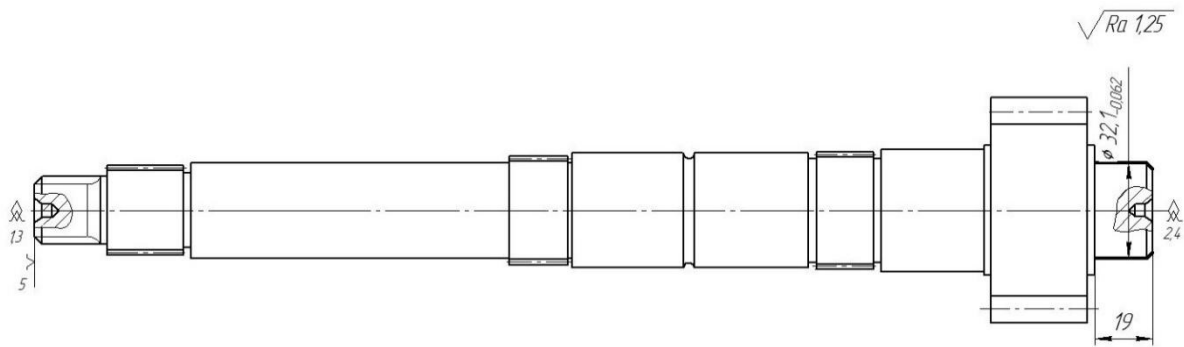


Рис. 2.12. Схема базування вала під час остаточного шліфування опорної шийки.

Операція 075 – Шліфувальна обробка (верстат 4130)

На завершальному етапі відновлення здійснюється чистове шліфування опорної шийки вала. Під час виконання операції забезпечується досягнення кінцевого розміру $d = 32$ мм із допусковим відхиленням $-0,017$ мм, що гарантує високу точність посадки та необхідний рівень чистоти поверхні.

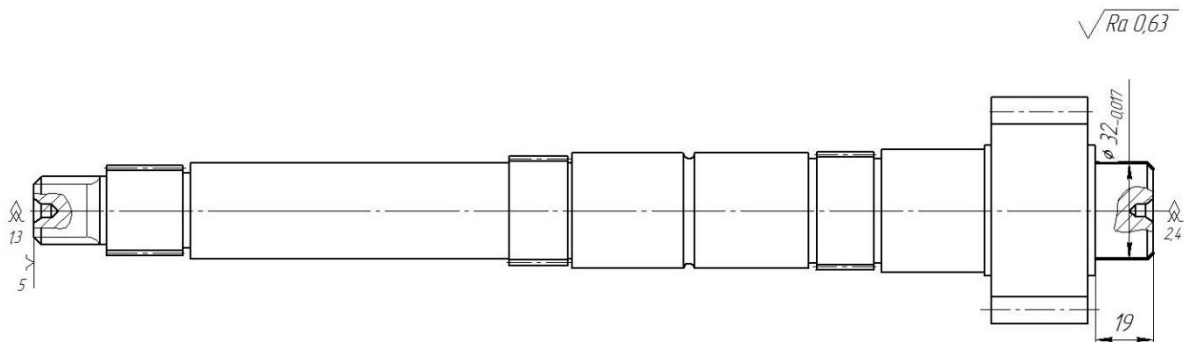


Рис. 2.13Схема встановлення вала при контрольному шліфуванні опорної шийки.

2.5 Вибір обладнання та технологічного оснащення

Для реалізації технологічного маршруту відновлення вторинного вала КПП проведено підбір обладнання та допоміжних пристроїв, що забезпечують необхідну точність і якість обробки.

Операція 005 – Токарна обробка (верстат 4110)

Технологічне оснащення:

універсальний токарно-гвинторізний верстат 16K20, призначений для обробки циліндричних і конічних поверхонь;

трикулачковий самоцентрувальний патрон для надійного закріплення заготовки;

нерухомий люнет для підтримки вала при обробці довгих елементів;

розточувальний різець T15K6 відповідно до вимог ГОСТ 18883-73.

Операція 010 – Токарна обробка (верстат 4110)

Застосовується наступне оснащення:

верстат 16K20 як основне обладнання для обточування;

повідковий патрон для передачі обертання через центр;

обертовий задній центр для зменшення тертя в зоні опори;

прохідний упорний різець T15K6 для формоутворюючих поверхонь;

вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 для оперативного контролю розмірів.

Операція 015 – Слюсарні роботи (дільниця 0190)

Інструментальне оснащення:

слюсарний верстак для ручних операцій підготовчого характеру;

спеціальне пристосування для фіксації деталі під час намотування дроту;

легована сталевая зварювальна проволочка Св-09Г2;

комплект стандартного слюсарного інструменту (плоскогубці, молоток, напилки тощо).

Операція 020 – Зварювання (обладнання 9100)

Для виконання електроконтактного приварювання дроту застосовується спеціалізоване обладнання та контрольні інструменти:

установка для електроконтактного зварювання ОКС-011-02 «Ремдеталь»;

калібр різьбовий M24×1-6g для контролю післяопераційних параметрів;

зварювальний дріт Св-09Г2 як присадковий матеріал при фіксації намотаного шару.

Операція 025 – Наплавлення (верстат 9300)

Технологічне оснащення для відновлення зовнішнього шару під шліцьове з'єднання:

вібродуговий наплавлювальний верстат У-651;

повідковий патрон для забезпечення передачі крутного моменту при базуванні;

обертовий задній центр для опори довгомірної деталі;

вимірювальний інструмент: штангенциркуль ЩЦ-1-125-0,1;

наплавний дріт НП-40, що забезпечує міцність і добре поєднується з основним матеріалом;

флюс АНК-18 для стабілізації дуги та захисту металу від окиснення;

спеціальне пристосування для жорсткого закріплення і точного базування заготовки.

Операція 030 – Токарна обробка (верстат 4110)

Використовується наступне обладнання та інструмент:

токарно-гвинторізний верстат 16К20 як основний робочий комплекс;

токарний повідковий патрон для базування з передачею моменту;

задній обертовий центр для точної фіксації осі вала;

прохідний відігнутий різець Т15К6 для формування циліндричних поверхонь;

різбовий різець з твердосплавними пластинами Т15К6 для нарізання метричної різьби;

канавковий різець Р6М5 для виконання проточок;

різбовий калібр для підтвердження відповідності отриманого профілю стандартам.

Операція 035 – Токарна обробка (верстат 4110)

Для чистового точіння поверхні під шліцьову ділянку застосовується таке технологічне оснащення:

токарно-гвинторізний верстат 16К20;

повідковий патрон для надійного центрування та передавання крутного моменту;

обертовий задній центр для забезпечення осьової стійкості довгомірної заготовки;

відігнутий прохідний різець для формування геометрії поверхні;

індикаторна скоба С1-50 – для оперативного контролю точності обробки за місцем.

Операція 040 – Фрезерування (верстат 4260)

Шліцьове фрезерування виконується на спеціалізованому обладнанні з використанням профільного ріжучого інструменту:

шліцефрезерний верстат 5350, здатний забезпечити високу точність профілю;

спеціальне пристосування для фіксації та стабільного базування вала;

черв'ячна чистова фреза з прямобічним профілем Р6М5 для формування шліцьових канавок;

комплект калібрів для контролю параметрів шліцьового з'єднання згідно з технічними нормами.

Операція 045 – Термічна обробка (гартування), установка 5130

Для підвищення експлуатаційної зносостійкості шліцьової частини:

високочастотна індукційна установка ЛГПЗ-60 для локального нагрівання до температури гартування;

гартівні щипці для швидкого перенесення деталі в середовище охолодження;

теплозахисні рукавиці для забезпечення безпеки виконавця при роботі з нагрітим металом.

Операція 050 – Відпуск (обладнання 5140)

Термічний обробний перехід виконується з використанням:

високочастотної індукційної установки ЛГПЗ-60 для локального нагрівання до температури відпуску;

гартівних щипців для маніпулювання деталлю;

теплозахисних рукавиць для забезпечення безпеки оператора при роботі з нагрітим металом.

Відпуск стабілізує структуру сталі після гартування, запобігаючи виникненню внутрішніх напружень.

Операція 055 – Шліфування (верстат 4130)

Для прецизійного оброблення шийки використовується:

круглошліфувальний верстат 3У142, що забезпечує точність і чистоту поверхні;

повідковий патрон для передавання обертання;

обертовий верстатний центр для надійної осьової опори;
шліфувальний круг 24А 40Н СМ2 1 К5, підібраний під твердість поверхні після термообробки;

індикаторна скоба С1-50 для контролю відхилень у розмірі.

Операція 060 – Залізнення (установка 7144)

Оснащення, необхідне для нарощування металу:

установка для електролітичного витирання, що забезпечує рівномірне осадження шару заліза;

гальванічний розчин, підібраний відповідно до складу основного металу;
спеціальні пристосування для фіксації та забезпечення рівномірності наросту;

штангенциркуль ЩЦ-1-125-0,1 для проміжного контролю допустимих допусків.

Операція 065 – Шліфування (верстат 4130)

Використовуються:

круглошліфувальний верстат 3У142;
повідковий патрон і обертовий центр для стабільного базування вала;
шліфувальний круг 15А 40Н СТ1 6 К1, оптимальний для чистової обробки після залізнення;

індикаторна скоба С1-50 для контролю кінцевих геометричних параметрів.

Операція 070 – Шліфувальна обробка (верстат 4130)

Для попереднього доведення розмірів шийки використовується такий комплекс обладнання:

круглошліфувальний верстат 3У142 як основний засіб формоутворення;
повідковий патрон для стабільної передачі обертання на деталь;
обертовий верстатний центр для забезпечення співвісності;
шліфувальний круг 15А 40Н СТ1 6 К1, який дозволяє досягти необхідної точності квалітету на цьому етапі;

індикаторна скоба С1-50 для контролю лінійних розмірів і відхилень.

