

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу відновлення вторинного вала
№ Mt82 Tr 06 FORD 2113359 коробки перемикання передач

Виконав: студент 4 курсу, групи МАс-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Анатолій
МОРОЗОВСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Ростислав ПУКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Роман
РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Нормоконтроль

Зав. кафедри

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«23» січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Морозовського Анатолія Ігоровича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу відновлення вторинного вала № Mt82 Tr 06 FORD 2113359 коробки перемикання передач

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2025 року № 4/7-38

2. Термін подання студентом завершеної роботи 09 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення вторинного вала № Mt82 Tr 06 FORD 2113359 коробки перемикання передач

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Коробка перемикання передач – 1А1;

Загальна схема перемикання коробки перемикання передач – 1А1;

Стойка трансмісійна – 1А1;

Стенд для ремонту коробок переміни передач – 1А1;

Рама – 1А1;

Редуктор черв'ячний – 1А1;

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23.січня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	05.02.2025	
2	Технологічний розділ	02.06.2025	
3	Конструкторський розділ	29.05.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	16.06.2025	
5	Оформлення графічної частини	17.06.2025	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	25.06.2025	

Студент

(підпис)

Морозовський Анатолій Ігорович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рогатинський Роман Михайлович

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«23» січня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Пуки Ростислава Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу відновлення вторинного вала № Mt82 Tr 06 FORD 2113359 коробки перемикання передач

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2025 року № 4/7-38

2. Термін подання студентом завершеної роботи 09 червня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення вторинного вала № Mt82 Tr 06 FORD 2113359 коробки перемикання передач

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Знімач для розбирання КПП – 1А1;

Приспосіблення для перевірки синхронізаторів – 1А1;

Карта дефектів. Вторинний вал коробки перемикання передач – 1А1;

Операційні ескізи. Вторинний вал коробки перемикання передач – 1А1;

Пристосування для наплавлення – 1А1;

Стенд для випробування коробок перемикання передач – 1А1;

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23.січня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	05.02.2025	
2	Технологічний розділ	02.06.2025	
3	Конструкторський розділ	29.05.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	16.06.2025	
5	Оформлення графічної частини	17.06.2025	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	25.06.2025	

Студент

(підпис)

Пука Ростислав Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рогатинський Роман Михайлович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Удосконалення технологічного процесу відновлення вторинного вала № Mt82 Tr 06 FORD 2113359 коробки перемикач передат».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 100 сторінок формату А4 та 12 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: відновлення деталей, зношування шліців, термічне напilenня, механічна обробка, контроль твердості.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Аналітичний огляд конструкції коробки перемикачів передач.....	11
1.2 Технічна характеристика вторинного вала.....	14
1.3 Вимоги до технічних характеристик деталей.....	17
1.4 Аналіз типових дефектів деталі та їх картування.....	19
1.5 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	22
2.1 Обґрунтування вибору технології відновлення вторинного вала.....	22
2.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для відновлення.....	24
2.3 Технологічна послідовність відновлення окремих дефектів.....	26
2.4 Розробка технологічного маршруту відновлення вторинного вала.....	29
2.5 Обґрунтування вибору обладнання та технологічного оснащення.....	38
2.6 Розрахунок технологічних припусків.....	40
2.7 Визначення параметрів режиму різання.....	43
2.8 Розрахунок трудових нормативів часу.....	48
2.9 Розрахунок конструктивних елементів коробки передач.....	52
2.9.1 Аналітичне визначення параметрів зубчастих коліс.....	52
2.9.2 Розрахунок геометричних параметрів зубчастих передач коробки передач.....	55
2.9.3 Розрахунок первинного вала.....	60
2.10 Розрахунок вала на статичну міцність.....	64
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	67
3.1 Технічне завдання.....	67
3.2 Технічна пропозиція.....	75
3.3 Конструктивне виконання пристрою.....	79
3.4 Інструкція з експлуатації.....	84
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	86
4.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.....	86
4.2 Загальні положення з техніки безпеки при обслуговуванні	

	8
автотранспортних засобів на підприємстві.....	90
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	95
БІБЛІОГРАФІЯ.....	98
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту висувають високі вимоги до надійності, довговічності та ефективності роботи його механізмів, зокрема трансмісій. У структурі трансмісій механічна коробка перемикавання передач (КПП) займає ключове місце, оскільки забезпечує оптимальну передачу крутного моменту від двигуна до ведучих коліс відповідно до умов руху. Одним із найбільш навантажених елементів КПП є вторинний вал, який зазнає значних механічних та динамічних навантажень протягом усього терміну експлуатації. Його знос, зокрема в зоні підшипникових шийок, шліців або посадочних місць під шестерні, призводить до втрати працездатності вузла та необхідності заміни або відновлення.

В умовах підвищеної економічної доцільності та ресурсозбереження все більшої актуальності набуває використання ремонтних технологій з відновлення працездатності деталей трансмісії. Зокрема, технологічне відновлення вторинного вала дозволяє не лише знизити витрати на технічне обслуговування автотранспортних засобів, а й продовжити термін служби вузлів, що мають складну геометрію або виготовляються з дефіцитних матеріалів.

Удосконалення технологій ремонту та впровадження високоефективних методів відновлення, таких як наплавлення з подальшою механічною обробкою, електроосадження або використання сучасних зносостійких матеріалів, сприяє підвищенню надійності агрегатів трансмісії та зменшенню частоти їх виходу з ладу. Особливо важливо це для автотранспортних підприємств і сервісних центрів, що прагнуть мінімізувати простой техніки та забезпечити безперебійну експлуатацію автопарку.

Крім того, розвиток відновлювальних технологій позитивно впливає на екологічну складову, оскільки зменшується обсяг утилізації металевих відходів і скорочується потреба у виготовленні нових деталей, що потребує значних енергетичних і матеріальних витрат. Таким чином, модернізація технологічного процесу відновлення вторинного вала КПП відповідає вимогам сучасного технічного обслуговування, сприяє економії ресурсів і відповідає стратегічним

напрямам розвитку автомобільного сервісу. Об'єктом дослідження в роботі є вторинний вал № Mt82 Tr 06 FORD (код 2113359), який використовується в КПП автомобілів марки FORD. Метою роботи є удосконалення технологічного процесу його відновлення з урахуванням сучасних методів наплавлення, термообробки, механічної обробки та контролю якості. У межах дослідження розглянуто характерні дефекти вала, обґрунтовано вибір ремонтної технології, розроблено оновлений технологічний маршрут, що забезпечує відновлення геометричних і механічних параметрів відповідно до вимог технічної документації.

Виконання даної роботи має важливе прикладне значення для автосервісних підприємств, що займаються відновленням агрегатів трансмісії, і сприяє формуванню компетенцій бакалавра в галузі технічної експлуатації та ремонту автомобілів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналітичний огляд конструкції коробки перемикання передач

Коробка перемикання передач (КПП) є важливим елементом трансмісії автомобіля, призначеним для варіювання передавального числа між колінчастим валом двигуна і ведучими колесами, що забезпечує адаптацію крутного моменту до умов руху. Вона виконує функцію передачі потужності, зміни напрямку руху та забезпечує можливість від'єднання двигуна від трансмісії.

Конструкційно КПП складається з жорсткого корпусу, на якому встановлено основні функціональні елементи: первинний, вторинний та проміжний вали, блоки шестерень, синхронізатори, муфти зчеплення, елементи перемикання та механізми фіксації.

В залежності від кількості валів у конструкції, коробки перемикання класифікують на:

- двовальні;
- тривальні;
- чотиривалові;
- п'ятівальні.

З урахуванням розташування відносно кузова транспортного засобу, КПП можуть бути змонтовані:

- у моторному відсіку (під капотом);
- в середині салонного простору (під підлогою кабіни).

За принципом передачі зусилля на механізм перемикання передач КПП умовно поділяються на:

системи з безпосередньою передачею зусилля від важеля перемикання на вилки через жорстке з'єднання;

системи із дистанційним приводом, де зусилля передається від важеля через гнучкі троси або важелі на механізм перемикання.

Залежно від способу реалізації передачі крутного моменту коробки перемикання поділяються на:

звичайні зубчасті (прості);
 класичні механічні (із жорсткими шестернями);
 планетарні передачі;
 гідромеханічні агрегати, в яких поєднується гідравлічна та механічна трансмісія.

На зображенні представлено конструктивну схему вузла механічної коробки передач, що ілюструє просторове розміщення основних складових елементів та їх взаємодію.

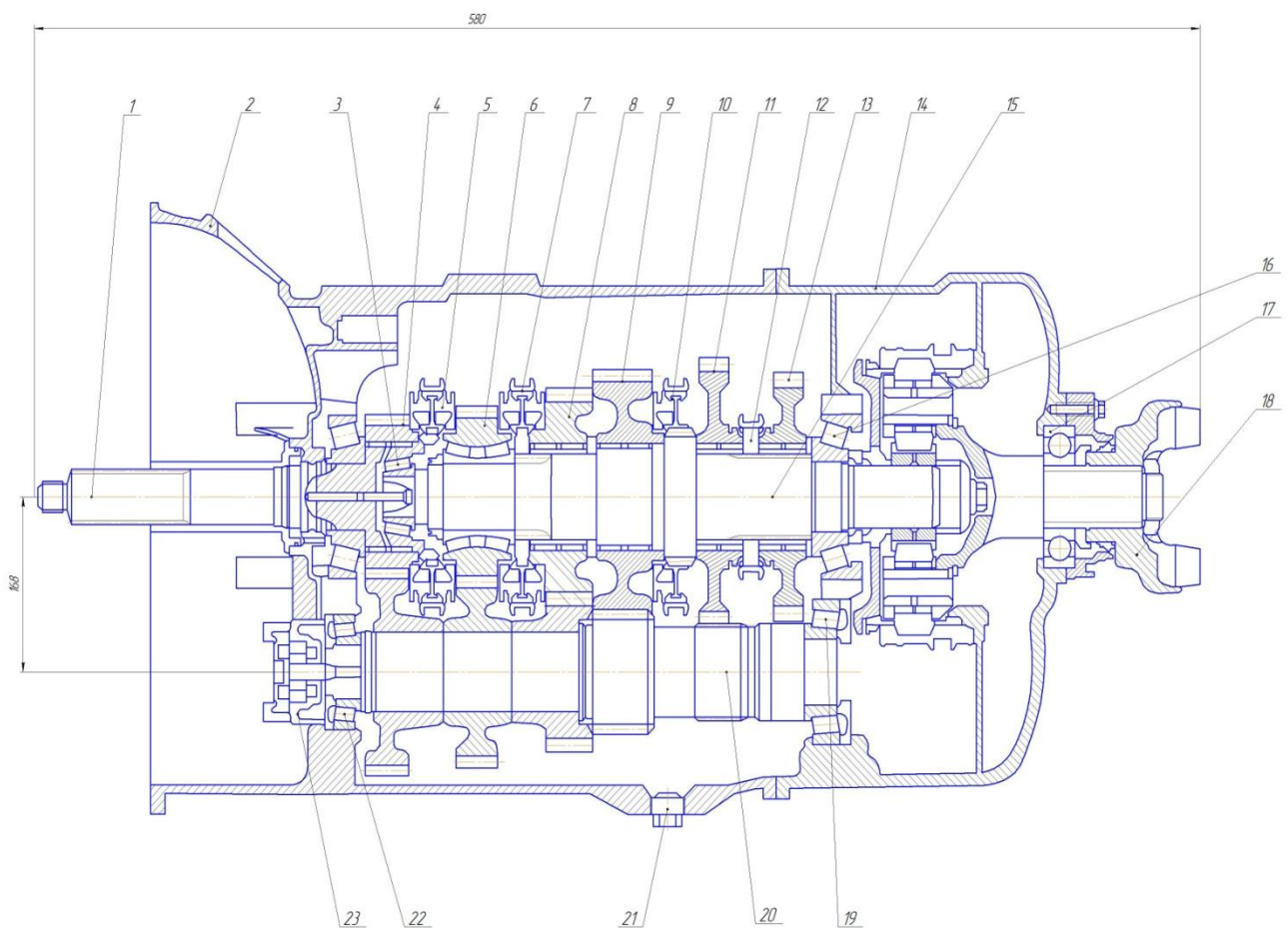


Рис. 1.1. Схематичне зображення конструкції механічної коробки перемикач передач автомобіля Ford Explorer:

1 – первинний вал, який передає крутний момент від двигуна до трансмісійного механізму; 2 – корпус коробки передач, що забезпечує базову жорсткість конструкції та захищає внутрішні вузли; 3 – підшипник роликового типу для підтримки обертання вала; 4 – привідна шестерня; 5, 7 – елементи керування: вилки перемикач передач; 6, 8, 9 – зубчасті колеса, що формують передачу з відповідним передаточним числом; 10, 12 – стабілізатори механізму, які

забезпечують фіксацію положень; 11, 13 – додаткові шестерні передач різних ступенів; 14 – задня кришка (торцева частина) корпусу КПП; 15 – вторинний вал, який передає обертовий момент до карданного валу або диференціала; 16, 19, 22 – роликові підшипники, що зменшують тертя між валом та корпусом; 17 – кульковий підшипник, що забезпечує радіально-осеву фіксацію вала; 18 – керувальна вилка приводу перемикачів; 20 – проміжний вал, що слугує для передачі крутного моменту між іншими валами; 21 – заливна пробка для подачі трансмісійної оливи; 23 – сальникове ущільнення, яке запобігає витіканню оливи з вузла.

На наведеній схемі показано компонування та взаємозв'язок основних елементів системи керування перемикачів передач, які розташовані в межах водійського простору салону.

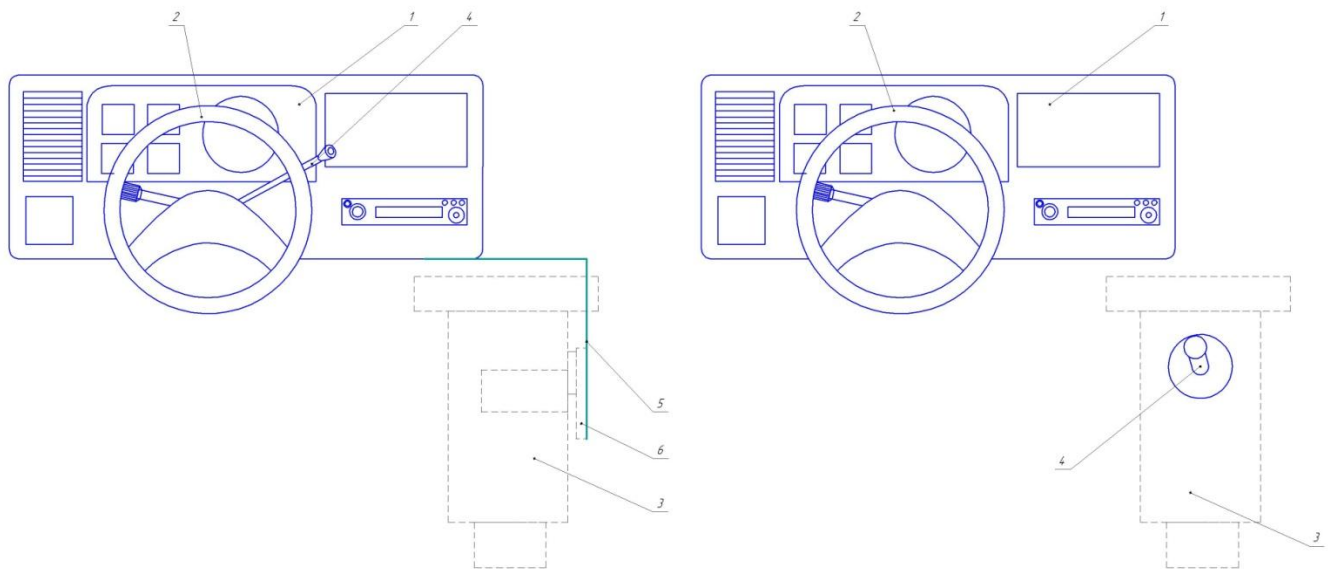


Рис. 1.2. Схематичне розташування елементів механізму керування коробкою передач у салоні автомобіля Ford Explorer:

1 – центральна консоль панелі приладів, яка об'єднує органи керування та інформаційні дисплеї водія; 2 – кермове колесо, що здійснює управління напрямком руху автомобіля; 3 – механізм коробки перемикачів передач (КПП), що забезпечує зміну передавального числа трансмісії; 4 – важіль (ручка) перемикачів передач, розташований у зручному для водія місці, слугує основним органом керування трансмісією; 5 – гнучкий трос керування, який передає зусилля від важеля до механізму перемикачів в КПП; 6 – важіль

проміжної передачі зусилля, що здійснює трансляцію руху троса до вилки перемикання, забезпечуючи точне й синхронне включення необхідної передачі.