Операція 075 – Чистове шліфування (верстат 4130)

Заклучний шліфувальний перехід виконується з використанням:

круглошліфувального верстата 3У142 із підвищеною стабільністю обробки;

повідкового патрона та обертового центра для забезпечення точності базування;

шліфувального круга 24А 25Н СМ2 4 К1, що забезпечує мінімальну шорсткість і остаточну точність геометричної поверхні;

індикаторної скоби С1-50 для метрологічного контролю відповідності заданим допускам.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічна пропозиція

Відповідно до поставлених технічних вимог передбачено створення стенда для діагностування та випробувань коробок передач легкових автомобілів, що експлуатуються в умовах автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування. Як вихідний технічний прототип пропонується використати універсальний стенд для обкатування агрегатів трансмісії, що дає змогу адаптувати його конструкцію під специфічні вимоги діагностичних процедур.

Сучасні процеси технічного обслуговування та ремонтного відновлення автомобільної техніки неможливі без впровадження спеціального технологічного обладнання. Застосування таких засобів дає можливість підвищити якість виконання робіт, зменшити витрати часу на усунення несправностей і суттєво підвищити ефективність виробничих процесів на підприємствах сервісного обслуговування.

Серед усього комплексу робіт значну частку становлять операції технічної діагностики – орієнтовно 10–16 % загальної трудомісткості технічного обслуговування та поточного ремонту. Одним з ключових елементів діагностичного забезпечення є обладнання, яке дозволяє оперативно визначати технічний стан механізмів і вузлів трансмісії легкових автомобілів. Зважаючи на складність та відповідальність цих випробувань, у діагностичному процесі необхідне застосування високоточного та спеціалізованого оснащення, зокрема мотор-тестерів, пристроїв контролю виконавчих механізмів, діагностичних сканерів, імітаторів датчиків і спеціальних розрядників.

Удосконалений варіант стенда має низку переваг порівняно з прототипами, що застосовуються в сервісній практиці. Його конструкція відзначається технологічною простотою, доступною вартістю виготовлення та експлуатації, а також високою ремонтпридатністю. Завдяки малому власному масово-габаритному показнику забезпечується мобільність обладнання, що дає змогу оперативно змінювати його розташування відповідно до планувальних умов виробничих приміщень.

Функціональна схема станда передбачає наявність таких основних вузлів: несучої основи, просторової рами, електропривода, навантажувального механізму та системи керування. Узгоджена робота перелічених елементів забезпечує можливість проведення повного циклу випробувань трансмісійних агрегатів.

На рисунках 3.1–3.4 наведено приклади конструктивних рішень стендів для тестування та обкатування коробок передач. Універсальний стенд подібного типу доцільний для експлуатації на підприємствах, що обслуговують транспорт різних марок і самостійно здійснюють поточні або капітальні ремонтні операції. Його функціональні можливості дозволяють проводити контрольні випробування коробок передач легкових автомобілів у трьох характерних режимах роботи: запуск і обкатування на холодному маслі, прогрів без прикладення навантаження та перевірка під діючим навантажувальним моментом.



Рис. 3.1. Приклад універсального станда для обкатування коробок передач

Незважаючи на можливість використання існуючих рішень, технічне завдання передбачає створення обкатувального станда, у конструкції якого застосовуються махові маси. Це дозволить моделювати інерційні навантаження, що виникають у процесі реальної експлуатації трансмісійного агрегату.

З метою аналізу конструктивних рішень, доцільним є розгляд стендів подібного компонування, які вже отримали широке практичне застосування. Зокрема, одним із найбільш розповсюджених зразків є стенд для випробувань S-

6С, що забезпечує контроль технічного стану коробок передач легкових автомобілів у різних режимах роботи.

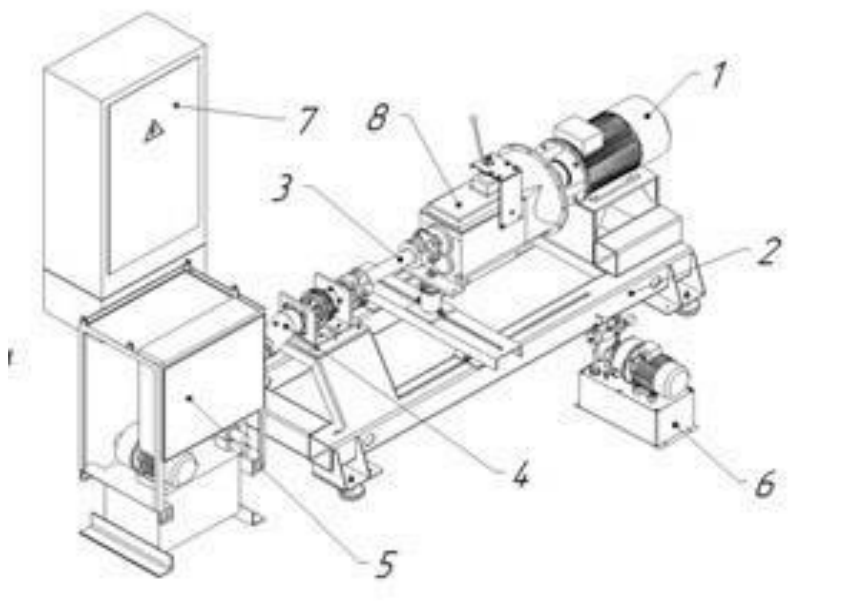


Рис. 3.2. Стенд моделі S-6С для діагностування коробок передач.



Рис. 3.3. Випробувальний стенд типу KS-02-W для контролю працездатності КПП.

Стенд, зображений на рисунку 3.2, не передбачає використання махових мас, що обмежує можливість його застосування для моделювання інерційних процесів, характерних для роботи трансмісійних агрегатів. Тому така компоновка не забезпечує виконання всіх вимог до модернізованого обкатувального стенда. Раціональним рішенням є адаптація передньої частини базового варіанта – електропривода разом із досліджуваною коробкою передач

– шляхом заміни карданного механізму на перехідну втулку зі шліцьовим внутрішнім зачепленням. Це не лише зменшує конструктивні габарити стенда, але й дозволяє знизити собівартість виготовлення, виключивши з конструкції карданний вал та його обслуговування.

Опорна структура стенда формується на основі металевої рами зі швелерного профілю, яка встановлюється стаціонарно на залізобетонне покриття, забезпечуючи необхідну жорсткість і вібростійкість конструкції під час роботи.

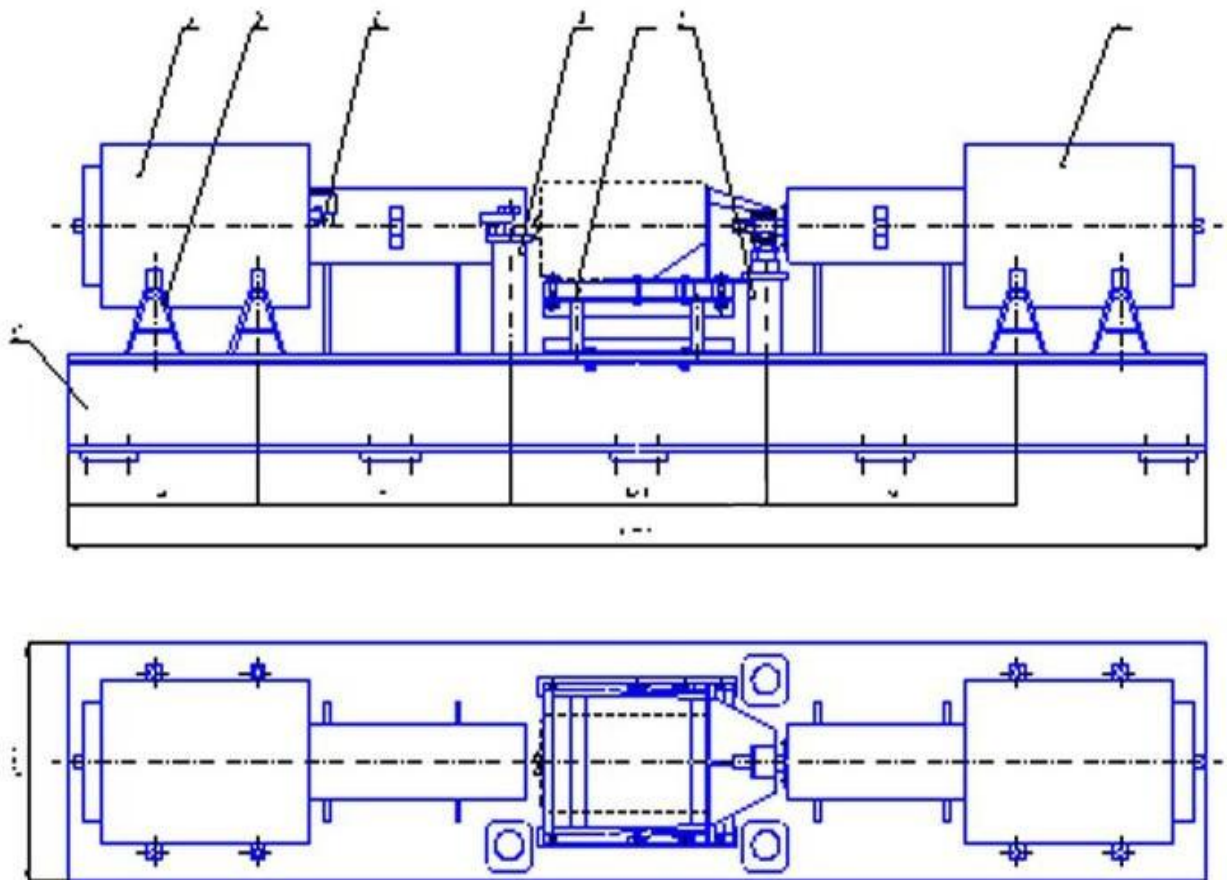


Рис. 3.4. Стенд SU8437A для перевірки технічного стану коробок передач.

Стенд для контролю технічного стану моделі KS-02-W. Під час експлуатації автомобільного транспорту виникає потреба у перевірці та підтвердженні працездатності функціонально важливих вузлів підвіски. Оскільки підвіска є складним механічним комплексом, її елементи повинні проходити попередні випробування, перш ніж будуть впроваджені у серійне виробництво або встановлені на транспортні засоби після ремонту. Це зумовлює необхідність застосування спеціалізованих випробувальних стендів, які дають

змогу оцінити реальні експлуатаційні навантаження та своєчасно виявити можливі дефекти.

На основі проведеного порівняльного аналізу конструктивних і функціональних характеристик наявних випробувальних стендів було побудовано циклограму, що дозволила визначити оптимальний напрям подальшої модернізації. Результати дослідження свідчать, що стенд для післяремонтної обкатки коробок передач типу KS-02-W має високий потенціал адаптації до умов проєктування, за умови оптимізації конструкції та зниження витрат на виготовлення.

3.2 Конструктивна концепція пристрою

Проеєтування нового стенда доцільно базувати на структурних принципах, реалізованих у моделі KS-02-W, водночас уникаючи надлишкової складності механізмів і використання дорогих компонентів. Такий підхід дає можливість забезпечити раціональне поєднання функціональності, надійності та економічної доцільності.

Для підвищення ефективності інженерної розробки, а також у рамках освітніх і науково-дослідних робіт рекомендується використовувати сучасні технічні джерела, патентні рішення та методичні матеріали, що висвітлюють питання конструкції та діагностики трансмісійних агрегатів.

Електропривод стенда необхідно живити від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В, що відповідає промисловим стандартам і забезпечує стабільність роботи приводного електродвигуна.

Запропонована компоновка стенда передбачає розташування усіх функціональних вузлів на жорсткій зварній основі, що забезпечує структурну міцність та стійкість обладнання під час проведення випробувань (рисунок 3.5).

На рамі 8 змонтовано приводний електродвигун 7, робота якого координується частотним перетворювачем 6. Останній забезпечує плавне регулювання частоти обертання валу в процесі імітації реальних експлуатаційних режимів коробки передач. Центральне розташування системи

керування сприяє покращенню оглядовості та спрощує доступ під час технічного супроводу.

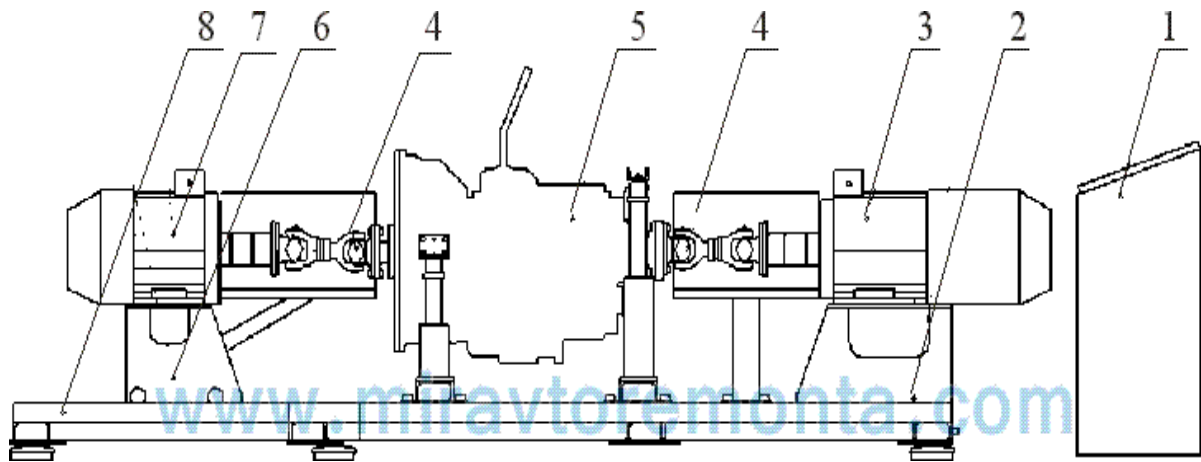


Рис3.5. Структурна схема випробувального стенда для обкатування коробок передач.

Коробка передач 5 закріплюється на спеціальному монтажному кронштейні таким чином, щоб забезпечити співвісність її валів з валом приводу. Інерційне навантаження формується за рахунок махових мас 3, які підключаються до вихідного вала агрегату через карданний вал 4, що створює динамічні умови, максимально наближені до умов роботи трансмісії в автомобілі.

Конструктивні рішення щодо вузлів приєднання. Вузол стикування КПП з приводним електродвигуном.

З'єднання вхідного валу коробки передач з валом електродвигуна здійснюється за допомогою адаптерного фланця зі шліцьовим профілем, конструктивно уніфікованого з профілем веденого диска зчеплення. Таке рішення забезпечує надійне та безлюфтове передавання обертового моменту.

Алгоритм встановлення коробки передач на стенд:

Вхідний вал коробки передач узгоджують зі шліцьовим гніздом адаптерного фланця.

Фланець жорстко фіксують болтовим з'єднанням на валу електродвигуна.

Корпус КПП центрують за монтажними шпильками захисного кожуха.

Після вирівнювання вузол остаточно закріплюють гайками, унеможливаючи зміщення під час роботи стенда.

У структурі навантажувального механізму важливу роль відіграє вузол з'єднання карданного вала з інерційними робочими масами (рисунок 3.6). Передача крутного моменту від вихідного валу коробки передач до махових мас здійснюється через перехідний фланець, що жорстко фіксується болтовим з'єднанням. Таке конструктивне рішення забезпечує надійність і стабільність роботи системи під час обертання на різних режимах випробувань.

Механізм з'єднання карданного вала з інерційним навантажувальним блоком функціонує таким чином: спочатку карданний вал монтується на шліцьовий вихідний вал коробки передач, після чого його кінець приєднується до адаптерного фланця, закріпленого на махових масах. Фіксація виконується болтовим з'єднанням, що забезпечує надійне передавання крутного моменту без проковзування та люфтів.

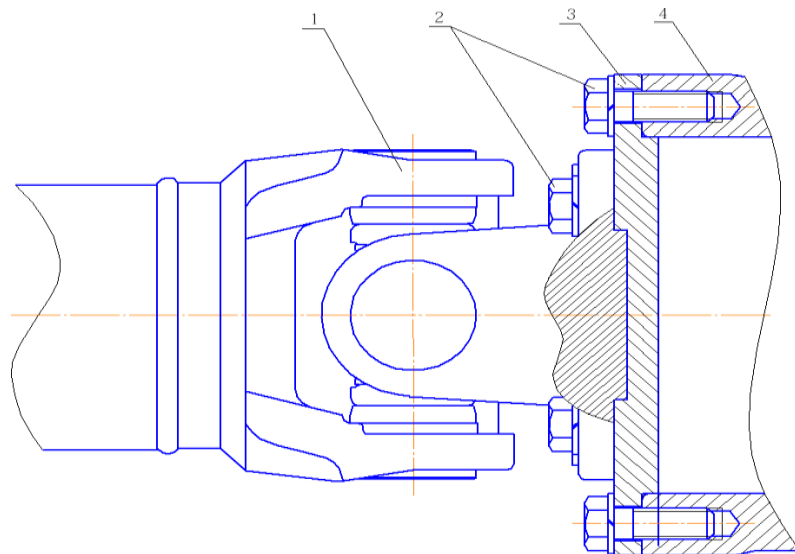


Рис. 3.6. Конструктивна схема вузла з'єднання карданного вала з маховими масами:

1 – карданний вал; 2 – болт кріплення; 3 – перехідний фланець; 4 – маточина махових мас.

Силова основа стенда являє собою зварну металоконструкцію, виготовлену зі сталевих швелерів, які забезпечують необхідний запас жорсткості та стійкості під час динамічних навантажень. На ній, поряд з досліджуваною коробкою передач, встановлюється частотний перетворювач, який дозволяє

плавно змінювати частоту обертання привідного двигуна, моделюючи різні режими роботи трансмісії. Як інерційний елемент доцільно застосувати серійний маховик.

Розрахункові параметри стенда визначаються з урахуванням його функціонального призначення – забезпечення приробітки та експлуатаційних випробувань коробок передач легкових автомобілів. У якості навантажувального елемента передбачено застосування інерційних мас у вигляді маховика, що дозволяє імітувати реальні динамічні умови роботи трансмісії. Робоча частота обертання при обкатуванні приймається на рівні 500 об/хв, що відповідає типовим технологічним регламентам щодо тестування агрегатів трансмісії.

Передача обертового моменту від електропривода до інерційного навантажувального вузла здійснюється карданним валом, конструкційну міцність якого необхідно підтвердити розрахунками. Вихідним фактором є номінальна потужність привідного електродвигуна – 3,5 кВт, обрана з огляду на вимоги щодо навантажувальної здатності редукторів, що проходять випробування на стенді.

Для забезпечення механічної надійності карданного приводу виконується визначення крутного моменту, який виникає на валу електродвигуна. Розрахунок здійснюється за аналітичною залежністю:

$$M = N / \omega, \quad (3.1)$$

де N – потужність електропривода, Вт;

ω – кутова швидкість обертання, рад/с.

$$\omega = 2\pi * n / 60 = 2 * 3,14 * 1460 / 60 = 152 \text{ рад/с,}$$

У навантажувальному вузлі стенда як інерційний елемент застосовуються маховики, що дає змогу відтворити динамічні навантаження, властиві роботі трансмісії в реальних умовах експлуатації. Таким чином, інженерний розрахунок навантажувального механізму передбачає визначення кількості маховиків та їх загальної маси, необхідної для створення заданого інерційного моменту.

Підбір параметрів інерційних мас здійснюється на основі енергетичного балансу системи: під час переходу від режиму приводу електродвигуном до

режиму роботи з маховими масами повинна зберігатися кінетична енергія, накопичена при розгоні.

$$E_{\Pi} = E_M,$$

де $E_{\Pi} = \frac{m \cdot n^2 \cdot R^2 \cdot i}{2}$ - Кінетична енергія, яка накопичується приводним електродвигуном;

m – приведена до обертального руху маса привідної системи, кг;

R – еквівалентний радіус обертання маси m , м;

n – частота обертання вала електродвигуна, с^{-1} ;

i – загальне передаточне число кінематичного ланцюга між електродвигуном і навантажувальним механізмом.