Розташування важеля перемикання передач позаду рульової колонки є характерним для транспортних засобів, оснащених автоматичними коробками передач (АКПП) з трьома або чотирма діапазонами. Така конфігурація переважно застосовується в автомобілях з колісною формулою 4×4, де важливо забезпечити компактне компонування в зоні водія та зручність керування. У деяких випадках подібна схема може бути реалізована також у моделях із п'ятиступеневою механічною коробкою передач (МКПП) з колісною формулою 4×2, що спрощує конструкцію трансмісійного вузла.

Натомість розміщення важеля перемикання передач у центральному тунелі трансмісії є типовим для автомобілів з п'ятиступеневою МКПП і повним приводом (4×4). У таких конструкціях після основної коробки передач монтується роздавальна коробка, що забезпечує розподіл крутного моменту між передньою та задньою осями. Додатково виводиться окремий важіль керування роздавальною коробкою, розміщений з боку центральної консолі, що дозволяє оперативно перемикаєти режими приводу відповідно до дорожніх умов і режиму експлуатації.

1.2 Технічна характеристика вторинного вала

Вторинний вал коробки перемикання передач, що встановлюється в трансмісії автомобіля Ford Explorer (модель КПП Mt82 Tr 06, номер за каталогом FORD – 2113359), виготовляється зі сталі марки AISI 5140H відповідно до міжнародного стандарту ISO 297:198. За своїми механічними властивостями та хімічним складом дана сталь є еквівалентом легованої конструкційної сталі 40X, відомої ще з радянського періоду.

Конструктивно вал розміщується всередині механічної коробки перемикання передач і виконує функцію передачі крутного моменту від силового агрегату до привідного механізму трансмісії, а в подальшому – через карданну передачу до ведучих коліс повнопривідного транспортного засобу.

Для забезпечення необхідної зносостійкості й довговічності робочих поверхонь, опорні шийки та центруючі отвори вторинного вала піддаються високочастотній індукційній термічній обробці (гартування СВЧ) на глибину не менше ніж 0,68 мм. У результаті досягається твердість у межах 39...45 одиниць за шкалою HRC. Після гартування проводиться процес низькотемпературного відпускання, що дозволяє знизити внутрішні напруження й стабілізувати структуру металу без втрати необхідних механічних характеристик.

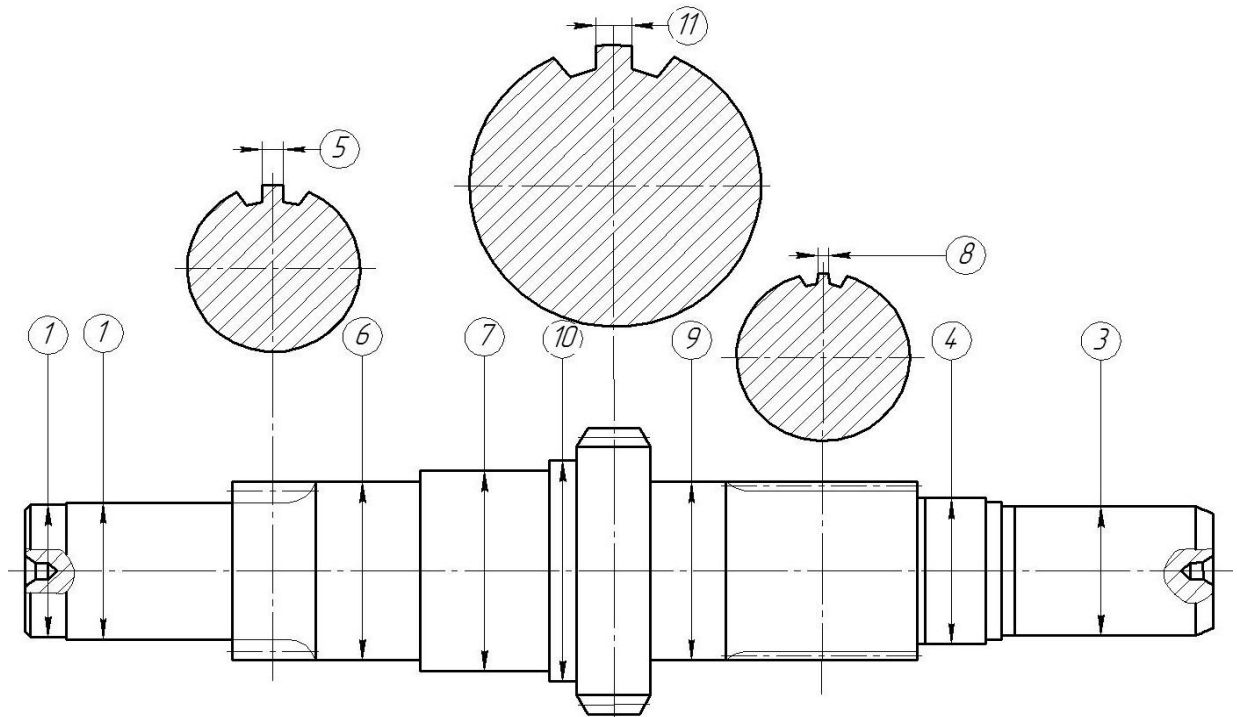


Рис.1.3. Вторинний вал коробки перемикання передач із типовими видами дефектів (деталь Mt82 Tr 06 FORD № 2113359).

На представленому зображенні схематично зображено вторинний вал механічної коробки передач моделі Mt82 Tr 06 FORD, у якому проілюстровано характерні дефекти, що можуть виникати в процесі експлуатації.

Конструктивно вал має сім опорних циліндричних шийок, призначених для встановлення шестерень. Вказані поверхні виготовляються з точністю 7 квалітету та мають шорсткість поверхні не більше $Ra = 1,25$ мкм. На торцях вала виконано два центруювальні отвори, які використовуються як базові елементи при виконанні технологічних операцій механічної обробки в процесі виготовлення.

На рисунку 1.3 наведено перелік можливих ушкоджень деталі. Відповідно до вихідного завдання, в досліджуваному випадку спостерігаються наступні дефекти:

- знос посадкової шийки під шестерню передачі №7;
- зменшення розмірів по ширині шліцьової частини (позиція 8);
- знос по висоті зубців шліців у зоні №11.

Основними факторами, що призводять до появи вказаних дефектів, є тривалий вплив змінних механічних навантажень та інтенсивне тертя між контактними поверхнями під час роботи агрегату. Перевищення допустимих навантажень або недостатній рівень змащення також можуть прискорити процес зношування елементів вала.

На основі аналізу конструкції та параметрів вторинного вала можна сформулювати такі техніко-технологічні висновки:

З огляду на високі вимоги до точності виконання опорних шийок і шліцьових поверхонь (клас точності – 6 квалітет), процес відновлення геометрії після наплавлення або іншого виду нарощування потребує реалізації щонайменше двоступеневого підходу, що включає попередню та завершальну обробку;

Відновлення форми та розмірів зношеної шийки доцільно виконувати методом шліфування. Це обумовлено високою твердістю матеріалу, отриманою після термічної обробки, та необхідністю досягнення високої точності й якості поверхні;

У якості базових елементів при виконанні ремонтно-відновлювальних операцій доцільно використовувати центрирувальні отвори, які також слугували технологічними базами при первинному виготовленні деталі;

Конфігурація вала та його технологічна сумісність з устаткуванням дозволяє застосовувати класичні методи механічної обробки, зокрема токарні, шліфувальні й доводочні операції.

З конструктивної точки зору досліджувана деталь класифікується як стрижнева круглої форми. Основні габаритні характеристики: довжина становить $388 \pm 0,03$ мм, номінальний діаметр – $65 \pm 0,01$ мм. Маса вала

становить 3,985 кг, що підтверджує його належність до деталей середньої вагової категорії трансмісійного призначення.

1.3 Вимоги до технічних характеристик деталі

У процесі експлуатації вторинного вала коробки перемикання передач до його технічного стану висуваються жорсткі вимоги, обумовлені як конструктивними особливостями, так і умовами дії навантажень у реальному режимі роботи трансмісії.

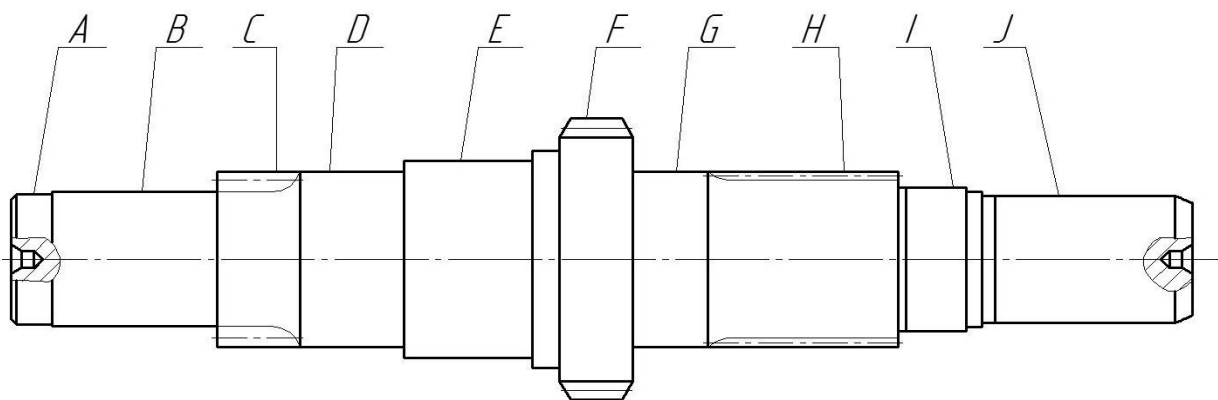


Рис. 1.4. Вторинний вал коробки перемикання передач моделі Mt82 Tr 06 FORD (каталожний номер 2113359).

У процесі відновлення вторинного вала механічної коробки перемикання передач необхідно дотримуватися низки критично важливих технічних параметрів, які забезпечують функціональну надійність та геометричну точність деталі в складі трансмісійного вузла. Вимоги до якості обробки мають бути витримані в межах встановлених нормативів:

Шорсткість поверхонь у зонах А, В, D, E, G, I, J повинна відповідати показнику $R_a = 1,25$ мкм, що забезпечує відповідний клас чистоти поверхні для ефективної взаємодії з посадковими та контактними елементами;

Граничне значення радіального биття поверхні D відносно осі, утвореної центрирувальними отворами, не повинно перевищувати 0,005 мм. Це гарантує динамічну збалансованість вала під час обертання;

Шорсткість центрирувальних отворів повинна бути не гіршою за $Ra = 1,25$ мкм, що дозволяє використовувати їх як надійні технологічні бази при подальшій обробці;

Допустима несоосність поверхонь A, D, E, F, G, I, J відносно базової осі обертання має не перевищувати 0,008 мм. Виконання цієї вимоги є критичним для запобігання перекосам і підвищеному зносу у вузлах сполучення.

Відомі автомобільні виробники, зокрема ті, що мають багаторічну історію розвитку, стабільну присутність на світовому ринку та конкурентні позиції серед інших учасників галузі, мають змогу інвестувати значні ресурси в удосконалення виробничих технологій. Завдяки цьому такі компанії, як Ford Motor Company, впроваджують сучасне високотехнологічне обладнання, що дозволяє досягати виняткової точності при виготовленні комплектуючих. Це, у свою чергу, забезпечує високу якість геометричних параметрів – зокрема, точність центрованості осей обертання та низьку шорсткість робочих поверхонь, що зазнають дії навантажень.

Завдяки цим інженерним рішенням деталі трансмісії й двигуна характеризуються тривалим ресурсом та високою експлуатаційною надійністю. Зокрема, автомобілі марки Ford Explorer зарекомендували себе як надійні транспортні засоби, що здатні витримувати суттєві динамічні та термічні навантаження. Багато двигунів, що використовуються у цих автомобілях, належать до категорії так званих «двигунів-мільйонників» – агрегатів, здатних працювати сотні тисяч кілометрів без капітального ремонту. Трансмісійні системи також демонструють високу живучість, зберігаючи працездатність навіть після незначного технічного втручання.

Популярність продукції Ford зумовлена не лише технічними перевагами нових моделей, а й високою ремонтпридатністю навіть автомобілів попередніх поколінь. Це стало можливим завдяки точній розробці конструктивних елементів і високому рівню їх взаємної сумісності. Варто зазначити, що в процесі ремонту та відновлення агрегатів слід суворо дотримуватися вимог, зазначених у відповідній технічній документації, зокрема в інструкціях з обслуговування й ремонту. Ці документи містять вичерпні технічні норми щодо

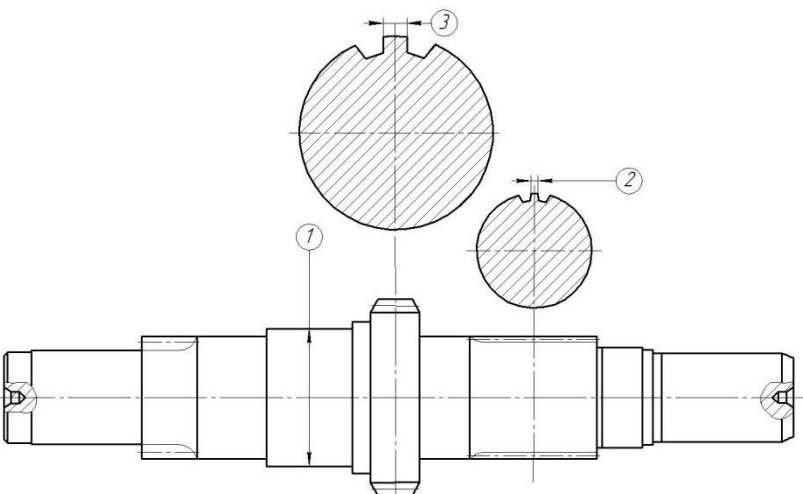
обробки поверхонь, вимірювань допусків, а також вимоги до проведення випробувань після відновлення.

Таким чином, довговічність і надійність автомобілів Ford забезпечується не лише якістю виготовлення, а й технологічною дисципліною при сервісному обслуговуванні, що дозволяє зберігати високі експлуатаційні характеристики протягом усього терміну служби.