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots = 0,3 + 1,6 + 2,3 + 35 = 39,2 \text{ кг} \quad (3.2)$$

$m = m_1 + m_2 + m_3 + \dots$ – сумарна зведена маса всіх елементів привідної трансмісійної ланки, що беруть участь в обертальному русі – від вала електродвигуна до вихідного валу коробки передач, яка проходить випробування.

$$R = 185 \text{ мм} = 0,185 \text{ м}; n = 3000 \text{ об/хв}; i = 3,667.$$

Кінетична енергія, що накопичується інерційними маховими масами під час їх обертання

$$E_M = \frac{I \cdot n^2}{2} \quad (3.3)$$

I – сумарний момент інерції махових мас, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

$$I = I_M \cdot N, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (3.4)$$

I_M – момент інерції одного маховика, що використовується як інерційний елемент у навантажувальному пристрої стенда, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

N – кількість встановлених маховиків, шт.

Оскільки маховик у конструкції навантажувального пристрою виконаний у вигляді масивного циліндричного обода простої геометричної форми, його власний момент інерції I_M може бути визначений за аналітичною залежністю для твердого тіла такого типу:

$$I_M \approx G \cdot D^2 / 2,5, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (3.5)$$

Де G – маса маховика, кг; D – діаметр маховика, м.

$$G = 28 \text{ кг}; D = 370 \text{ мм} = 0,37 \text{ м.}$$

$$I_m \approx G \cdot D^2 / 2,5 = 25 \cdot 0,37^2 / 2,5 = 1,369 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (3.6)$$

Тоді кількість інерційних заготовок (маховиків) визначається з умови рівності запасів енергії в системі $E_p = E_m$, тобто:

$$\frac{m \cdot n^2 \cdot R^2 \cdot i}{2} = \frac{I \cdot n^2}{2}, \quad (3.7)$$

$$I = m \cdot R^2 \cdot i,$$

$$\text{Т.к.: } I = I_m \cdot N$$

Отримаємо:

$$N = m \cdot R^2 \cdot i / I_m = 39,2 \cdot 0,185^2 \cdot 3,667 / 1,369 = 3,59 \text{ шт.}$$

За результатами розрахунків встановлено, що для забезпечення необхідного інерційного навантаження у складі навантажувального механізму стенда доцільно застосувати чотири маховики. Така кількість інерційних елементів гарантує відтворення потрібного запасу кінетичної енергії при обкатуванні коробок передач та забезпечує стабільність навантажувальних режимів під час випробувань.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Результати досліджень

Чисельне моделювання проводили за умови, що колінчастий вал двигуна обертається зі швидкістю 800 об/хв, а в трансмісії задіяна друга передача. Саме при таких параметрах експлуатації у трансмісії зазвичай фіксують виражені коливні шумові прояви за часткових навантажень, відомі як явище «повзучого дзвону» (creep rattle). Вхідні дані щодо фізико-механічних властивостей деталей та реологічних характеристик мастильного матеріалу узагальнено у табл. 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1. Властивості мастильного матеріалу.

Показник	Значення
Мастильний матеріал	75W-90 ВО
Динамічна в'язкість при 20 °С	0,0115 Па·с
Густина (ρ)	1500 кг/м ³
Коефіцієнт тиско-в'язкісної залежності (α)	0,12 ГПа ⁻¹
Коефіцієнт температуро-в'язкісної залежності (β_0)	0,04 К ⁻¹
Питома теплоємність (C_p)	2,2 Дж/(кг·К)
Теплопровідність (k_t)	0,145 Вт/(м·К)

Таблиця 4.2. Матеріальні параметри.

Параметр	Значення
Композитна шорсткість поверхні (σ)	0,57 мкм
Параметр Грінвуда ($\zeta\kappa\sigma$)	0,055
Модуль пружності (E)	209 ГПа
Коефіцієнт Пуассона (ν)	0,33

Оскільки ведучі зубчасті колеса встановлені на вхідному валу КПП, саме він сприймає крутильні збурення, що генеруються двигуном, до яких додається усталена швидкість обертання 800 об/хв. Такі коливання були зафіксовані безпосередньо на автомобілі під час руху, після чого їх спектральну картину використано як кінематичний збуджувальний вплив у математичній моделі трансмісії. Тобто положення і швидкість обертання вхідного валу та ведучих шестерень задаються як відомі змінні у часі.

На рис. 4.1 подано частотний спектр отриманого сигналу. Аналіз спектрограми показує виражену присутність кратних гармонік порядку двигуна, причому домінуючою є друга гармоніка (2ω), що є характерною рисою рядних чотирициліндрових чотиритактних дизельних двигунів.

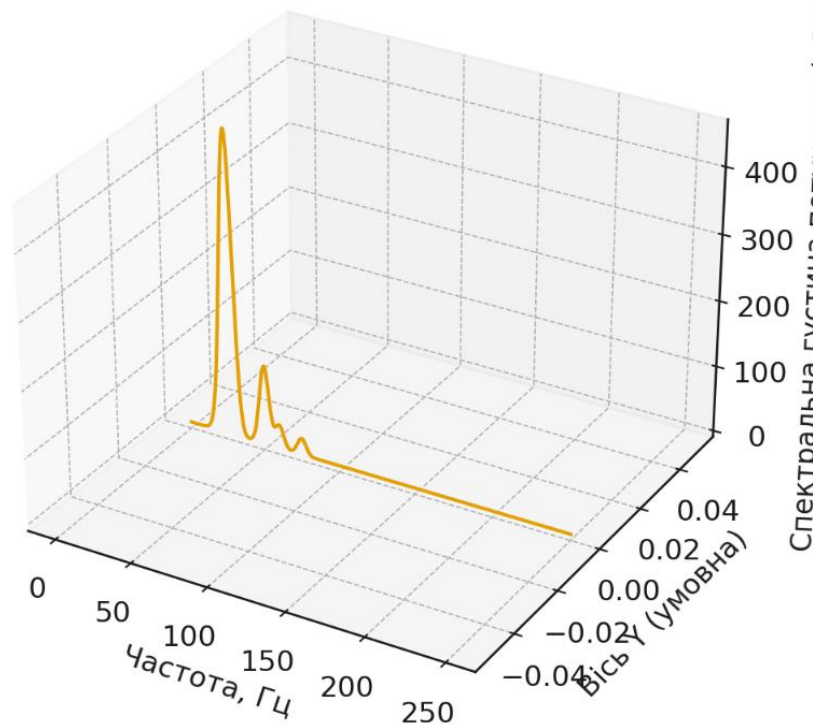


Рис. 4.1. Частотна характеристика кутових прискорень вхідного вала КПП.

Розв'язання системи рівнянь руху (4.1)–(4.4) здійснюється із застосуванням інтеграційної процедури, що базується на лінійній апроксимації прискорення впродовж кожного тимчасового кроку. Комплекс рівнянь, викладений у попередніх підрозділах, використовується для визначення миттєвих сил взаємодії у зоні контакту, з урахуванням кінематичних параметрів зачеплення, тискового навантаження та теплових проявів у мастильному проміжку.

$$(I_2 + I_{os})\ddot{\varphi}_2 = \sum_{k=1,n'} W_{2,k}R_{bw2} - \sum_{i=1,3,4,7} \sum_{j=1,n} F_{i,j}r_{xi,j} - \sum_{k=1,n'} F_{2,k}r_{x2,k} - T_{D2} \quad 4.1$$

$$I_i\ddot{\varphi}_i = \sum_{j=1,n'} W_{i,j}R_{bwi} - \sum_{j=1,n'} F_{i,j}r_{xi,j} - F_{pi}R_{bri} \quad 4.2$$

$$(I_1 + I_{PR})\ddot{\varphi}_1 = \sum_{j=1,n'} W_{1,j}R_{bw1} - \sum_{k=1,m'} W_{7,k}R_{bw7} - \sum_{j=1,n'} F_{1,j}r_{x1,j} - \sum_{k=1,m'} F_{7,k}r_{x7,k} - F_{p1}R_{bri1} \quad 4.3$$

$$I_7\ddot{\varphi}_7 = \sum_{k=1,m'} W_{7,k}R_{bw7} - \sum_{k=1,m'} F_{7,k}r_{x7,k} - F_{p7}R_{bri7} \quad 4.4$$

Спектральна діаграма на рис. 4.2 відображає характер зміни кутового прискорення для шестерні п'ятої передачі, що працює у режимі вільного обертання. Цей аналіз виконано за умов температури мастильного середовища 20 °С та гарантованого зазору між шестернею і опорним валом у 10 мкм. У низькочастотній області спектра домінують складові, пов'язані з порядком обертання двигуна, тоді як у вищому частотному діапазоні простежується перша частота зачеплення ($\Omega_5 = 464$ Гц) разом із набором її гармонічних складових.

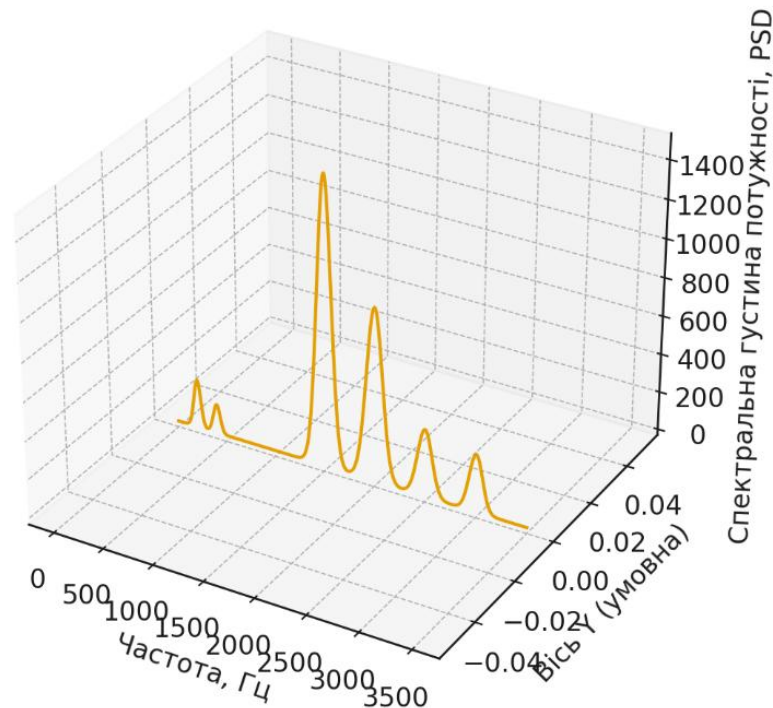


Рис. 4.2. Спектральний склад коливань прискорення вільно встановленої шестерні п'ятої передачі (температура мастила на вході 20 °С, гарантований боковий зазор 10 мкм).

Переважаюча третя гармоніка у спектральному розподілі свідчить про виникнення щонайменше трьох ударних взаємодій протягом одного циклу

входження зубців у зачеплення (див. рис. 4.3). Водночас така закономірність не є абсолютно регулярною – інколи фіксуються й інші варіанти поведінки, коли у спектрі з'являються дві, чотири або навіть п'ять пікових складових. Значний рівень енергії третіх гармонік підтверджує активний процес перетворення ударного імпульсу у кінетичну енергію елемента трансмісії, що зазнає переривчастого прискорення.



Рис. 4.3. Динаміка зміни ударних навантажень протягом послідовних циклів входження зубців у зачеплення (п'ята передача з розвантаженою шестернею, 20 °С, 10 мкм).

На рис. 4.4 подано результати моделювання для випадку, коли величина підшипникового зазору залишається незмінною, однак температура трансмісійного мастила підвищена до 60 °С. За цих умов інтенсивність третьої гармоніки частоти зачеплення помітно знижується, а в спектрі з'являється ширша частотна зона між $3\Omega_s$ і $4\Omega_s$. Замість упорядкованого процесу входження зубців у зачеплення, характерного для температури 20 °С, спостерігається суттєве зростання нерівномірності зміни ударних зусиль упродовж циклів контакту (див. рис. 4.5). Такі компоненти спектра є результатом взаємодії гармонік частоти обертання двигуна з гармоніками частоти зачеплення.

Підвищення температури мастила до 60 °С спричиняє зниження несної здатності мастильної плівки, що провокує частіший перехід від контакту до

мікророзділення поверхонь зубців під дією ударних навантажень. Водночас вплив гармонік частоти зачеплення на крутильні коливання вільної шестерні послаблюється. За умови постійного підшипникового зазору це свідчить також про зменшення опору мастильного середовища рухові шестерні (drag), яка через знижену в'язкість легше переходить до коливного режиму. Таким чином, нестабільні ударні процеси сприяють частковому перетворенню механічної енергії у повітряний шум.

3D спектр Фур'є кутових коливань (температура 60°C)

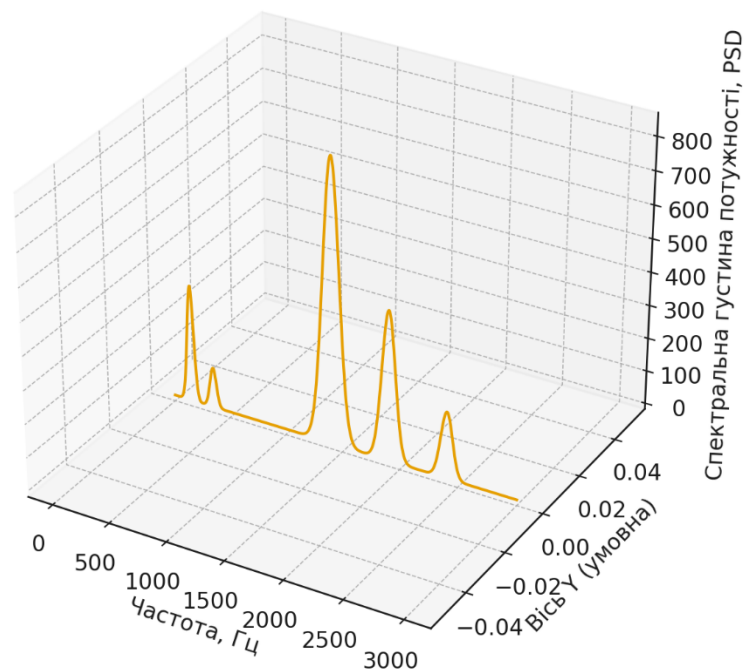


Рис. 4.4. Частотний спектр кутових прискорень вільно встановленої шестерні п'ятої передачі (температура мастильного середовища на вході 60 °C, боковий зазор 10 мкм).

Для остаточного підтвердження цієї гіпотези необхідні додаткові дослідження, що враховуватимуть внесок гідродинамічних шумів. Проте результати попередніх робіт та експериментальні вимірювання на транспортних засобах узгоджуються з тенденцією посилення явища «дзвону» трансмісії зі зростанням температури мастила, що побічно підтверджує отримані висновки.

Слід підкреслити, що гідродинамічна сила формується головним чином на стороні ведучих граней зубців. За надмірного підвищення температури може відбутися перехід контакту з робочої сторони зубця на протилежну (холосту), що

спричиняє подвійну ударну взаємодію. Такий критичний режим є актуальним об'єктом для подальшого поглибленого вивчення.



Рис. 4.5. Характер зміни ударного навантаження у послідовних циклах входження зубців у зачеплення (вільна шестерня п'ятої передачі, 60 °С, 10 мкм).

У попередніх підрозділах було проаналізовано поведінку лише однієї з розвантажених шестерень трансмісії, що працює в умовах гідродинамічного змащування. Водночас інші вільно встановлені колеса виявляють схожу закономірність, але ступінь їх схильності до прояву шуму типу «дзвону» варіює залежно від масо-інерційних характеристик конкретного елемента. У літературі існує поширена думка, що джерелом такого шумового ефекту є саме вільні шестерні. Проте їхні крутильні коливання безпосередньо залежать від взаємодії з навантаженою передавальною парою через вал трансмісії, що ускладнює динамічну картину.

Графік на рис. 4.6 відображає частотну характеристику шестеренної пари, яка перебуває у робочому зачепленні. Помірна амплітуда коливань на частоті зачеплення та її гармонічних складових вказує на суттєве зменшення вібраційної активності зубчастих коліс за умов підвищених контактних навантажень порівняно з вільними елементами. Така особливість пояснюється роботою

контактної зони у режимі еластогідродинамічного змащування: мастильна плівка, що практично не піддається стисненню, пригнічує циклічний процес зближення та віддалення поверхонь зубців, характерний для неробочих шестерень.

У частотному спектрі додатково виділяється ще одна важлива гармонійна складова – частота контактної взаємодії. Вона формується внаслідок перехідних процесів під час роботи зачеплення: від моменту початку контакту зубців, через етапи ковзання і перекочування, до їх відокремлення. Саме ця компонента виступає критичним джерелом кінематичного збудження, яке визначає динаміку переміщення шестерні як жорсткого тіла. Логічно припустити, що вона буде змінюватися при наявності похибок передавання руху, коливання швидкості або змін геометрії профілю зубців.

3D спектр Фур'є контактної частоти

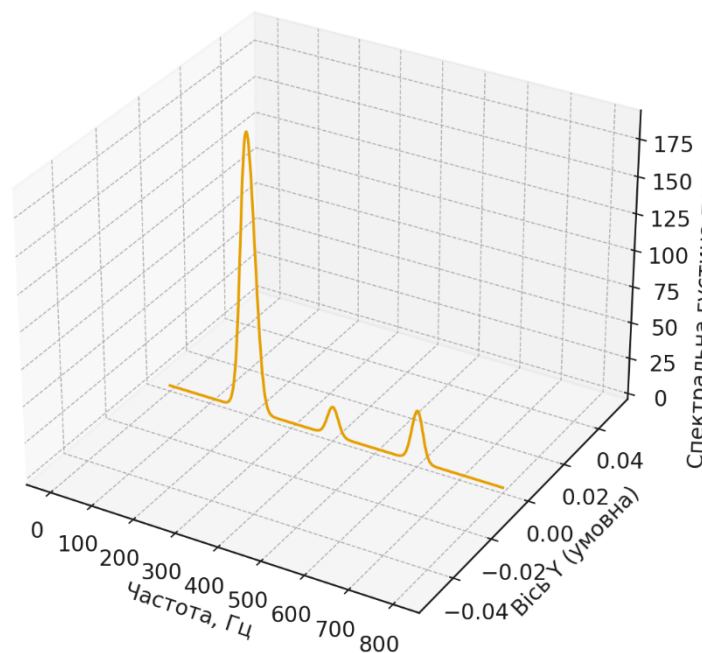


Рис. 4.6. Частотний спектр коливань ударних зусиль у контактній парі зубців навантаженої трансмісійної передачі, отриманий протягом одного циклу входження зубців у зачеплення.

Характер цієї частоти визначається жорсткістю мастильної плівки у режимі еластогідродинамічної взаємодії (EHL), що описується похідною $\partial W / \partial h$. Частота вважається перехідною, оскільки її величина залежить від умов змащування – швидкості підведення мастила, його в'язкості (тобто і

температури) тощо. Додатково слід враховувати, що реальні умови у зачепленні частіше відповідають змішаному режиму тертя, де важливу роль відіграє несуча здатність мікронерівностей поверхонь.

Під навантаженням, коли робочі зубці контактують у режимі ЕНЛ, товщина мастильної плівки практично не змінюється зі зміною навантаження, що повністю підтверджується результатами, відображеними на рис. 4.7. Ця стабільність є типовою для навантажених передач у змішаному або еластогідродинамічному режимах, навіть при суттєвому перерозподілі навантаження на різних фазах циклу зачеплення зубців.