1.4 Аналіз типових дефектів деталі та їх картування

У процесі експлуатації вторинного вала коробки перемикання передач виникають різні види дефектів, які обумовлені як впливом циклічних механічних навантажень, так і умовами змащення, температурними деформаціями та жорсткістю посадкових з'єднань. Для систематизації відомостей щодо пошкоджень виконується складання карти дефектів, яка відображає характер ушкоджень, їх локалізацію на поверхнях деталі, а також причини виникнення.

Таблиця 1.1. Зведена карта технічних вимог для діагностування дефектів вторинного вала механічної коробки перемикання передач.

Деталь (складальна одиниця): Вторинний вал коробки перемикання передач					
			№ деталі (складальної одиниці): Mt82 Tr 06 FORD 2113359		
			Матеріал: Сталь AISI 5140H ISO 297:198		
			Твердість: HRC ₃ 39...45		
Позиція на ескізі	Можливий дефект	Спосіб виявлення дефекту або засоби контролю	Розмір, мм		Висновок
			за робочим кресленням (номінальний)	допустимий без ремонту	

1	Знос шийки під шестерню	Скоба СРП 50	$45,0_{-0,026}$	44,95	Вібродугове наплавлення, хромування, залізнення.
2	Знос шліців по ширині	Скоба 3,285 мм або штангель зубомір	$3,285_{-0,08}$	3,22	Наплавлення під флюсом, наплавлення в CO ₂ .
3	Знос шліців по висоті	Скоба 5,90 мм. або штангель зубомір	$6_{-0,050}^{-0,013}$	5,90	Наплавлення під флюсом

1.5 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Розглянути різні методики ремонту вторинного вала та аргументувати доцільність обраного підходу з урахуванням виду дефекту, економічних та технологічних факторів. Обґрунтувати вибір поверхонь, що використовуються як технологічні бази під час обробки, з урахуванням геометричних параметрів і точності відновлення. Описати послідовність дій із відновлення конкретних пошкоджень вала із зазначенням методів контролю та необхідного обладнання. Структурувати етапи виконання відновлювальних операцій із зазначенням переходів, типу обладнання, інструментів та допоміжних засобів.

Здійснити обґрунтований підбір технічних засобів, що забезпечують виконання операцій з урахуванням вимог до точності, продуктивності та вартості. Розрахувати значення припусків для кожної технологічної операції на основі аналізу допустимих похибок та стану поверхонь до й після ремонту. Визначити оптимальні режими різання (швидкість, подача, глибина) відповідно до матеріалу обробки, типу інструменту та умов експлуатації. Розрахувати нормативи часу на виконання окремих технологічних переходів і підсумкову тривалість відновлення вала. Провести технічний аналіз елементів КПП, які

підлягають перевірці або модифікації в межах розробки. Виконати аналітичний розрахунок передавальних чисел, кількості зубів, модулів для забезпечення необхідної кінематики передачі. Розрахувати міжосьові відстані, геометрію зачеплення та визначальні параметри передачі. Здійснити розрахунок навантаження, визначити діаметри та критичні перерізи з урахуванням умови міцності. Розрахувати напруження, що виникають під дією сил, моментів та крутного навантаження, з урахуванням допустимих значень для матеріалу.

Скласти перелік вимог, обмежень та умов експлуатації для пристрою або інструмента, що конструюється. Сформувати технічну ідею майбутньої конструкції з поясненням основного принципу роботи та нововведень. Описати геометрію, матеріали, елементи конструкції пристрою та подати креслення або модель. Підготувати алгоритм дій для безпечного та ефективного використання пристрою в реальних умовах.

Описати специфіку заходів пожежної безпеки при ліквідації загорянь у діючих електроустановках, вибір засобів та порядок дій. Визначити основні вимоги до організації безпечної роботи на підприємствах, які обслуговують автотранспорт.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Обґрунтування вибору технології відновлення вторинного вала

В рамках розгляду питань відновлення працездатності вторинного вала коробки перемикання передач, який конструктивно належить до категорії круглих стрижневих деталей, необхідно здійснити обґрунтований вибір оптимального способу усунення виявлених дефектів. Зокрема, для дефекту №1 – знос опорної шийки під шестерню (номінальний діаметр $d = 45$ мм, граничне відхилення $-0,026$ мм, фактичне зменшення розміру – $0,06$ мм) розглядаються кілька можливих технологічних рішень.

До потенційно придатних способів відновлення даної ділянки належать:

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

Для забезпечення техніко-економічної доцільності вибору доцільно порівняти вказані методи за двома основними критеріями: коефіцієнтом довговічності (K_d) та коефіцієнтом техніко-економічної ефективності (K_e).

Згідно з даними джерел, значення коефіцієнта довговічності для кожного з варіантів є наступними:

вібродугове наплавлення – $K_d = 0,98$

хромування – $K_d = 1,72$

залізнення – $K_d = 0,91$

Усі перераховані способи гарантують забезпечення міжремонтного ресурсу не менше ніж 80% від ресурсу нової деталі, що відповідає нормативним вимогам з експлуатаційної придатності.

Показники техніко-економічної ефективності методів мають такі значення:

вібродугове наплавлення – $K_e = 0,256$

хромування – $K_e = 0,087$

залізнення – $K_e = 0,837$

З аналізу наведених даних випливає, що метод електрохімічного залізнення є найбільш доцільним у даному випадку, оскільки забезпечує оптимальне співвідношення витрат та досягнутого ефекту. Саме цей метод обрано як основний варіант для усунення зносу опорної шийки в межах технологічного маршруту відновлення вторинного вала КПП.

Дефект №2 – зношення шліцьової частини по ширині. (номінальний розмір $d = 3,285$ мм, допустиме відхилення $-0,08$ мм; фактичне зменшення розміру $-0,11$ мм).

У зв'язку зі зносом шліцьової частини по ширині виникає потреба у відновленні геометричних параметрів профілю, що забезпечує надійне з'єднання із спряженими елементами трансмісії. Для вирішення цього завдання розглядаються такі варіанти відновлення:

дугове наплавлення в середовищі захисного газу (CO_2);
наплавлення під шаром флюсу.

Для вибору оптимального способу проведено порівняльну оцінку за критеріями довговічності (K_d) та техніко-економічної ефективності (K_e).

Згідно з даними джерел, значення коефіцієнтів довговічності становлять:
наплавлення в CO_2 – $K_d = 0,63$;
вібродугове наплавлення – $K_d = 0,98$.

Обидва методи забезпечують ресурс експлуатації, що перевищує 80% від нормативного значення, тобто задовольняють вимоги до міжремонтного циклу.

Аналіз коефіцієнтів техніко-економічної ефективності показує:
наплавлення в CO_2 – $K_e = 0,403$;
вібродугове наплавлення – $K_e = 0,256$.

Таким чином, метод наплавлення в середовищі вуглекислого газу (CO_2) демонструє кращі показники з точки зору загальної ефективності: він поєднує задовільну довговічність і вищу економічну доцільність у порівнянні з альтернативними технологіями. Враховуючи наведені параметри, для усунення дефекту зношення шліцьової частини по ширині доцільно застосувати саме цей спосіб.

Дефект №3 – Зношення шліцьової частини по висоті. (фактична величина зносу становить $0,148$ мм).

Даний вид дефекту пов'язаний зі зменшенням висоти шліців, що призводить до зниження надійності з'єднання та передачі крутного моменту. Особливо критичним це є в умовах динамічного навантаження, коли зниження площі контакту між спряженими елементами викликає прослизання або ударне навантаження, що призводить до подальшого руйнування профілю.

Серед наявних технологій відновлення найбільш доцільним і технічно обґрунтованим варіантом усунення цього дефекту є наплавлення під флюсом. Цей метод дозволяє забезпечити:

формування металевих нашарувань з необхідною геометрією шліцевого профілю;

високу якість з'єднання наплавленого шару з основним металом;

збереження експлуатаційних характеристик деталі після остаточної механічної обробки.

Інші методи, такі як гальванічні чи газотермічні, у даному випадку не забезпечують належного відновлення об'єму та геометрії шліцевої частини. Таким чином, єдиним технічно доцільним способом усунення зносу по висоті шліців є наплавлення під флюсом з наступною механічною обробкою та контролем геометричних параметрів.

2.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для відновлення

У процесі відновлення геометрії центрирувальних отворів вторинного вала коробки перемикач передат автомобіля Ford Explorer ключовим етапом є правильний вибір технологічних баз, що визначає точність і якість подальшої обробки.

У якості основних базових поверхонь було прийнято циліндричну частину опорної шийки та торцеву поверхню деталі. Такий вибір дозволяє забезпечити надійне позиціонування вала при виконанні технологічних операцій з високим рівнем геометричної точності.

Закріплення деталі здійснюється у трикулачковому самоцентруючому патроні токарного верстата з фіксацією по торцю, що слугує опорною базою. Така схема встановлення забезпечує співвісність обертання оброблюваних

поверхонь із фактичною віссю деталі та дозволяє уникнути перекосів у процесі обробки.

Схематичне зображення обраної схеми базування та положення вала в патроні наведено на рисунках 2.1 та 2.2, де показано принцип розміщення деталі при виконанні операцій із відновлення та контролю центрів.

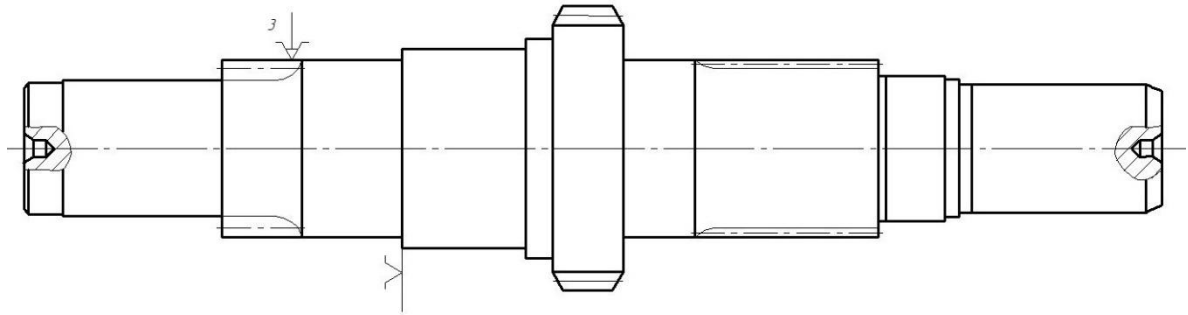


Рис. 2.1. Схема вторинного валу кпп FORD Explorer.

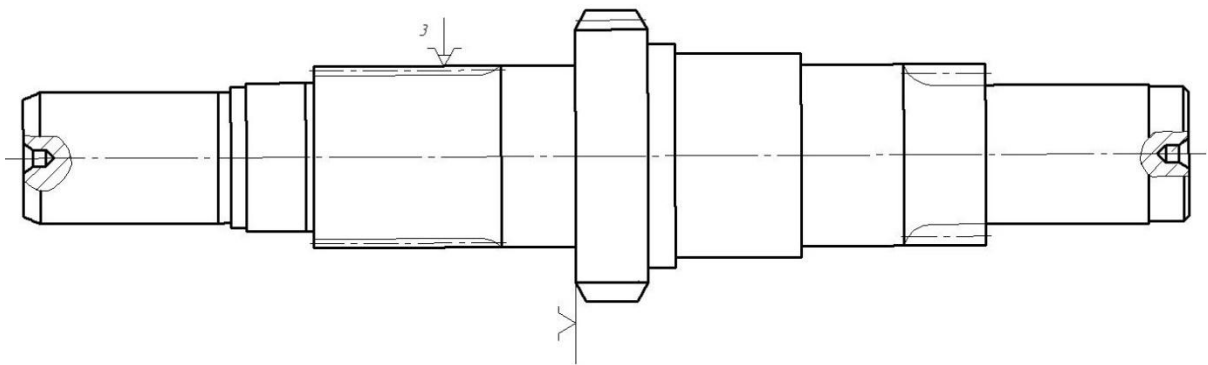


Рис. 2.2. Схема вторинного валу КПП FORD Explorer.

Під час виконання операцій шліфування опорних шийок вторинного вала в якості технологічних баз доцільно використовувати **центрирувальні отвори**, що забезпечують точне співвісне розташування деталі відносно осі обертання абразивного інструменту.

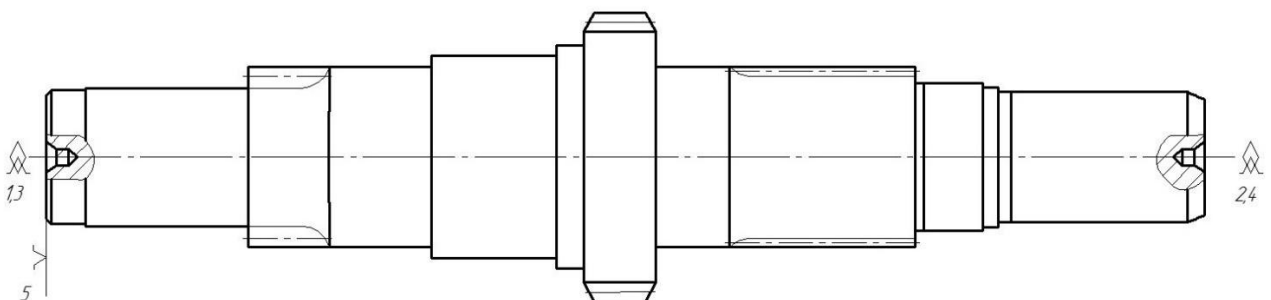


Рис. 2.3. Схема вторинного валу КПП FORD Explorer.

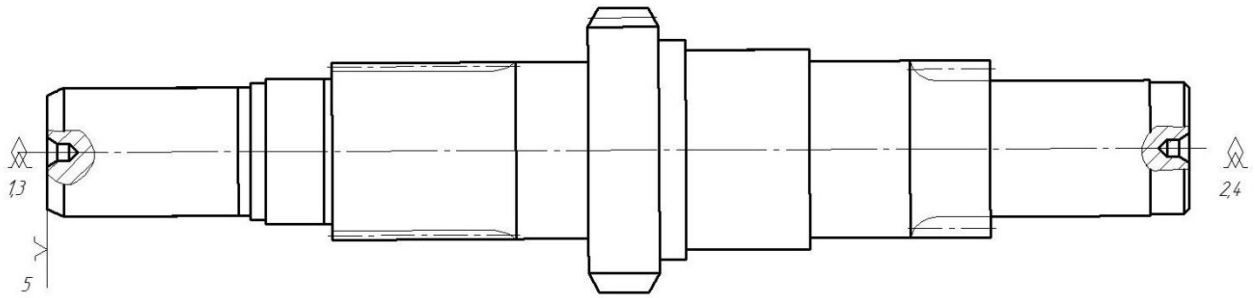


Рис. 2.4. Схема вторинного валу кпп FORD Explorer.

2.3 Технологічна послідовність відновлення окремих дефектів

У межах розроблення технологічного процесу відновлення вторинного валу коробки перемикання передач автомобіля Ford Explorer встановлено раціональну послідовність операцій для кожного з виявлених дефектів. Нижче наведено алгоритм дій для усунення дефекту №1 – знос шийки під посадку шестерні (номінальний діаметр $d = 45_{-0,026}$ мм, твердість після термообробки HRC_c 39...45).

Технологічний маршрут відновлення.

Токарна операція. Виконати обробку центрів із метою усунення слідів зношення. Центрові отвори обробляються "як чисто", щоб забезпечити їх придатність як технологічних баз для наступних операцій.

Попереднє шліфування. Провести шліфування зношеної шийки до діаметра $d = 44,7_{-0,058}$ мм, формуючи правильну геометрію під подальше нанесення наплавленого шару.