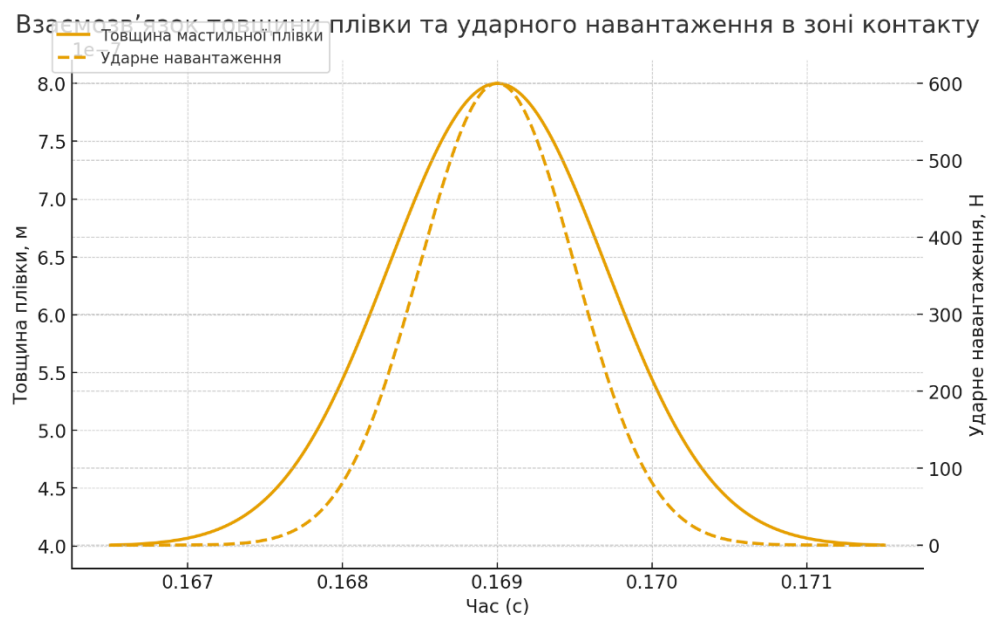


Рис. 4.7. Часові залежності зміни контактного навантаження та товщини мастильної плівки у зоні взаємодії зубців під час циклу зачеплення.

Натомість у незавантажених або мінімально навантажених контактах вільних шестерень реалізується гідродинамічний режим змащування, для якого характерні значні зміни жорсткості контакту $\partial W / \partial h$. У такому випадку спостерігається обернена залежність між товщиною плівки та навантаженням, що добре узгоджується з аналітичними результатами та графічними залежностями на рис. 4.8.

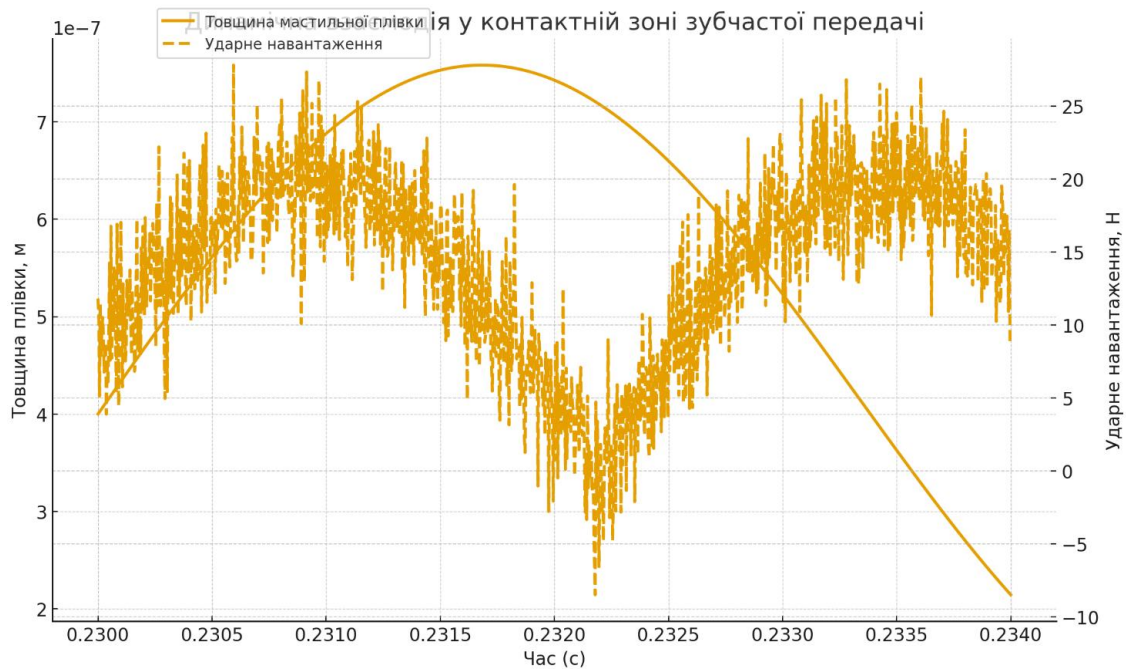


Рис. 4.8. Кореляція між мінімальною товщиною мастильної плівки та величиною контактного навантаження (вільна шестерня п'ятої передачі, температура мастила 20 °С, боковий зазор 10 мкм).

На рисунку 4.8. відображено динаміку мінімальної товщини мастильної плівки та ударних навантажень у зоні спряження вільної шестерні п'ятої передачі. На відміну від залежностей, поданих у рис. 4.7, спостерігаються істотні коливання жорсткості мастильної плівки, що визначається похідною $\partial W / \partial h$. У низці моментів чітко простежується характерна для гідродинамічного режиму обернена залежність між товщиною плівки та прикладеним навантаженням. Позиція А ілюструє режим слабкого навантаження, коли із зростанням контактних сил плівка стрімко втрачає свою товщину – це повністю узгоджується з даними діаграми Грінвуда (рис. 4.9). Натомість для точок В і С характерна складніша поведінка: попри майже рівні значення товщини плівки, контактне навантаження у точці С майже вдвічі перевищує навантаження у точці В. Така невідповідність пояснюється комплексним впливом температурних коливань, зміни в'язкісних властивостей оливи, ефекту витискання та локальної геометрії профілю зубців.

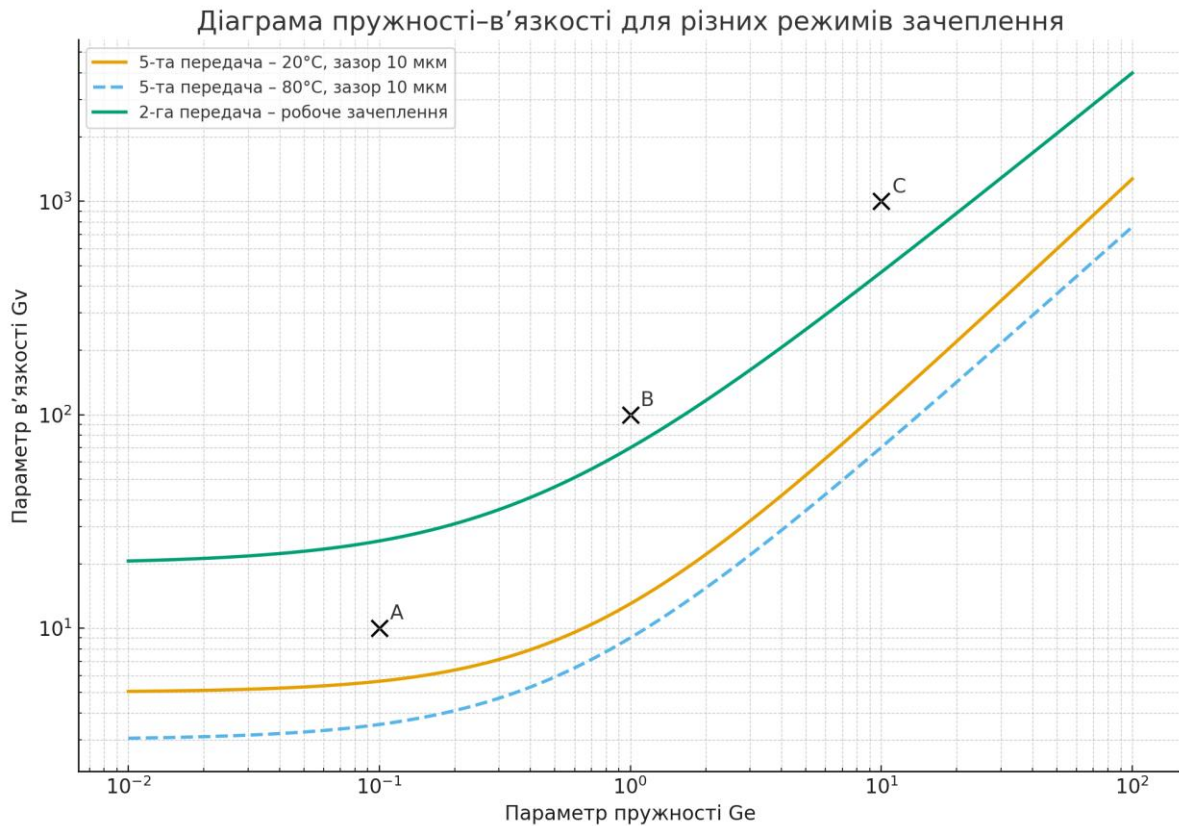


Рис. 4.9. Графічна залежність параметрів пружної та в'язкої складових контакту за діаграмою Грінвуда для різних режимів змащення зубчастої пари.

Зі зменшенням товщини плівки система демонструє тенденцію переходу до еластогідродинамічного режиму, що підтверджується відповідним положенням на діаграмі залежності параметрів пружності.

Принциповим є те, що жорсткість контактної зони не є постійною величиною, а безперервно змінюється протягом циклу зачеплення зубців (рис. 4.10). У результаті виникають додаткові примусові коливання, що є типовими для вільних шестерень, особливо за умов:

- підвищеної температури мастильної оливи,
- збільшення підшипникових або посадочних зазорів.

Таке явище є аналогічним до варіабельної жорсткості у підшипниках кочення за недостатнього попереднього натягу, коли чергування навантажених і розвантажених зон призводить до появи внутрішніх вібрацій.