Нанесення металевого шару методом залізнення. Відновити металевий шар на шийці до припуску на фінішну обробку. Після залізнення діаметр має становити $d = 45,4_{+0,1}$ мм.

Шліфування чорнове. Виконати попереднє шліфування відновленої поверхні до проміжного розміру $d = 45,1_{-0,031}$ мм, забезпечуючи рівномірність шару та наближення до номінального розміру.

Шліфування чистове (остаточне). Фінішна обробка опорної шийки із досягненням остаточного розміру $d = 45_{-0,012}$ мм. Ця операція забезпечує необхідний клас точності та шорсткість відповідно до технічних вимог.

Такий технологічний маршрут гарантує відновлення функціональних параметрів деталі до рівня, що забезпечує подальшу безвідмовну експлуатацію в складі трансмісії.

Дефект №2 – Зношення шліцьової частини по ширині. (номінальний розмір $b = 3,285_{-0,08}$ мм, твердість поверхні HRC_e 39...45).

У процесі експлуатації вторинного вала КПП Ford Explorer знос шліцьової зони по ширині зумовлює порушення надійності з'єднання в шліцьовій парі, що веде до втрати передавальної здатності та накопичення люфтів. Для повноцінного відновлення геометрії й функціональних характеристик деталі розроблено наступну послідовність відновлювальних операцій.

Технологічна послідовність відновлення.

Токарна операція (I). Обробити центрирувальні отвори з метою усунення механічних пошкоджень і забезпечення точного базування деталі на подальших етапах обробки.

Токарна операція (II). Видалити залишки зношених шліців шляхом обточування до розміру $d = 38_{+0,062}$ мм, підготувавши поверхню для нанесення відновного шару.

Наплавлення. Виконати наплавлення металу на відповідну зону шліців із формуванням припуску для подальшої обробки. Після наплавлення діаметр повинен становити $d = 42_{+0,038}$ мм.

Слюсарна обробка. Механічно видалити окалину, бризки та напливи наплавленого металу, що утворилися під час процесу наплавлення.

Шліфувальна операція. Здійснити шліфування зовнішнього діаметра шліцьової частини до розміру $d = 40_{-0,011}$ мм, що забезпечує необхідну геометричну точність і якість поверхні.

Фрезерування шліців. Відновити профіль шліцьової частини шляхом фрезерування з дотриманням розміру по ширині $b = 3,285_{-0,08}$ мм, що відповідає вимогам стандарту та забезпечує надійне з'єднання з відповідною деталлю.

Запропонований маршрут забезпечує повне відновлення функціональних параметрів шліців та відновлює їх працездатність до рівня, необхідного для подальшої експлуатації агрегату.

Дефект №3 – Зношення шліцьової частини по висоті. (номінальний діаметр $d = \dots$, твердість HRC_e 39...45).

Зменшення висоти зубців шліців є критичним дефектом, який безпосередньо впливає на експлуатаційну надійність вузла з'єднання. Порушення геометрії спричиняє неповне передавання крутного моменту, збільшення зазорів і поступове руйнування спряжених елементів. Нижче подано технологічну послідовність операцій, що забезпечує відновлення повноцінної геометрії та механічних властивостей шліцьової частини вторинного вала.

Технологічний маршрут усунення дефекту.

Токарна операція (I). Провести дообробку центрирувальних отворів з метою усунення залишкових деформацій і мікропошкоджень, які виникли внаслідок експлуатаційного зносу. Отвори обробляються «в чисто» для подальшого точного базування.

Токарна операція (II). Видалити зношені шліці шляхом обточування до діаметра $d = 61_{-0,41}$ мм, створивши заготовку під наплавлення.

Наплавлення. Провести наплавлення металу на зону шліцьової частини: спочатку – повздовжні шви, далі – циркулярні. Формування шару виконується до досягнення діаметра $d = 68_{+1,6}$ мм із паралельним видаленням шлаку після кожного проходу до повного охолодження.

Токарна операція (III). Провести обробку наплавленого шару до проміжного діаметра $d = 65,2_{-0,045}$ мм, сформувавши точну заготовку під фрезерування шліців.

Фрезерування. Відновити профіль шліцьової частини з дотриманням геометричних розмірів по ширині (значення b визначається згідно з технічними вимогами).

Гартування. Піддати шліцьову частину індукційному нагріванню до температури 920 °C з наступним загартуванням у масляній ванні, що забезпечує необхідну твердість робочої поверхні.

Відпускання. Провести низькотемпературне відпускання при 250 °C, охолодження здійснюється на повітрі. Ця операція спрямована на зниження внутрішніх напружень і стабілізацію структури металу.

Шліфування (фінішна операція). Завершити обробку зовнішнього діаметра шліцьової частини до остаточного розміру $d = 65_{-0,018}^0$ мм, забезпечуючи відповідність параметрам точності та шорсткості.

Реалізація зазначеного технологічного маршруту дозволяє повністю відновити функціональні властивості шліцьової частини, гарантуючи надійність її роботи у складі трансмісійного вузла.

2.4 Розробка технологічного маршруту відновлення вторинного вала

Процес відновлення вторинного вала коробки перемикання передач передбачає послідовне виконання технологічних операцій, спрямованих на усунення дефектів, формування необхідних геометричних параметрів та відновлення експлуатаційних характеристик деталі. Нижче наведено фрагмент маршрутної карти з описом першої операції.

Код операції 005.

Тип операції Токарна.

Обладнання Верстат моделі 4110.

Виконати чистове обточування центрирувальних отворів із метою усунення слідів пошкоджень або корозії, отриманих у процесі експлуатації чи зберігання. Центрові отвори слугуватимуть технологічними базами при подальших операціях механічної обробки.

Устаткування та оснащення. Установка А – забезпечує базування за зовнішніми поверхнями з точним осьовим розташуванням.

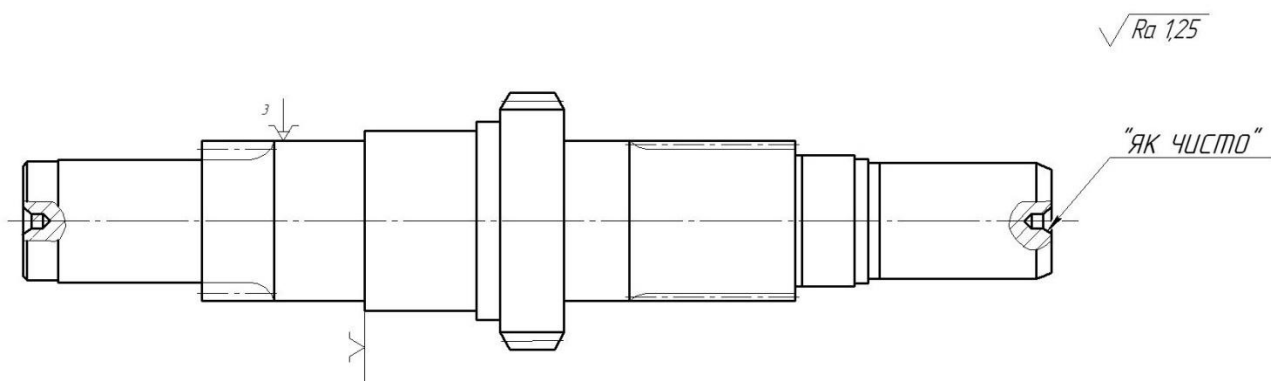


Рис. 2.5. Схема вторинного вала КПП FORD Explorer при відновленні.

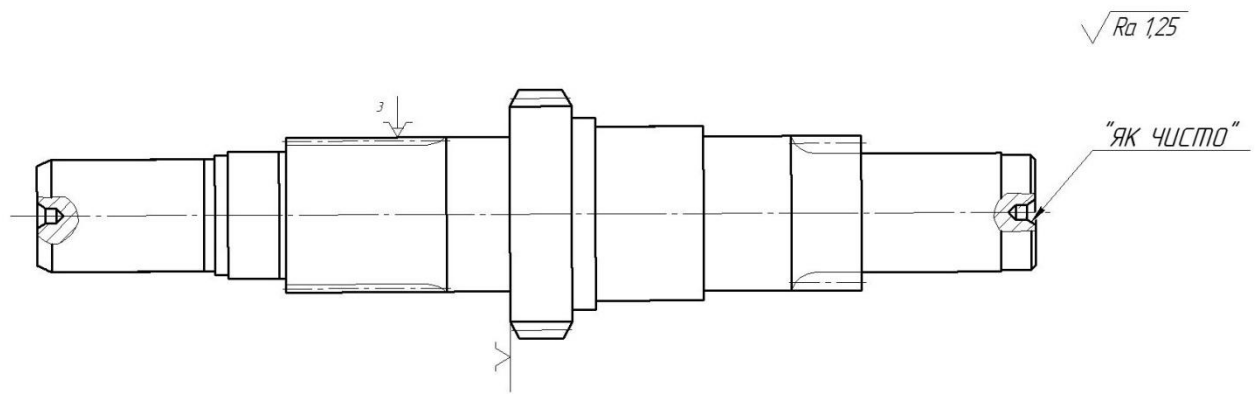


Рис. 2.6. Схема вторинного валу КПП FORD Explorer при відновленні.

Код операції 010.

Тип операції Токарна.

Обладнання Токарний верстат моделі 4110.

Виконати обточування шліцьової частини із повним зняттям зношених зубців до розміру діаметр $d = 38_{+0,062}$ мм. Ця операція є підготовчим етапом перед нанесенням наплавленого шару, що забезпечить формування нової геометрії шліців з необхідним припуском.

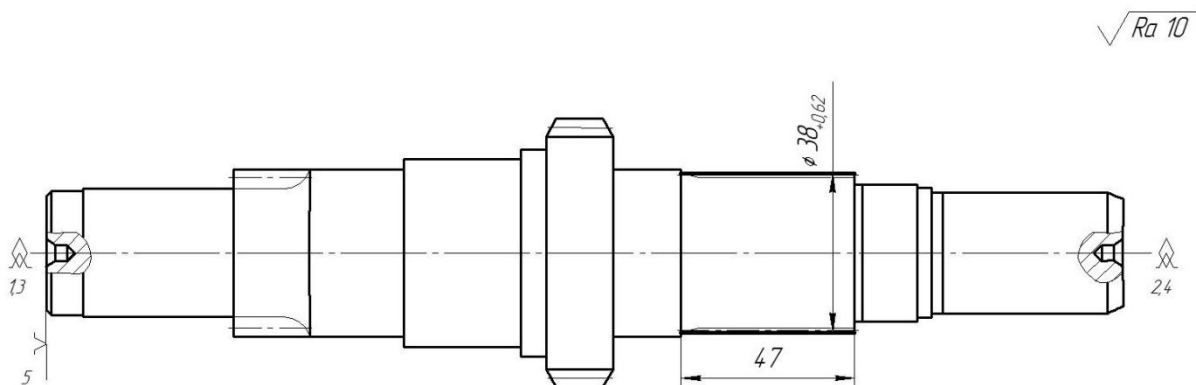


Рис. 2.7. Схематичне зображення вторинного валу КПП Ford Explorer у процесі відновлення.

На наведеній схемі представлено конфігурацію вторинного валу коробки перемикання передач у фазі виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Ілюстрація відображає просторове розміщення оброблюваної ділянки, а також положення інструменту при токарній операції.

Код операції 015.

Тип операції Токарна.

Обладнання Токарний верстат моделі 4110.

Здійснити обточування шліцьової ділянки до розміру $d = 61_{-0,41}$ мм, видаливши залишки зношеного профілю. Ця операція виконується для формування рівномірної поверхні під наступне наплавлення з дотриманням заданого припуску на відновлення геометрії шліців.

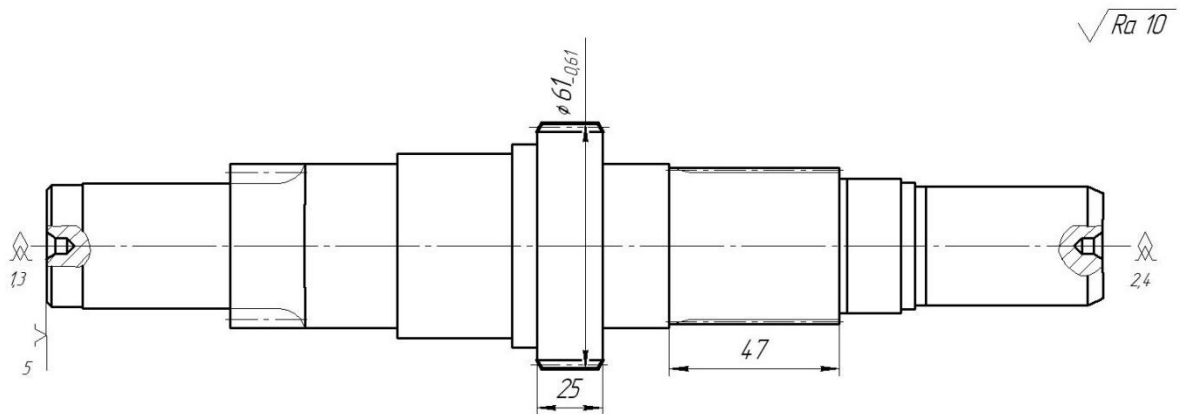


Рис. 2.8. Технологічна схема процесу відновлення вторинного вала коробки передач автомобіля Ford Explorer.

На ілюстрації зображено етапи виконання відновлювальних робіт над вторинним валом КПП, з акцентом на ключові операції наплавлення, механічної та шліфувальної обробки. Схема дозволяє візуалізувати послідовність формування нових функціональних поверхонь деталі.

Код операції 020.

Тип операції Наплавлення.

Обладнання Наплавлювальна установка моделі 9300.

Виконати наплавлення металу на опорну шийку вала до діаметра $d = 42_{+0,038}$ мм. Цей етап формує припуск на подальшу шліфувальну обробку та відновлює зношену посадкову зону для монтажу шестерні.

Код операції 025.

Тип операції Наплавлення.

Обладнання Наплавлювальна установка моделі 9300.

Виконати заварювання зношених ділянок шліцьової частини. Спочатку наплавлення проводиться повздовжніми швами, далі – циркулярними швами, з досягненням діаметра $d = 68^{+1,6}$ мм. У ході операції шлак повинен систематично

видалятися з поверхні ще до повного охолодження металу для забезпечення чистоти зони шліцьового профілю.

Код операції 030.

Тип операції Слюсарна.

Обладнання Робоче місце слюсаря, код 0190.

Виконати зачистку наплавлених поверхонь – видалити залишки напливів, шлаку, окалини та інших поверхневих дефектів, які могли утворитися під час наплавлення. Підготувати поверхню до остаточної механічної обробки.

Код операції 035.

Тип операції Шліфувальна.

Обладнання Шліфувальний верстат моделі 4130.

Обробити зовнішній діаметр шліцьової частини, доводячи його до розміру $d = 40_{-0,011}$ мм. Забезпечити відповідність параметрам шорсткості, точності та співвісності з базовими поверхнями.

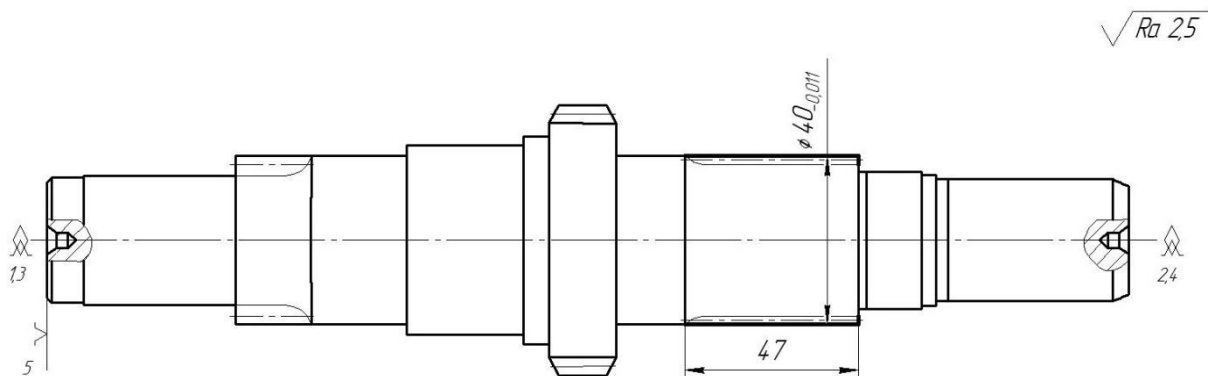


Рис. 2.9. Схематичне зображення процесу відновлення вторинного вала коробки передач автомобіля Ford Explorer.

На схемі представлено етап механічної обробки вторинного вала на стадії підготовки шліцьової частини до фрезерування. Зображення ілюструє положення деталі в зоні обробки та інструментальну взаємодію під час токарної операції.

Код операції 040.

Тип операції Токарна.

Обладнання Токарний верстат моделі 4110.

Виконати чистове обточування зовнішньої поверхні шліцьової ділянки після наплавлення з метою формування точного розміру $d = 65,2_{-0,045}$ мм.

Операція забезпечує необхідну геометричну точність та співвісність поверхні під подальшу обробку – фрезерування шліців згідно з нормативними допусками.

Контроль параметрів здійснюється з урахуванням теплових деформацій і точності базування по центрирувальних отворах. Дотримання точності вказаного діаметра критично важливе для забезпечення правильного профілю зубців у подальших операціях.

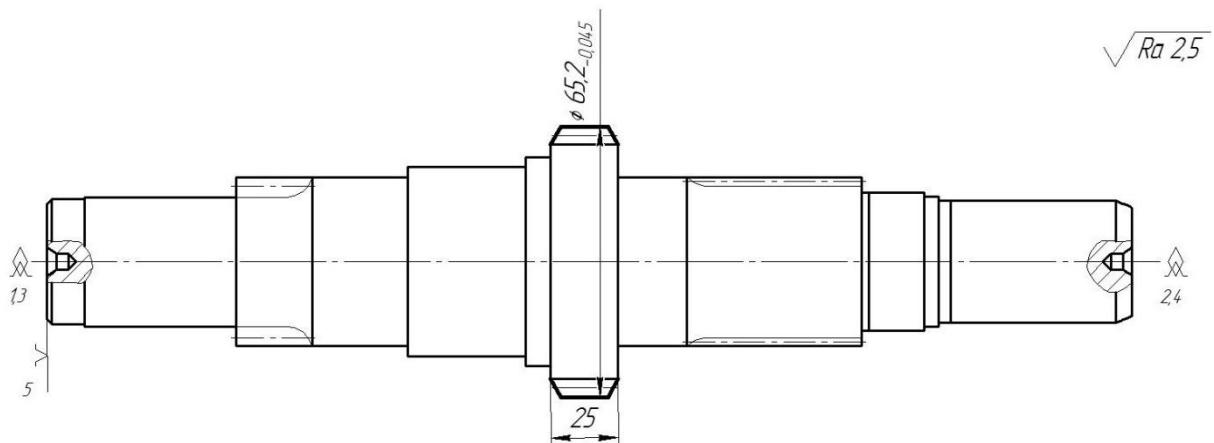


Рис. 2.10. Схема процесу фрезерування вторинного вала коробки перемикавання передач Ford Explorer під час відновлення.

Схема ілюструє просторове положення вала на фрезерному обладнанні під час формування шліцьового профілю після проведення наплавлення та токарної обробки. Наведено орієнтацію деталі відносно інструменту та напрямок фрезерування.

Код операції 045.

Тип операції Фрезерування.

Обладнання Фрезерний верстат моделі 4260.

Виконати формування шліців на відновленій ділянці вторинного вала з дотриманням розміру по ширині $b = 6_{-0,050}^{-0,013}$ мм (вказати згідно з технічним кресленням). Фрезерування здійснюється відповідно до заданого профілю з урахуванням точності посадки та форми зубців, забезпечуючи сумісність із відповідними спряженими елементами трансмісії.

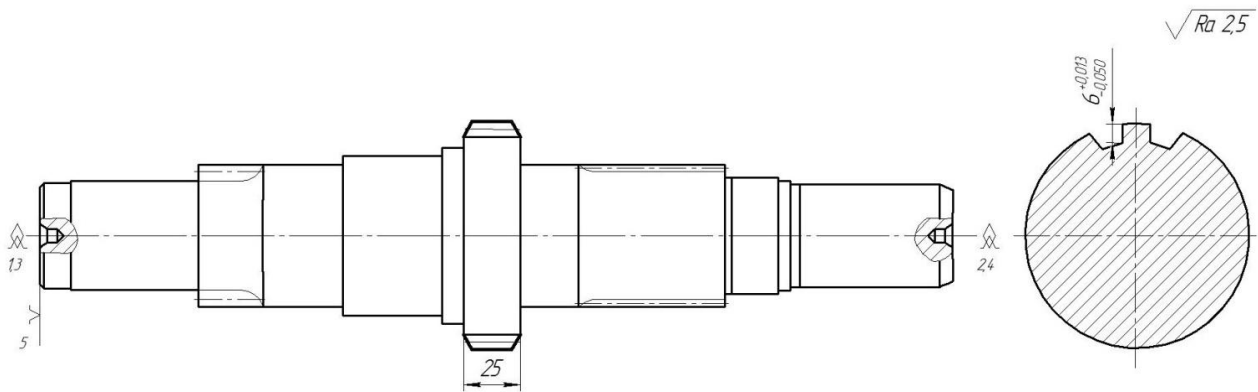


Рис. 2.11. Схематичне зображення технологічного процесу термічної та механічної обробки вторинного вала КПП Ford Explorer.

На ілюстрації відображено послідовність операцій гартування, відпускання та фінішної шліфувальної обробки елементів шліцьової та опорної частин вала після виконання наплавлення та механічного формування.

Код операції 050.

Тип операції Гартування.

Обладнання Індукційна установка моделі 5130.

Провести індукційне нагрівання шліцьової зони до температури 920 °С, після чого здійснити загартування в масляній ванні. Така обробка дозволяє сформувати високоміцний поверхневий шар із підвищеною твердістю, що відповідає вимогам до зносостійкості робочої поверхні.

Код операції 055.

Тип операції Відпускання.

Обладнання Індукційна установка моделі 5140.

Виконати низькотемпературне відпускання шліцьової ділянки, нагріваючи її до температури 250 °С з подальшим охолодженням на повітрі. Ця операція дозволяє знизити внутрішні залишкові напруження, покращити структурну стабільність і забезпечити баланс між твердістю та в'язкістю.

Код операції 060.

Тип операції Шліфувальна.

Обладнання Шліфувальний верстат моделі 4130.

Провести шліфування опорної шийки вала до розміру $d = 44,7 - 0,058$ мм, забезпечивши необхідну точність, шорсткість і геометричну чистоту поверхні.

Дана операція є завершальною в циклі формування відповідної посадкової зони.

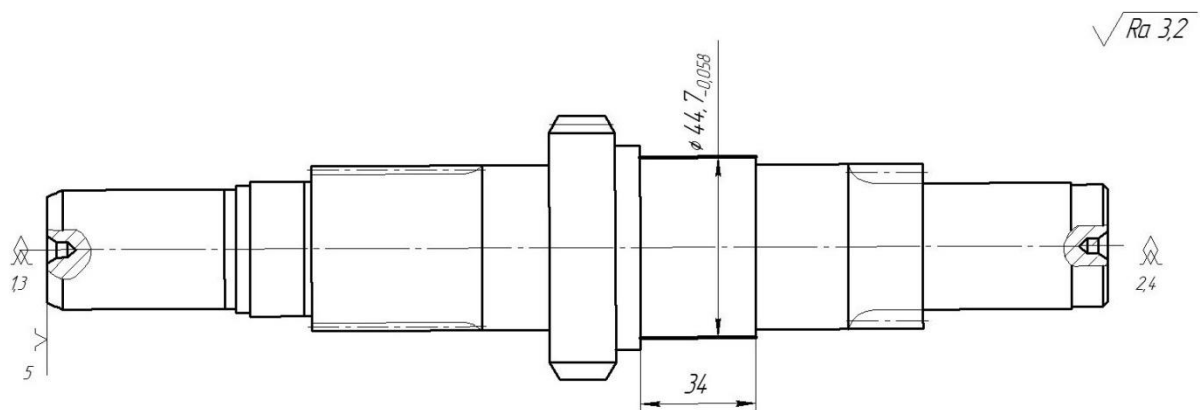


Рис. 2.12. Схематична ілюстрація процесу залізнення та механічної обробки вторинного вала КПП Ford Explorer.

На схемі зображено етапи відновлення однієї з опорних шийок вала методом електрохімічного нарощування металу (залізнення), а також подальшої шліфувальної обробки для досягнення необхідної геометрії та технічних характеристик.

Код операції 065.

Тип операції Залізнення.

Обладнання Установка для електрохімічного осадження, код 7144.

Виконати електрохімічне нарощування металу на шийку до досягнення діаметра $d = 45,4_{+0,1}$ мм. Процес проводиться із дотриманням параметрів щільності струму та температурного режиму для забезпечення рівномірного шару без порушення адгезії з основним матеріалом. Дана операція формує припуск для подальшої прецизійної обробки.

Код операції 070.

Тип операції Шліфувальна (попередня).

Обладнання Шліфувальний верстат моделі 4130.

Здійснити попереднє шліфування нарощеної поверхні опорної шийки до розміру $d = 45,1_{-0,031}$ мм. Операція виконується з метою забезпечення циліндричності та точності форми, залишаючи мінімальний припуск для остаточної доводки.

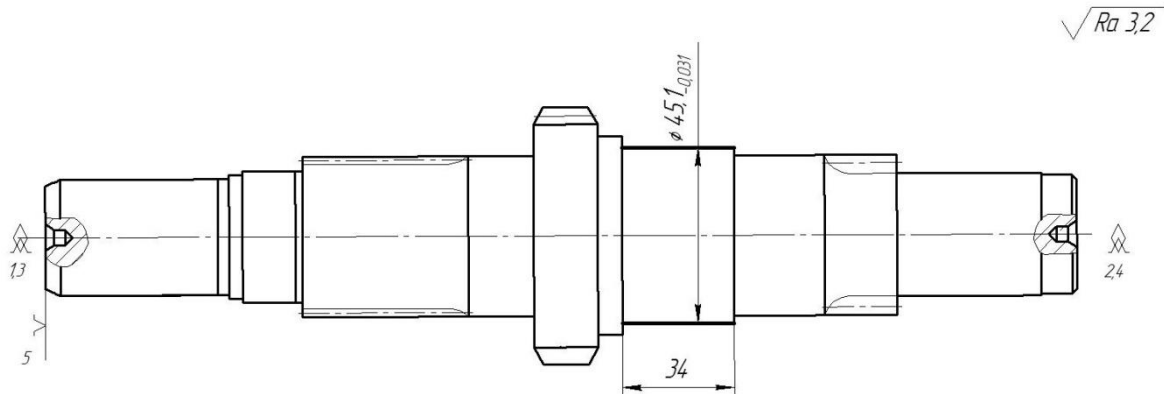


Рис.2.13. Схематичне відображення етапу фрезерування шліцьової частини вторинного вала КПП Ford Explorer.

Зображення ілюструє завершальний етап формування шліцьового профілю після проведення наплавлення, токарної та термічної обробки. Схема демонструє взаємне положення інструменту та деталі під час фрезерування, а також напрямок подачі.

Код операції 075.

Тип операції Фрезерування.

Обладнання Верстат моделі 4260.

Виконати остаточне фрезерування шліцьової зони з дотриманням геометричних параметрів, а саме ширини зубця $b = 3,285_{-0,08}$ мм. Операція передбачає відновлення профілю відповідно до технічної документації та стандарту сполучення, забезпечуючи взаємозамінність елемента в складі трансмісії.

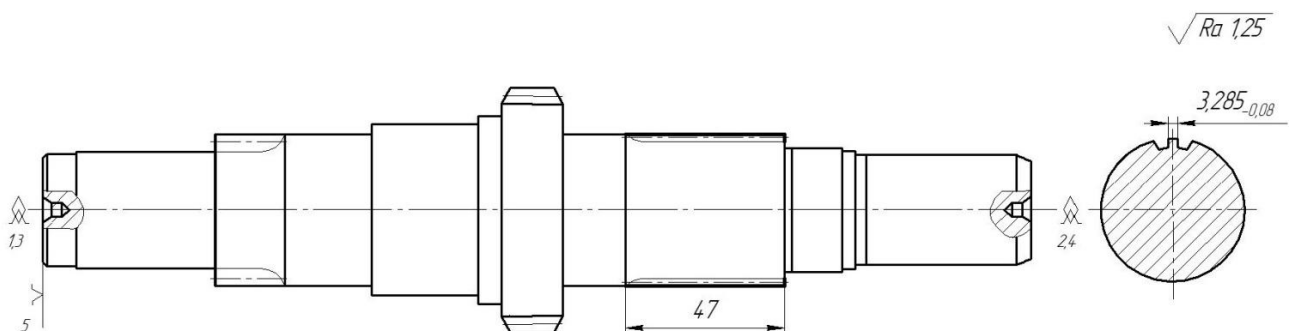


Рис. 2.14. Схема остаточного шліфування вторинного вала коробки передач Ford Explorer у процесі відновлення.

На зображенні представлено заключний етап обробки шліцьової частини вала, під час якого формується остаточна геометрія профілю після попереднього фрезерування. Схема демонструє взаємне розташування шліфувального інструменту та оброблюваної деталі.

Код операції 080.

Тип операції Шліфувальна (фінішна).

Обладнання Шліфувальний верстат моделі 4130.

Здійснити фінішне шліфування зовнішнього діаметра шліцьової частини з досягненням розміру $d = 65_{-0,018}$ мм. Операція виконується з високою точністю та використанням абразивного круга з відповідними параметрами зернистості, що дозволяє досягти необхідної шорсткості та забезпечити експлуатаційні характеристики шліцьового з'єднання.

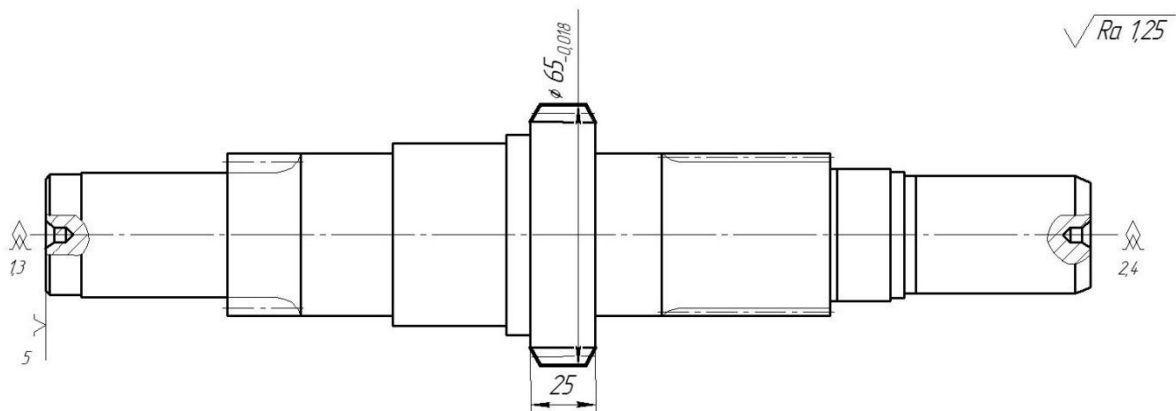


Рис. 2.15. Схема завершального етапу відновлення вторинного вала коробки передач Ford Explorer.