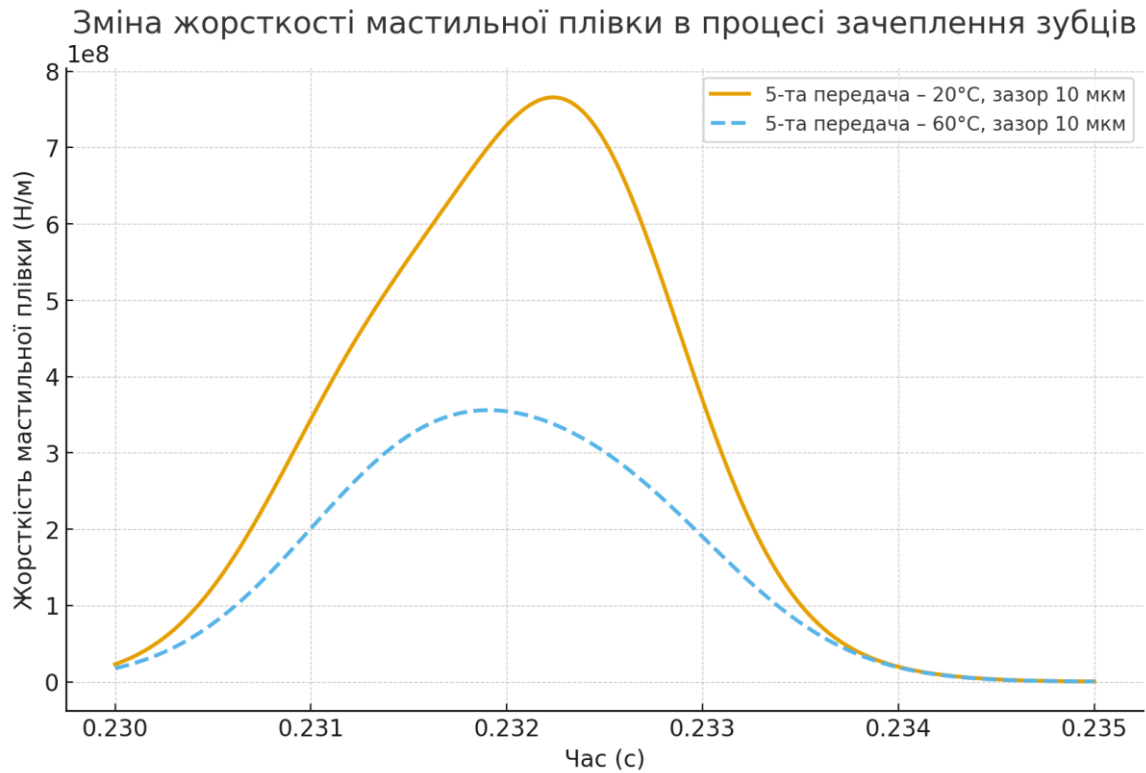


Рис. 4.10. Часовий профіль зміни жорсткості мастильної плівки ($\partial W/\partial h$) у процесі зачеплення зубців вільно встановленої шестерні п'ятої передачі.

Встановлено, що значення $\partial W/\partial h$ для вільної шестерні є на 1–2 порядки меншими порівняно з навантаженими контактами (особливо це помітно при більш високих температурах на рис. 4.10). Це свідчить про те, що мінімізація шумів типу “дзвін” може бути досягнута лише шляхом забезпечення умов, близьких до еластогідродинамічного режиму змащування. З інженерної точки зору, найефективнішим шляхом є підвищення моменту опору у sprzęженні «вільне колесо – вал», що сприяє стабілізації руху вільної шестерні.

У роботі наведено результати досліджень, проведених за умов виникнення шуму типу «повзучий дзвін», що відповідають режимам, реалізованим у виконаному нами моделюванні. Навантаження на трансмісію забезпечувалося за допомогою роликового динамометра. На рисунку 4.11 представлено частотний спектр коливань другого вихідного вала, отриманий за показами акселерометра, встановленого на опорному підшипнику. У спектрі чітко простежуються частоти, пов'язані із зубцевим зачепленням і їх гармоніками, а також компоненти, зумовлені коливаннями порядку двигуна. [16]

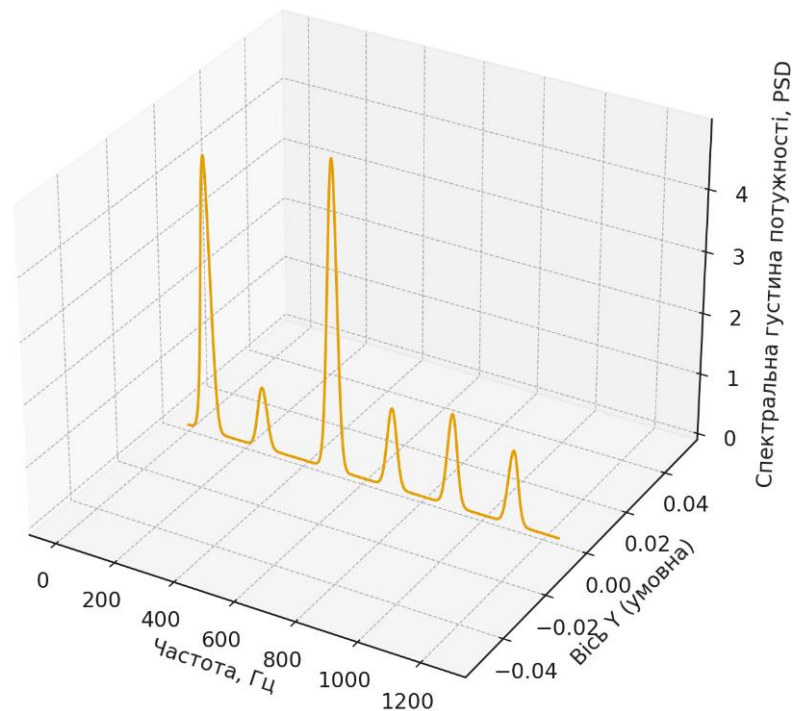


Рис. 4.11. Амплітудно-частотний спектр сигналу акселерометра, встановленого в зоні другого вихідного вала.

Значення частот зачеплення для кожної передачі разом із їх гармоніками, що відповідають відміченим на рис. 4.11 піковим зонам. Найпомітнішим є прояв другої гармоніки частоти зачеплення другої передачі ($2\Omega_2$), характерної для задіяної шестеренної пари – аналогічної гармоніки, отриманої при моделюванні ударних навантажень у вільних передачах. Окрім того, у дослідному спектрі виявлено частотні внески, притаманні вільній шестерні п'ятої передачі, що узгоджується з передбаченими моделлю коливаннями.

Отже, експериментально підтверджено не лише коректність числових прогнозів, а й з'ясовано шлях передавання динамічних збурень, зумовлених ударами у контакт зубців: від місця взаємодії шестерень через трансмісійні вали й підшипники – до корпусу коробки передач та далі в акустичне середовище. Низькочастотні компоненти спектра пов'язані з гармоніками порядку двигуна, зокрема із домінуванням 2ω і 4ω , що цілком характерно для чотирициліндрового чотиритактного двигуна.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Повітря робочої зони, вентиляція

Фізіологічні особливості у виробничому процесі людини. Діяльність людини – це форма активного ставлення до навколишнього світу. Взагалі діяльність складається з таких основних частин: мети, засобів, результату та процесу діяльності. Діяльність людини є рушійною силою суспільного прогресу існування суспільства.

Протягом історичного розвитку трудової діяльності людини можна назвати основні три стадії: ручна, механізована та автоматизована.

Більшість часу в історії існування людини (до XX століття) функції людини відносно техніки залишалися енергетичними, так як для керування технікою людина користувалась своєю мускульною силою. Така праця характеризувалася складними руховими процесами, що вимагали значних затрат фізичної сили, високої координації рухів, спритності. З розвитком нових видів техніки (початок XX століття) – двигуни, паровози, літаки та ін., необхідно було враховувати психологічні можливості людей (швидкість реакції, емоційний стан, особливість пам'яті та ін.), а з впровадженням автоматичних систем керування, механізації та автоматизації виробничих процесів виникла необхідність в операторській діяльності людини, яка супроводжується значними витратами нервово- емоційної та розумової енергії. Тому необхідно вивчити протікання психічних та фізіологічних процесів під час трудової діяльності людини, яку можна поділити на фізичну та розумову.

Так фізична діяльність визначається, в основному, роботою м'язів, до яких під час роботи людини посилено припливає кров, забезпечуючи надходження кисню та вилучення продуктів окиснення, що сприяє активній роботі серця та органів дихання, а також відбувається витрата енергії. Фізична робота за величиною загальних енерговитрат організму людини поділяється на легку, середньої важкості та важку.

Категорія Іа – роботи не потребують фізичного напруження і виконуються сидячи (професії сфери управління, годинникове виробництво та ін.).

Категорія Іб – роботи, які виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням, можливе фізичне напруження (контролер, майстер, механік та ін.).

Категорія Іа – роботи, що пов'язані з переміщенням дрібних предметів (до 1 кг), з постійним ходінням або в положенні стоячи, сидячи з невеликим фізичним напруженням (на складах, в залах, столових, магазинах, галантереях, парфюмерії та ін.).

Категорія Іб – роботи, які виконуються стоячи, або пов'язані з ходінням, переміщення вантажів (до 10 кг) з помірним фізичним напруженням (професії на машинобудівному заводі, на складах з невеликими вантажами предметів (до 10 кг) та ін.).

Категорія ІІІ – роботи, які пов'язані з постійними переміщеннями вантажів (понад 10 кг), потребують великих фізичних зусиль (професії з виконанням ручних операцій машинобудівних та металургійних заводів).

Якщо порівняти частоту серцевих скорочень і вентиляцію легень в стані спокою і в стані фізичного навантаження організму людини, то побачимо, що частота серцевих скорочень в стані спокою становить 65-70 скорочень за хвилину, під час фізичного навантаження – 150-170 скорочень за хвилину, а вентиляція легень в стані спокою 6-8 л/хв, під час фізичного навантаження – 10 л/хв.

Розглянемо розумову діяльність людини, яка визначається участю в трудовому процесі центральної нервової системи та органів чуття. Розумова робота може викликати:

- підвищення кров'яного тиску;
- зменшення кровопостачання кінцівок та черевної порожнини;
- збільшення кровопостачання мозку (у 8-10 разів порівняно зі станом спокою);
- уповільнення частоти серцевих скорочень;
- напруженість органів чуття (зростає в 5-10 разів);
- збільшені вимоги щодо рівнів шуму, вібрації, освітленості.