На представленій схемі зображено процес остаточного шліфування опорної шийки вала, який є заключним етапом комплексу операцій відновлення, спрямованих на досягнення нормативної точності та геометричної чистоти відновленої поверхні.

Код операції 085.

Тип операції Шліфувальна (чистова).

Обладнання Шліфувальний верстат моделі 4130.

Виконати остаточне шліфування опорної шийки вторинного вала до діаметра $d = 45_{-0,012}$ мм. Ця операція забезпечує досягнення необхідного квалітету та шорсткості поверхні відповідно до вимог посадки, а також

гарантує стабільність розмірних і посадкових характеристик у процесі подальшої експлуатації агрегату.

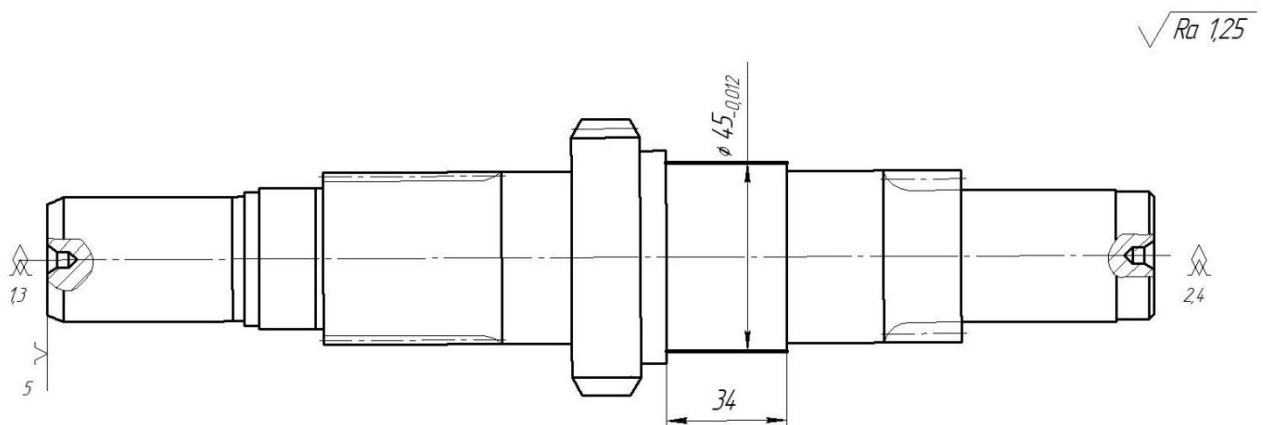


Рис. 2.16. Схема вторинного валу КПП FORD Explorer при відновленні.

2.5 Обґрунтування вибору обладнання та технологічного оснащення

Відновлення вторинного вала коробки перемикання передач автомобіля Ford Explorer потребує комплексного застосування широкого спектра обладнання, засобів технологічного оснащення та вимірювального інструменту. Підбір конкретних верстатів, пристроїв, оснащення та інструментів здійснено з урахуванням характеру виявлених дефектів, технологічних процесів, що застосовуються, а також умов точності, встановлених у нормативно-технічній документації.

Для кожної технологічної операції передбачено відповідне обладнання, яке забезпечує ефективне виконання ремонтних процедур із гарантованим досягненням необхідних параметрів геометрії, шорсткості та твердості.

Приклади застосованого обладнання та оснащення.

Токарні операції (коди 005, 010, 015, 040) виконуються на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16K20, з використанням повідкових і самоцентруючих патронів, заднього центру, розточувальних та прохідних різців Т15К6.

Операції наплавлення (020, 025) реалізуються за допомогою дугових наплавлювальних установок моделей А-577-У та У-653, із застосуванням

зварювального дроту СВ-08ГС, електродів Нп-30ХГСА та флюсу АН-20.

Контроль виконання здійснюється за допомогою штангенциркулів.

Слюсарна обробка (030) виконується на робочому місці слюсаря з використанням шліфувального інструменту (наприклад, DEXTONE DXFS-220E), абразивних матеріалів (P70–P120) та допоміжного оснащення.

Шліфувальні операції (035, 060, 070, 080, 085) проводяться на круглошліфувальних верстатах ЗУ142, з установкою патронів повідкових, центрів обертових та шліфувальних кругів (різних типорозмірів, зокрема ПП 500×50×305).

Фрезерування шліців (045, 075) виконується на шліцефрезерному верстаті моделі 5350, із застосуванням черв'ячних фрез Р6М5 та калібрів для контролю точності шліцьових з'єднань.

Термічна обробка (050 – гартування, 055 – відпускання) проводиться на високочастотній установці ЛГПЗ-60, із використанням гартівних щипців, термозахисних засобів та індукційного нагрівання відповідно до заданих режимів температури й охолодження.

Залізнення (065) здійснюється в гальванічному цеху на установці для електролітичного осадження, із застосуванням спеціальних ванн, розчинів і контрольного інструменту типу ШЦ-1-125.

Шліфування (070) здійснюється в умовах механічної обробки на круглошліфувальному верстаті моделі ЗУ142. В якості оснащення використовується патрон повідковий, центр верстатний обертового типу, шліфувальний круг 24А 40Н СМ2 1 К5, а також контрольна індикаторна скоба С1 50. Операцію виконує шліфувальник 4-го розряду.

Фрезерування шліців (075) виконується на шліцефрезерному верстаті моделі 5350 із застосуванням спеціального пристосування, черв'ячної чистової фрези з прямобічним профілем (Р6М5) та калібрів для контролю шліцьових з'єднань. Технологічний процес здійснюється фрезерувальником 5-го розряду.

Шліфування (080) проводиться на круглошліфувальному верстаті ЗУ142 із застосуванням абразивного круга типу ПП 500×50×305 24А 25Н СМ2 4 К1, патрона повідкового, центру обертового та індикаторної скоби С1 50. Операцію виконує шліфувальник 5-го розряду.

Шліфування (085) також виконується на верстаті 3У142 із аналогічним комплектом оснащення – абразивним кругом ПП 500×50×305 24А 25Н СМ2 4 К1, патроном повідковим, обертовим центром і скобою С1 50. Процес реалізується шліфувальником 5-го розряду з дотриманням технологічних параметрів остаточного шліфування.

Застосування зазначеного технологічного обладнання у взаємозв'язку з відповідним оснащенням та кваліфікацією виконавців (від 2 до 5 розряду) дозволяє реалізувати повноцінний процес відновлення вторинного вала відповідно до вимог експлуатаційної надійності, точності та функціональної сумісності з елементами трансмісійного вузла автомобіля.

2.6 Розрахунок технологічних припусків

У даному розділі здійснюється визначення необхідних припусків та відповідних діаметрів на кожному з етапів обробки шийки вала під встановлення шестерні. Номінальний діаметр після відновлення має становити $d_d = 45,0 \text{ мм}$ з допуском $\delta_d = -0,026 \text{ мм}$, що відповідає 6-му квалітету точності. Межовий розмір деталі, при якому можливе подальше використання без відновлення (згідно з технічними умовами на вал Mt82 Tr 06 FORD, каталожний номер 2113359), становить $d_{\text{доп}} = 44,95 \text{ мм}$.

Етапи відновлення шийки:

Виконання шліфування з метою вирівнювання форми шийки, діаметр – $d_{\text{зг}}$;

Залізнення поверхні до проміжного розміру – $d_{\text{нар}}$;

Попереднє шліфування після наплавлення – отримання діаметра d_1 ;

Фінішне (чистове) шліфування до розміру $d_2 = d_d = 45,0_{-0,026}$

Розрахунок припусків на окремі технологічні етапи:

Припуск на вирівнювання геометрії при першому шліфуванні $z_{\text{гф}} = 0,25$

Мінімальний припуск на механічну обробку після залізнення $z_{\text{мін}} = 0,4$.

Припуск на попереднє шліфування $z_1 = 0,25$.

Припуск на остаточне (чистове) шліфування $z_2 = 0,1$.

Розмір після кожного етапу:

Остаточний діаметр після фінішного шліфування $d_2 = d_d = 45$.

Діаметр після попереднього шліфування (перший перехід):

Розраховується за формулою (наведення формули у наступному підпункті).

$$d_1 = d_2 + z_2 \quad (2.1)$$

$$d_1 = 45 + 0,1 = 45,1.$$

Загальна величина припуску на механічну обробку визначається за аналітичним виразом, який дає змогу врахувати сукупний обсяг матеріалу, що необхідно видалити в процесі оброблення для досягнення заданих геометричних і точнісних параметрів. Розрахунок виконується за відповідною формулою:

$$z_{\text{заг}} = z_1 + z_2; \quad (2.2)$$

$$z_{\text{заг}} = 0,25 + 0,1 = 0,35.$$

Для визначення розмірів заготовки, необхідної для подальшої механічної обробки, виконується розрахунок її діаметра з урахуванням припусків і технологічних допусків. Відповідне значення діаметра обчислюється за встановленою розрахунковою залежністю:

$$d_{\text{зг}} = d_{\text{др}} - z_{\text{гф}}; \quad (2.3)$$

$$d_{\text{зг}} = 44,95 - 0,25 = 44,70.$$

У процесі визначення геометричних параметрів відновлення приймаємо діаметр заготовки $d_{\text{зг}} = 44,7$ мм, що забезпечує достатній припуск для формування функціональної поверхні.

Далі здійснюється розрахунок товщини наплавленого (відновлювального) шару, яка визначається згідно з відповідною розрахунковою формулою:

$$h_{\text{нар}} = (d_d - d_{\text{зг}}) + z_{\text{заг}}; \quad (2.4)$$

$$h_{\text{нар}} = (44 - 44,7) + 0,35 = 0,65.$$

Отримане значення товщини наплавленого шару $h_{\text{нар}}$ співставляється з мінімальним допустимим припуском на механічну обробку після проведення операції залізнення. Згідно з нормативними даними, цей мінімальний припуск становить не менше 0,4 мм. Порівняння дозволяє оцінити достатність нарощеного шару для забезпечення подальшої обробки без порушення геометричних вимог

$$H_{\text{нар}} > z_{\text{min}}$$

$$0,65 > 0,4.$$

Оскільки отримане значення товщини наплавленого шару відповідає вимогам мінімального припуску на подальшу обробку, виникає можливість перейти до визначення номінального розміру шийки після виконання операції нарощування. Цей розмір обчислюється відповідно до заданої розрахункової залежності:

$$d_{\text{нар}} = d_{\text{зг}} + h_{\text{нар}}; \quad (2.5)$$

$$d_{\text{нар}} = 44,7 + 0,65 = 27,35.$$

Враховуючи попередні обчислення, приймаємо значення діаметра після нарощування $d_{\text{нар}} = 45,4$ мм. Відповідно, товщина сформованого шару становить $h_{\text{нар}} = 0,7$ мм, що забезпечує необхідний запас матеріалу для подальшої обробки.

З урахуванням цих параметрів здійснюється коригування припуску на першу механічну операцію. Для цього використовується відповідна розрахункова формула, яка дозволяє встановити оптимальне значення припуску з урахуванням технологічних особливостей процесу:

$$z_1 = d_{\text{нар}} - d_1; \quad (2.6)$$

$$z_1 = 45,4 - 45,1 = 0,3.$$

Після завершення розрахунків геометричних параметрів, необхідно встановити відповідні допуски на отримані розміри.

Для діаметра $d_1 = 45,1$ мм, що формується на етапі попереднього шліфування, допускається застосування 8-го квалітету точності, відповідно до якого допуск становить $\delta_2 = 0,036$ мм.

Щодо діаметра після нанесення наплавленого шару $d_{\text{нар}} = 45,4$ мм, допускове поле визначається за розрахунковою формулою:

$$\delta_{\text{нар}} = (0,2 \dots 0,3) h_{\text{нар}}; \quad (7.7)$$

$$\delta_{\text{нар}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot 0,7 = 0,11 \dots 0,21.$$

У межах встановлених технологічних параметрів приймаємо допуск на діаметр після наплавлення $\delta_{\text{нар}} = 0,1$. Відтак розрахункове значення діаметра шийки після нарощування становить $d_{\text{нар}} = 45,4^{+0,1}$. Для діаметра заготовки $d_{\text{зг}} = 44,7$ мм, який забезпечує корекцію початкової геометрії, допуск приймається згідно з 9-м квалітетом точності, що відповідає значенню $\delta_1 = 0,058$. Таким

чином, діаметр заготовки визначається як $d_{зг} = 44,7_{-0,058}$. Підсумовуючи, остаточні розміри деталі на кожному з технологічних переходів, відповідно до обраного маршруту обробки, встановлюються в такій послідовності:

Попереднє шліфування шийок для відновлення правильної геометричної форми $d = 44,7_{-0,058}$

Нанесення наплавленого шару на шийки із забезпеченням необхідного припуску $d = 45,4^{+0,1}$

Попереднє шліфування наплавленої шийки для підготовки до чистової обробки $d = 45,1_{-0,031}$

Остаточне шліфування шийки до номінального розміру з підвищеною точністю $d = 45_{-0,012}$

2.7 Визначення параметрів режиму різання

Операція 010 – Токарна обробка. На цьому етапі передбачено зняття шліців з формуванням циліндричної поверхні діаметром $d = 38_{\pm 0,062}$ мм на довжині 47 мм. Вимоги до точності відповідають 8-му квалітету, що класифікується як чистове точіння. Встановлений показник шорсткості поверхні – $R_a = 10$.

Матеріал заготовки – конструкційна легована сталь AISI 5140H відповідно до стандарту ISO 297:198, з межею міцності на розрив $\sigma_B = 730$.

Обробка виконується на універсальному токарному верстаті моделі 16K20 із застосуванням прохідного відігнутого різця.

Перший технологічний перехід охоплює оброблення зовнішньої циліндричної ділянки деталі згідно з зазначеними параметрами.

$$t = z / 2; \quad (2.8)$$

$$t = 3 / 2 = 1,5$$

Вибір подачі.

Для виконання чистового точіння із застосуванням різця, у якого радіус при вершині становить 0,8 мм, обираємо подачу без урахування поправочних коефіцієнтів. Початкове значення подачі приймається $s = 0,33$ мм/об.

Розрахунок глибини різання.

Глибина різання t визначається як припуск на одну сторону. Із застосуванням поправочного коефіцієнта вона обчислюється за формулою $s = 0,33 \cdot 0,45 = 0,1485$

Уточнення подачі відповідно до технічних можливостей обладнання.

Перевіряємо обране значення подачі щодо паспортних характеристик токарного верстата моделі 16K20. Значення $s_{\phi} = 0,15$ мм/об відсутнє серед допустимих.

Розрахунок швидкості різання. Наступним кроком є визначення швидкості різання залежно від матеріалу заготовки, твердості ріжучого інструменту та типу обробки. Розрахунок проводиться за відповідною формулою з урахуванням рекомендованих довідкових значень для сталі AISI 5140H.

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \quad (2.9)$$

Коефіцієнт C_v та показники ступенів m , x , y :

$$C_v = 420; x = 0,15; y = 0,2; m = 0,2.$$

Стійкість різця T приймаємо 60 хв.