Поділ трудової діяльності на фізичну та розумову майже умовний, а якщо взяти до уваги розвиток науки, техніки, автоматизації та механізації трудових процесів, то межа між ними все більше згладжується. Головне, щоб не допустити

перевтоми людини, тому що при цьому можливі паталогічні зміни в організмі людини та розвиток захворювань ЦНС.

Гігієнічна класифікація праці. Гігієнічна класифікація необхідна для оцінки умов праці, яка проводиться згідно «Гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності чинників виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Виходячи з

принципів Гігієнічної Класифікації, умови праці розподіляються на 4 класи:

I клас – оптимальні умови праці: умови, при яких зберігається не тільки здоров'я працівника, а також створюються передумови для підтримування високого рівня працездатності;

II клас – допустимі умови праці: умови, за яких рівнями чинників виробничого середовища і трудового процесу, які не перевищують гігієнічні нормативи для робочих місць, а можливі зміни функціонального стану організму відновлюються за період відпочинку, або до початку наступної зміни, а також відсутній несприятливий вплив на стан здоров'я працівників і їх потомства в найближчому та віддаленому періоді;

III клас – шкідливі умови праці: умови, за яких мається наявність шкідливих виробничих чинників, що перевищують гігієнічні нормативи і можливі чинити несприятливий вплив на організм працівника та (або) його потомство;

IV клас – небезпечні (екстремальні) – такі умови, що характеризуються такими рівнями чинників виробничого середовища, вплив яких протягом робочої зміни (або неповної робочої зміни) створює високий ризик виникнення важких форм гострих професійних уражень, отруєнь та загрозу для життя працюючих.

Трудовий процес працюючих визначається показниками важкості та напруженості праці. Під терміном «важкість праці» розуміється ступінь залучення до роботи м'язів та фізіологічні витрати внаслідок фізичного навантаження. Сама напруженість праці відображає навантаження на центральну нервову систему (ЦНС), що характеризує емоційні навантаження, інтелектуальні, сенсорні, монотонність та режим праці.

Така оцінка конкретних умов та характеру праці сприятиме обґрунтованій розробці та впровадженню комплексних заходів і технічних засобів з профілактики виробничого травматизму та професійних захворювань, особливо за рахунок покращення параметрів виробничого середовища (мікроклімату, вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони, рівень шуму, вібрації, інфра- та ультразвуку, освітленості та ін.), зменшення напруженості та важкості трудового процесу.

5.2 Галузевий і територіальний моніторинг небезпечних факторів

Систематичне спостереження за потенційно небезпечними процесами є ключовим елементом прогнозування надзвичайних ситуацій як техногенного, так і природного походження. У цьому контексті важливу роль відіграють галузеві та територіальні системи моніторингу небезпек.

Галузевий моніторинг організовується в межах відповідальності центральних органів виконавчої влади згідно із сферами їх діяльності. Усі заходи такого моніторингу інтегровані в Державну систему моніторингу довкілля, яка функціонує як багаторівневий механізм збору, передавання, збереження та аналізу даних щодо стану навколишнього природного середовища, прогнозування можливих змін та формування науково обґрунтованих пропозицій для ухвалення управлінських рішень щодо запобігання екологічним загрозам і дотримання вимог екологічної безпеки.

Ця система є важливою частиною загальнодержавної інформаційної інфраструктури та узгоджена з міжнародними екологічними системами спостережень. Вона відкрита для взаємодії й орієнтована на:

- забезпечення екологічної безпеки населення,
- підтримання стабільного функціонування природних екосистем,
- недопущення критичних змін стану довкілля,
- превенцію надзвичайних екологічних ситуацій.

Функції галузевого моніторингу виконують уповноважені державні органи та їх територіальні підрозділи, зокрема:

ДСНС, ДАЗВ, Мінекономіки, Держлісагентство, Мінекоенерго, Держводагентство, Держгеокадастр, Мінрегіон, Держгеонадра, ДКА, а також підприємства, організації та установи. Вони діють у межах державних і регіональних програм природоохоронного спрямування та є складовою єдиної системи моніторингу небезпечних факторів.

Координація діяльності органів, що беруть участь у державній системі моніторингу довкілля, забезпечується міжвідомчою комісією з питань моніторингу довкілля, яка функціонує за галузевими напрямками. Її склад і регламент роботи визначаються постановами Кабінету Міністрів України. Комісія опрацьовує оперативні питання взаємодії учасників системи моніторингу й узгоджує заходи щодо оцінки та контролю екологічної безпеки.

Територіальний моніторинг небезпечних процесів організовується в межах конкретної адміністративно-територіальної одиниці (області, району, громади). До його реалізації залучаються регіональні структури центральних органів виконавчої влади, які беруть участь у галузевому моніторингу, а також місцеві формування та підрозділи цивільного захисту. Для узгодження їхніх дій рішенням керівника відповідної територіальної підсистеми ЄДС ЦЗ створюється регіональна система постійного моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій.

Моніторинг надзвичайних ситуацій передбачає безперервне спостереження і контроль параметрів, що характеризують стан захищеності населення, територій та навколишнього середовища, а також своєчасне виявлення загроз і тенденцій, які можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій.

Для забезпечення ефективного збору та аналізу інформації створюється мережа спостереження та лабораторного контролю (МСЛК) на рівні області, міста чи району. Основними функціями МСЛК є:

- проведення моніторингу стану довкілля;
- визначення рівнів радіаційного та хімічного забруднення;
- контроль безпечності питної води, продовольчої сировини, фуражу;
- виявлення небезпечних мікроорганізмів та інших біологічних чинників.

Отримані результати аналізуються і передаються до відповідних органів управління цивільного захисту для прийняття оперативних управлінських рішень.

МСЛК області формується як комплексна структура, що забезпечує лабораторний контроль та спостереження за параметрами безпеки довкілля і населення. До її складу входять:

1) Підсистема лабораторного контролю. Вона включає профільні установи епідеміологічного, епізоотичного, агрохімічного та гідрометеорологічного напрямів, розміщені на базі обласних, міських і районних закладів, а також аналітичні лабораторії об'єктового рівня. Лабораторії обласного рівня виконують функції головних щодо відповідних підрозділів у районах і містах: вони координують методичне забезпечення, здійснюють організацію та контроль проведення всіх видів лабораторних досліджень в межах області.

Методичний супровід діяльності цієї підсистеми покладається на органи санітарно-епідеміологічного нагляду. Лабораторні підрозділи міського та районного рівнів зосереджуються на виділенні небезпечних агентів і проведенні їх первинної ідентифікації, після чого відібрані зразки передаються до головних лабораторій для поглиблених досліджень.

2) Підсистема спостереження. До неї належать пости радіаційного й хімічного спостереження (ПРХС), а також диспетчерські служби суб'єктів господарювання, що забезпечують оперативний контроль за станом середовища.

Аналітичне опрацювання інформації здійснюється розрахунково-аналітичними групами (РАГ) міського та районного рівнів, які узагальнюють дані лабораторного контролю і спостереження, формують оперативні оцінки й прогнози можливого розвитку небезпечних ситуацій. Консолідована інформація з територій надходить до обласної РАГ, що функціонує в структурі регіонального центру моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій при управлінні цивільного захисту обласної державної адміністрації.

Під час моніторингу особлива увага приділяється потенційно небезпечним об'єктам, а також прилеглим до них територіям, і регіонам, де з географічних, техногенних або кліматичних причин існує підвищена ймовірність виникнення стихійних лих чи техногенних аварій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра на тему. «Проектування технічного обслуговування та відновлення вторинного вала коробки перемикання передач з дослідженням шумів» виконано комплексне дослідження технічного стану та розроблено раціональні інженерні рішення щодо підвищення ресурсу та надійності трансмісійного вузла автомобіля.

У ході виконання роботи отримані такі основні результати:

Проведено аналіз конструктивних особливостей, умов навантаження та характерних дефектів вторинного вала механічної коробки передач, що дозволило визначити основні чинники зносу та шумоутворення в трансмісії.

Обґрунтовано доцільність використання акустичних параметрів як інформативного критерію оцінки технічного стану елементів передач, що підвищує ефективність діагностики на етапі технічного обслуговування.

Розроблено технологію відновлення вторинного вала з урахуванням конкретних типів пошкоджень, визначено відповідні технологічні бази, режими обробки та методи контролю геометричних параметрів.

Сформовано технологічний маршрут виконання ремонтно-відновлювальних операцій, підібрано необхідне обладнання та оснащення, що забезпечують високу точність і якість відновлення поверхонь спряження.

Запропоновано конструкторські рішення щодо удосконалення процесу відновлення, зокрема створення спеціального пристрою для підвищення ефективності виконання технологічних операцій.

Виконано моделювання та експериментальні дослідження віброакустичних характеристик вузла, результати яких підтвердили взаємозв'язок між рівнем шумів та технічним станом вторинного вала, а також довели підвищення експлуатаційних характеристик після відновлення.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, що забезпечує відповідність запропонованих рішень вимогам нормативно-правових актів з промислової та техногенної безпеки.

Запропоновані у роботі технологічні та наукові рішення сприяють зниженню віброшумності трансмісії, підвищенню ресурсу та безвідмовності

вторинного вала, зменшенню витрат на обслуговування і ремонт, що забезпечує покращення техніко-економічних показників автомобіля в реальних умовах експлуатації. Отримані результати мають практичну цінність та можуть бути рекомендовані до впровадження на підприємствах технічного обслуговування та ремонту автотранспорту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
3. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
4. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
5. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
6. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
7. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
8. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.
9. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.
10. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.

11. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
12. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.
13. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. — К.: Либідь, 2016. — 400 с. 5. Ю.А.
14. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.
15. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2(21), 135-144.
16. An investigation of manual transmission drive rattle June 2010 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part K Journal of Multi-body Dynamics 224(2).
17. Конспект лекцій з дисципліни “Охорона праці в галузі” для студентів спеціальності “Автомобілі та автомобільне господарство” форми навчання / Укладач: Толок А.О., Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2016 - 42 с.
18. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. — Львів: Афіша, 2000. — 352 с.
19. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник / В.С. Стручок.— Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. — 156 с.
20. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108.
21. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.