Коефіцієнт K_v визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} \quad (2.10)$$

Для сталі він визначається за формулою:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, \quad (2.11)$$

$$K_r = 0,95; n_v = 1.$$

$$K_{mv} = 0,95 \left(\frac{750}{730} \right)^1 = 0,93$$

Для поверхні без корки $K_{pv} = 1$.

Для конструкційної сталі, яка обробляється різцем T15K6 $K_{nv} = 1$.

$$K_v = 0,93 \cdot 1 \cdot 1 = 0,93$$

$$v = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 0,93 = \frac{420}{2,27 \cdot 0,98 \cdot 0,7} \cdot 0,93 \approx 250 \text{ м / хв}$$

Розраховуємо частоту обертання деталі за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\pi d};$$

(2.12)

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 38} = 2088 \text{ хв}^{-1}$$

Зіставляємо розрахункове число обертів з паспортними даними верстата 16K20:

Приймаємо найближче менше значення за паспортом $n_\phi = 2000 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою :

$$v_\phi = \frac{\pi d n_\phi}{1000}; \quad (2.13)$$

$$v_\phi = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 2000}{1000} = 238 \text{ м / хв}$$

Визначаємо основний час на операцію за формулою:

$$t_o = \frac{L_p}{s_\phi n_\phi} i; \quad (2.14)$$

де t_o – основний (машинний) час, хв.; L_p – розрахункова довжина обробки, мм;

n_ϕ – частота обертання деталі або інструменту, хв.^{-1} ;

s_ϕ – величина подачі деталі, мм/об; i – число проходів інструменту, $i = 1$.

Розрахункову величину довжини обробки визначаємо за формулою:

$$L_p = l + l_x; \quad (2.15)$$

де l – дійсна довжина обробки, $l = 47 \text{ мм}$;

$$l_x = y + \Delta; \quad (2.16)$$

де y – величина врізання інструменту визначається за формулою:

$$y = t \cdot \text{ctg} \varphi; \quad (2.17)$$

$$y = 1,5 \cdot 1,17 = 1,755;$$

Δ – величина перебігу інструменту $\Delta = 1 \dots 2 \text{ мм}$. Приймаємо $\Delta = 1$.

$$L_p = 47 + 1,053 + 1 = 49,053 \text{ мм},$$

$$t_o = \frac{49,053}{0,15 \cdot 1600} \cdot 1 = 0,204 \text{ хв}$$

Результати проведених інженерних розрахунків параметрів режиму точіння систематизуються у відповідній зведеній таблиці, яка наведена нижче (табл. 2.1). У таблиці представлено основні технологічні показники, що характеризують умови виконання токарної операції, зокрема: глибина різання, подача, частота обертання, швидкість різання та розрахований машинний час.

Таблиця 2.1. Узагальнені параметри токарної обробки.

Номер і найменування операції	t , мм	s , мм/об	v , м/хв	n , хв ⁻¹	T_o , хв
010 Токарна	1,5	0,15	238	2000	0,204

Параметри, що були розраховані для визначення оптимального режиму виконання операції наплавлення, узагальнено у зведеній таблиці 2.2. У таблиці наведено технологічні характеристики процесу, які враховують умови теплового впливу, параметри зварювального струму, швидкість подачі дроту, витрату захисного газу та інші ключові показники, що забезпечують належну якість наплавленого шару.

Таблиця 2.2. Комплексний розрахунок технологічного режиму наплавлення.

Номер і найменування операції	d , мм	h , мм	s , мм/об	V_{np} , м/хв	I , А	n , хв ⁻¹	T_o , хв
020 Наплавлення	2	-	-	-	140	-	2,5
025 Наплавлення	3,5	-	-	-	140	-	3,5

Розрахунок параметрів режиму різання для операції залізнення здійснюється з використанням табличного підходу, що базується на рекомендованих значеннях, наведених у довідникових джерелах. Такий метод дозволяє оперативно підібрати оптимальні технологічні режими з урахуванням типу обладнання, характеристик оброблюваного матеріалу та технології нанесення шару.

Усі отримані значення зведено до таблиці 2.3, яка відображає ключові показники процесу залізнення, включно з вибором струму, напруги, швидкості подачі електроду, температурного режиму та витрати енергії.

Таблиця 2.3. Розраховані параметри режиму залізнення.

Номер і найменування операції	h , мм	γ , г/см ³	D_k , А/дм ²	c , г/А·год	η , %	T_o , хв
065 Залізнення	0,35	7,8	250	1,042	95	12,5

Визначення параметрів режимів різання для решти механічних операцій здійснюється за допомогою табличного способу, що базується на типових довідкових даних для відповідних видів обробки. Такий підхід дозволяє забезпечити обґрунтованість вибраних режимів та дотримання технологічної послідовності.

Підсумкові значення параметрів для кожної операції – зокрема чистового, напівчистового та чорнового оброблення – систематизовано у таблиці 2.4. У ній наведено ключові технологічні показники: глибину різання, подачу, швидкість обертання, швидкість різання, тип інструмента та орієнтовну тривалість виконання операції.

Таблиця 2.4. Узагальнені дані щодо режимів інших видів механічної обробки.

Номер і найменування операції	t , мм	s , мм/об,	V , м/хв	n , хв ⁻¹	T_o , хв
005 Токарна	-	-	-	-	0,04
015 Токарна	2	0,15	235	2000	0,29
030 Слюсарна	0,35	-	-	-	0,8
035 Шліфувальна	1	15	35	210	0,39
040 Токарна	1,5	0,15	302	2000	0,307
045 Фрезерування	6	0,6	25,12	100	12
050 Гартування	-	-	-	-	0,7
055 Відпускання	-	-	-	-	0,7
060 Шліфувальна	0,15	15	35	210	0,33
070 Шліфувальна	0,15	15	35	210	0,32
075 Фрезерування	3,285	0,6	25,12	100	12,6
080 Шліфувальна	0,05	12	30	210	0,31
085 Шліфувальна	0,05	12	30	210	0,31

2.8 Розрахунок трудових нормативів часу

Для операції 010 «Токарна обробка» виконується розрахунок нормативного часу, необхідного для забезпечення заданого обсягу виробництва.

Згідно з річною виробничою програмою, запланований обсяг виготовлення становить $N=3000$ одиниць продукції. Розрахунок проводиться на основі встановленого річного ефективного фонду робочого часу $F=2004$ годин.

Тривалість основного машинного часу на виконання однієї операції становить $T_o = 0,095$ хв.

Допоміжний час для виконання операції визначається за відповідною аналітичною залежністю, яка враховує характер виконуваних дій, особливості технологічного процесу та тип обладнання. Для його обчислення застосовується така формула:

$$T_{don} = T_{вс} + T_{np}, \quad (2.18)$$

де $T_{вс}$ – час на встановлення і зняття деталі. При встановленні деталі масою до 4 кг у центрах з люнетом і без вивірювання $T_{вс} = 0,43$ хв.

T_{np} – час, пов'язаний з виконанням проходу.

При обточуванні деталі по 5 – му класу точності на токарному верстаті з висотою центрів 200 мм. $T_{np} = 0,5$ хв.

$$T_{don} = 0,43 + 0,5 = 0,93 \text{ хв.}$$

Оперативний час, необхідний для виконання технологічної операції, визначається згідно з аналітичною залежністю, яка враховує основні параметри процесу обробки. Розрахунок здійснюється за наступною формулою:

$$T_{on} = T_o + T_{don}, \quad (2.19)$$

$$T_{on} = 0,095 + 0,93 = 1,025 \text{ хв.}$$

Додатковий час, необхідний для забезпечення виконання операції, визначається відповідно до нормативної методики з урахуванням витрат часу на підготовчо-завершальні дії, технічні перерви, контрольні операції тощо. Розрахунок здійснюється за наступною формулою:

$$T_{дод} = T_{орг} + T_{ен} = \frac{T_{on}}{100} \cdot k, \quad (2.20)$$

де $T_{орг}$ – час на організаційно-технічне обслуговування, хв;

$T_{вп}$ – час на власні потреби робітника, хв.

Під час виконання токарних операцій додатковий час, який враховує супутні витрати, що не входять до основного технологічного процесу, приймається на рівні 8 % від значення оперативного часу.

Таким чином, обчислення додаткового часу здійснюється за формулою:

$$T_{дод} = \frac{1,025}{100} \cdot 8 \approx 0,082 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час $T_{пз}$.

У разі, коли обробка виконується з установленням деталі в центрах, за умов середнього рівня складності підготовки до роботи, кількості інструментів при налагодженні від 1 до 2, висоти центрів 200 мм та передбаченої заміни установчих пристроїв, підготовчо-завершальний час приймається рівним $T_{пз} = 15$ хв.

Розрахунок штучного часу здійснюється за наступною узагальненою формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{дод}, \quad (2.21)$$

$$T_{шт} = 0,095 + 0,93 + 0,082 = 1,107 \text{ хв.}$$

Аналогічним чином виконується розрахунок усіх компонентів штучного часу, а також визначення загального штучного часу та підготовчо-заклучного часу для кожної операції, що входить до складу технологічного процесу. Отримані значення систематизуються та заносяться до зведеної таблиці.

Таблиця 2.5. Складові штучного часу, штучний і підготовчо-заклучний час.

Номер і найменування операції	T_o або $T_{ни}$, хв	$T_{дон}$, хв	$T_{он}$, хв	$T_{дод}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{пз}$, хв
005 Токарна	0,04	1,7	1,74	0,14	1,88	10
010 Токарна	0,204	0,93	1,025	0,089	1,107	15
015 Токарна	0,29	0,93	1,22	0,089	1,309	15
020 Наплавлення	2,5	1	3,5	0,4	3,9	4
025 Наплавлення	3,5	1	4,5	0,4	4,9	4
030 Слюсарна	0,8	0,46	1,26	0,44	1,7	5

035 Шліфувальна	0,39	1,2	1,59	0,22	1,81	7
040 Токарна	0,307	0,93	1,237	0,089	1,326	15
045 Фрезерування	12	1	13	0,18	13,18	7
050 Гартування	0,7	1,2	1,9	0,09	1,99	7
055 Відпускання	0,7	1,2	1,9	0,09	1,99	7
060 Шліфувальна	0,33	1,2	1,55	0,23	1,78	7
065 Залізнення	12,5	0,44	12,94	1	13,94	7
070 Шліфувальна	0,32	1,2	1,54	0,22	1,76	7
075 Фрезерування	12,6	1	13,6	0,23	13,83	7
080 Шліфувальна	0,31	1,2	1,51	0,22	1,73	5
085 Шліфувальна	0,31	1,2	1,51	0,22	1,73	5

Такт випуску деталей, який визначає інтервал часу між виходом двох послідовних виробів у потоці, розраховується за наступною аналітичною залежністю:

$$t_{\epsilon} = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{N}, \quad (2.22)$$

$$t_{\epsilon} = \frac{2004 \cdot 60}{3000} = 40,08 \text{ хв/шт.}$$

Розраховують середній штучний час $T_{шт_{cp}}$ за формулою:

$$T_{шт_{cp}} = \frac{\sum T_{шт}}{m}, \quad (2.23)$$

$$T_{шт_{cp}} = \frac{1,88 + 1,107 + 1,309 + 3,9 + 4,9 + 1,7 + 1,81 + 1,326 + 13,18}{16} +$$

$$+ \frac{1,99 + 1,99 + 1,78 + 13,94 + 1,76 + 13,83 + 1,73 + 1,73}{8} = 4 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт серійності k_c характеризує відношення кількості виробів у партії до необхідного часу на їх виготовлення і враховується при нормуванні виробництва у серійному типі. Розрахунок коефіцієнта серійності здійснюється за формулою:

$$k_c = \frac{t_g}{T_{umcp}}, \quad (2.24)$$

$$k_c = \frac{40,08}{4} = 10,2$$

K – коефіцієнт, що враховує частку підготовчо-заключного часу у загальному часі на партію (для дрібносерійного виробництва за умовою прийнято $K = 0,14$).

Ця формула дозволяє визначити економічно доцільну кількість деталей у партії таким чином, щоб підготовчо-заключні витрати були пропорційно виправданими в межах одного циклу виробництва. Значення коефіцієнта K залежить від типу виробництва: чим воно дрібніше, тим більші втрати часу на переналагодження, і тим менший K .

$$n = \frac{\sum T_{nz}}{K \cdot \sum T_{um}}, \quad (2.25)$$

$$n = \frac{10 + 15 + 15 + 4 + 4 + 5 + 7 + 15 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 7 + 5 + 5}{0,14 \cdot 48,08} \approx \approx 23 \text{ шт.}$$

Штучно-калькуляційний час $T_{шк}$ включає суму часу, необхідного для виконання однієї операції, з урахуванням витрат на підготовчо-заключні роботи, розподілених на одну деталь. Розрахунок проводиться за формулою:

$$T_{шк} = T_{um} + \frac{T_{nz}}{n}, \quad (2.26)$$

$$T_{шк} = 1,107 + \frac{15}{23} = 1,76 \text{ хв.}$$

Аналогічно до попередніх обчислень, визначаємо штучно-калькуляційний час для кожної з технологічних операцій відповідно до формули. Цей показник дає змогу комплексно оцінити тривалість виконання одиничної операції з урахуванням розподіленого на деталь підготовчо-заключного часу.

Усі отримані значення систематизовано у зведеній таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. Сумарні дані штучно-калькуляційного часу по операціях.

Номер і найменування операції	$T_{шт}, \text{хв}$	$T_{шк}, \text{хв}$
005 Токарна	1,88	2,53
010 Токарна	1,107	1,76
015 Токарна	1,309	1,96
020 Наплавлення	3,9	4,07
025 Наплавлення	4,9	5,07
030 Слюсарна	1,7	1,91
035 Шліфувальна	1,81	2,11
040 Токарна	1,326	1,97
045 Фрезерування	13,18	13,48
050 Гартування	1,99	2,29
055 Відпускання	1,99	2,29
060 Шліфувальна	1,78	2,08
065 Залізнення	13,94	14,24
070 Шліфувальна	1,76	2,06
075 Фрезерування	13,83	14,13
080 Шліфувальна	1,73	2,03
085 Шліфувальна	1,73	2,03

2.9 Розрахунок конструктивних елементів коробки передач

2.9.1 Аналітичне визначення параметрів зубчастих коліс

У цьому підрозділі проводиться розрахунок геометричних і кінематичних характеристик зубчастих пар, що формують передачі в механізмі коробки перемикачів передач. Вихідною інформацією для проведення розрахунків є значення передавальних чисел, відповідних кожному ступеню коробки передач, що застосовується в конструкції автомобіля.

Ці передавальні відношення використовуються як основа для визначення кількості зубців коліс, міжосьових відстаней, модулів зубців та інших

параметрів, необхідних для забезпечення ефективної та безперебійної роботи трансмісійного агрегату.

$$U_{\kappa 1} = 5,8; \quad U_{\kappa 2} = 4; \quad U_{\kappa 3} = 2,75; \quad U_{\kappa 4} = 1,9 \quad U_{\kappa 5} = 1,3 \quad U_{3.X.} = 4,93;$$

$$\text{Повна вага автомобіля } G_a = 17854,2 \text{ Н}.$$

$$\text{Максимальний крутний момент } M_{\max} = 362,9 \text{ Нм.}$$

Вибір параметрів зубчастих зачеплень.

Міжосьова відстань (мм) визначаємо за наступною формулою:

$$a_{\omega} = 19,5 \cdot \sqrt[3]{M_{e \max}} \quad (2.27)$$

$$a_{\omega} = 19,5 \cdot \sqrt[3]{362,9} = 168 \text{ мм}.$$

Попередньо визначення номінального значення модуля зубчастих коліс коробки передач виконується на основі табличних залежностей, які враховують величину крутного моменту, що передається веденим валом трансмісії. Вибір здійснюється з урахуванням максимального навантаження, що виникає на першій передачі, а також на інших передачах коробки.

Для обчислення найбільшого значення крутного моменту, що реалізується в трансмісії, застосовується наступне співвідношення:

$$M_{\max} = M_{c \max} \cdot u. \quad (2.28)$$

$$M_{\max} = 362,9 \cdot 5,8 = 2104,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{\max} = 362,9 \cdot 4 = 1451,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{\max} = 362,9 \cdot 2,75 = 997,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{\max} = 362,9 \cdot 1,9 = 689,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_{\max} = 362,9 \cdot 1,3 = 471,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Оскільки в конструкції коробки передач використовуються зубчасті колеса як із прямим, так і з косим профілем зуба, вибір модуля здійснюється з урахуванням характеру зачеплення.

Для прямозубих передач рекомендовано використовувати значення модуля, що наближається до верхньої межі допустимого діапазону, з метою

забезпечення необхідного запасу міцності. У той же час для косозубих передач доцільним є вибір модуля, що знаходиться поблизу нижньої межі, оскільки кращі умови навантаження зубців дозволяють зменшити розміри без втрати експлуатаційної надійності.

У нашому випадку для обох типів зачеплення приймається:

модуль прямозубих коліс $m = 4,00$;

модуль косозубих коліс $m = 4,00$.

Визначення ширини вінця зубчастого колеса b залежить від типу зачеплення. Для прямозубих передач вона встановлюється за емпіричним співвідношенням:

$$\frac{b}{m_n} = 4,5 \div 7,5 \quad (2.29)$$

для косозубих зубчастих коліс:

$$\frac{b}{m_n} = 7,0 \div 8,6 \quad (2.30)$$

прямозубі:

$$\frac{b}{m_n} = 7; \quad b = m_n \cdot 7 = 4 \cdot 7 = 28 \text{ мм},$$

косозубі:

$$\frac{b}{m_n} = 7,8; \quad b = m_n \cdot 7,8 = 4 \cdot 7,8 = 31,2 \text{ мм},$$

Для косозубих зубчастих передач кут нахилу зубів є ключовим параметром, що визначає характер зачеплення та впливає на плавність роботи механізму, розподіл навантаження між зубцями, а також на осьові зусилля в системі. Його значення розраховується за аналітичною формулою:

$$\beta = \arcsin \frac{\pi \cdot m_n}{b} \quad (2.31)$$

$$\beta = \arcsin \frac{3,14 \cdot 4}{31,2} = 23,74^\circ$$

2.9.2 Розрахунок геометричних параметрів зубчастих передач коробки передач

У процесі проєктування трансмісійного механізму необхідно визначити основні геометричні характеристики зубчастих коліс. Одним із ключових показників є сумарна кількість зубів у зачепленні, яка обчислюється за наступною залежністю:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot a_{\omega} \cdot \cos \beta_{\text{пр}}}{m_n}, \quad (2.32)$$

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 23,74^0}{4} = 72,8.$$

Округляємо до цілого значення = 72.

$$\beta = \arccos \frac{0,5 \cdot m_n \cdot z_{\Sigma \text{ пр}}}{a_{\omega}}, \quad (2.33)$$

$$\beta = \arccos \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 72}{168} = 20,19^0.$$

Перша передача (прямозуба): числове визначення основних параметрів. Для визначення геометричних характеристик зубчастої пари, що забезпечує роботу першої (низькорухомої) передачі в коробці передач, проводимо числові розрахунки на основі відповідних аналітичних співвідношень. У випадку прямозубого зачеплення обчислення базується на передавальному числі та обраному значенні модуля.

Розрахунок кількості зубців веденого і ведучого коліс першої передачі виконується за формулою:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 0^0}{4} = 78$$

$$\beta = \arccos \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 78}{168} = 0^0$$

Друга передача (косозуба): числове визначення геометричних параметрів. У конструкції другої передачі коробки передач застосовано косозубу зубчасту пару, що дозволяє підвищити плавність роботи, зменшити динамічні навантаження та забезпечити більшу контактну жорсткість зубців.

Розрахунок ведеться на основі заданого передавального числа другої передачі:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 23.29^0}{4} = 72$$

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = 72, \beta = \arccos \frac{0.5 \cdot 4 \cdot 72}{168} = 23.29^0$$

Третя передача (косозуба): числове обґрунтування геометричних параметрів. Розрахунок третьої передачі, в якій застосовано косозубі зубчасті колеса, виконується на основі заданого передавального числа, що відповідає цьому ступеню трансмісії. Косозубе зачеплення забезпечує підвищену плавність передачі моменту та зменшує рівень вібрацій, що особливо важливо при високих обертах.

Передавальне число визначає основне співвідношення між кількістю зубців веденого та ведучого коліс:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 23.29^0}{4} = 72;$$

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = 72, \beta = \arccos \frac{0.5 \cdot 4 \cdot 2}{168} = 23.89^0$$

Четверта передача (косозуба): розрахунок основних геометричних параметрів. Для четвертої передачі коробки передач, яка реалізується за допомогою косозубої пари зубчастих коліс, виконується визначення основних геометричних характеристик, необхідних для подальших міцнісних і кінематичних перевірок.

Передавальне число на даній передачі визначає співвідношення між кількістю зубців на веденому та ведучому колесах:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 23.29^0}{4} = 62;$$

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = 72, \beta = \arccos \frac{0.5 \cdot 4 \cdot 72}{168} = 23.29^0$$

П'ята передача (косозуба): чисельне визначення геометричних характеристик. П'ята передача у п'ятиступеневій коробці передач зазвичай є високошвидкісною, а отже, передбачає мінімальне передавальне число серед

усіх передач. Для підвищення плавності роботи та зниження шуму у конструкції застосовується косозубе зачеплення.

Базовим кроком є визначення кількості зубців веденого та ведучого коліс за передавальним числом:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 23.29^0}{4} = 62;$$

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = 72, \beta = \arccos \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 72}{168} = 23,29^0$$

Задній хід (прямозуба передача): числове обґрунтування параметрів зачеплення. Передача заднього ходу в конструкції механічної коробки передач зазвичай реалізується за допомогою прямозубої зубчастої пари з проміжним паразитним колесом, яке забезпечує зміну напрямку обертання веденого вала. Пряме зачеплення вибирається з огляду на простоту конструкції, відсутність потреби у високій плавності роботи та зменшення вартості виготовлення.

Кінематичний розрахунок базується на заданому передавальному числі заднього ходу:

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2 \cdot 168 \cdot \cos 0^0}{4} = 68;$$

$$z_{\Sigma \text{ пр}} = 78, \beta = \arccos \frac{0,5 \cdot 4 \cdot 78}{168} = 0^0$$

Згідно з методикою, для розрахунку кількості зубців ведучого (z_1) та веденого (z_2) коліс кожної пари зубчастого зачеплення застосовується система двох рівнянь, яка базується на заданому передавальному числі.

Основні співвідношення мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} z_{\text{вщ}} + z_{\text{вм}} = z_{\Sigma}; \\ \frac{z_{\text{вщ}}}{z_{\text{вм}}} = u_p \end{array} \right\}, \quad (2.34)$$

де: $z_{\text{вщ}}$ – число зубів ведучого зубчастого колеса;

$z_{\text{вм}}$ – число зубів веденого колеса;

u_p – передаточне число от ведучого зубчастого колеса до ведомого.

Для визначення кількості зубів ведучого та веденого зубчастих коліс використовуємо систему формул, що базується на заданому передавальному числі та обраній сумарній кількості зубців у зачепленні. Такий підхід дозволяє забезпечити кінематичну точність передачі та дотримання вимог міцності.

Обчислення проводиться за такими аналітичними залежностями:

$$z_{B.M} = u_p \cdot z_{B.Щ} \quad (2.35)$$

$$u_p \cdot z_{B.Щ} + z_{B.Щ} = z_{\Sigma} \quad (2.36)$$

$$z_{B.Щ} (u_p + 1) = z_{\Sigma} \quad (2.37)$$

$$z_{B.Щ} = \frac{z_{\Sigma}}{u_p + 1} \quad (2.38)$$

$$z_{B.M} = u_p \cdot z_{B.Щ} \quad (2.39)$$

Перша передача (прямозуба), чисельні розрахунки:

$$z_{в.щ} = \frac{78}{5,8+1} = 14, z_{в.щ} = 14,$$

$$z_{в.м} = 5,8 \cdot 14 = 81,2, z_{в.м} = 81.$$

Друга передача (косозуба), чисельні розрахунки:

$$z_{в.щ} = \frac{72}{4+1} = 16,$$

$$z_{в.щ} = 16, z_{в.м} = 4 \cdot 16 = 64, z_{в.м} = 64.$$

Третя передача (косозуба), чисельні розрахунки:

$$z_{в.щ} = \frac{72}{2,75+1} = 20,$$

$$z_{в.щ} = 20, z_{в.м} = 2,75 \cdot 20 = 55, z_{в.м} = 55.$$

Четверта передача (косозуба), чисельні розрахунки:

$$z_{в.щ} = \frac{72}{1,9+1} = 24,8,$$

$$z_{в.щ} = 24, z_{в.м} = 1,9 \cdot 24 = 45, z_{в.м} = 45$$

П'ята передача (косозуба), чисельні розрахунки:

$$z_{в.щ} = \frac{72}{1,3+1} = 31,$$

$$z_{в.ц} = 31, z_{в.м} = 1,3 \cdot 31 = 40, z_{в..м} = 40$$

Задній хід (прямозуба) , чисельні розрахунки:

$$z_{в.ц} = \frac{78}{4,93+1} = 13,$$

$$z_{в.ц} = 13, z_{в.м} = 4,93 \cdot 13 = 64, z_{в..м} = 64.$$

Перевірка міцності зубців за контактними напруженнями. Для оцінки працездатності зубчастого зачеплення першої передачі виконується перевірка міцності зубців за умовами контактних напружень. Такий аналіз дозволяє визначити, чи не перевищує реальне навантаження допустимих меж, що забезпечують безаварійну експлуатацію передачі протягом нормативного ресурсу.

Розрахунок проводиться відповідно до класичної методики за формулою Герца:

$$\sigma_{cm} = 0,418 \cos \beta \sqrt{\frac{P \cdot E}{b_o \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \left(\frac{1}{r_{01}} - \frac{1}{r_{02}} \right)}}, \quad (2.40)$$

де β – кут нахилу зубців;

P – колове зусилля, знайдене виходячи зі значень крутного моменту, що передається валом шестерні, Н;

E – модуль поздовжньої пружності матеріалу (для сталі $E = 2,1$ МПа);

$b_o = (r_{01} + r_{02}) \sin \alpha$ – довжина лінії зачеплення;

r_{01}, r_{02} – радіуси первинних кіл відповідних шестерень;

$\alpha = 20^\circ$ – кут зачеплення шестерень.

У процесі перевірки міцності зубців передачі необхідно встановити діаметри шестерень, які є основними геометричними параметрами для подальших обчислень контактних та згинальних напружень.

Водночас допустимі значення допустимих контактних напружень $\sigma_{ст}$ залежать від типу зубчастого зачеплення:

для прямозубих коліс 1500...3000 МПа.

для косозубих коліс 1000...2500 МПа.

Ці значення обираються відповідно до матеріалу коліс, рівня термічної обробки, точності виготовлення та умов експлуатації.

$$d_1 = m \cdot z \quad (2.41)$$

$$d_1 = 20 \cdot 4 = 160 \text{ мм}$$

$$d_2 = 36 \cdot 4 = 288 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{M_{\text{розп}} \cdot 2}{d_1} \quad (2.42)$$

$$P = \frac{1242.5 \cdot 2}{0.16} = 15531.25 \text{ Н}$$

$$r_{o1} = \frac{m \cdot z_1}{2} \quad (2.43)$$

$$r_{o1} = \frac{8 \cdot 20}{2} = 0.080 \text{ мм}$$

$$r_{o2} = \frac{m \cdot z_2}{2} \quad (2.44)$$

$$r_{o2} = \frac{8 \cdot 36}{2} = 0.144 \text{ мм}$$

$$b_0 = (r_{o1} + r_{o2}) \sin \alpha \quad (2.45)$$

$$b_0 = (0.080 + 0.144) \cdot \sin 20 = 0.07 \text{ м}$$

$$\sigma_{cm} = 0,418 \cos 20 \sqrt{\frac{15531,2 \cdot 210 \cdot 10^9}{0,07 \cdot \sin 20 \cdot \cos 20} \left(\frac{1}{0,08} - \frac{1}{0,144} \right)} = 352,5 \text{ МПа}$$

Умова міцності за напруженнями виконується.

2.9.3 Розрахунок первинного вала

На етапі попереднього проектування первинного вала коробки передач його діаметр визначається орієнтовно, з використанням апроксимованих аналітичних залежностей, що базуються на багаторічному досвіді машинобудування. Для цього застосовують емпіричні формули, які враховують величину переданого крутного моменту, тип навантаження та матеріал вала.

У випадку проміжного або веденого валів, попередній розрахунок рекомендовано виконувати за співвідношенням.

$$d \approx 0,4 \cdot a_{\omega} \text{ мм}, \quad (2.46)$$

$$d \approx 0,4 \cdot 168 = 67 \text{ мм},$$

для ведучого валу[18]:

$$d = 6,0\sqrt[3]{M_{e\max}}, \quad (2.47)$$

де a_{ω} - міжосьова відстань, мм;

$M_{e\max}$ - максимальний момент двигуна, Н·м.

$$d = 6,0\sqrt[3]{362,9} = 38$$

Для забезпечення належної кінематичної точності та конструктивної доцільності коробки передач необхідно попередньо визначити довжину валів. На цьому етапі здійснюється орієнтовна оцінка довжини ведучого та проміжного вала, яка залежить від кількості встановлених на ньому зубчастих коліс, ширини їхніх вінців, міжколісних проміжків, а також від конструкції опор.

Розрахунок довжини ведучого й проміжного вала проводиться за загальноприйнятими інженерними методиками з урахуванням таких чинників:

$$\frac{d}{l} = 0.16 \div 0.18 \quad (2.48)$$

$$l = \frac{67}{0,17} = 224_{мм}$$

Для веденого вала:

$$\frac{d}{l} = 0.18 \div 0.21 \quad (2.49)$$

$$l = \frac{38}{0,18} = 198_{мм}$$

Для коректного визначення навантаження на первинний вал коробки передач необхідно обчислити значення діючих сил, що виникають під час роботи на кожній передачі. Ці сили зумовлені передачею крутного моменту через зубчасте зачеплення та залежать від геометрії коліс, їх розташування, типу зачеплення та передавального числа.

Обчислення проводиться за наступними формулами:

$$P_r = \frac{M_{kp}}{r_g}, \quad (2.50)$$

$$P_{\epsilon} = \frac{P_r \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta_g}, \quad (2.51)$$

$$P_a = P_r \operatorname{tg} \beta_g, \quad (2.52)$$

де $M_{\text{кр}}$ - розрахунковий крутний момент, відповідний $M_{\epsilon \text{ max}}$ на первинному валу коробки передач.

$$P_r = \frac{375 \cdot 10^3}{37} = 10324 \text{ Н},$$

$$P_{\epsilon} = \frac{10324 \cdot \operatorname{tg} 20^{\circ}}{\cos 0^{\circ}} = 4395 \text{ Н}.$$

Вторинний вал коробки передач сприймає реакції, пов'язані з передачею крутного моменту від зубчастих пар до трансмісійного ланцюга, що веде до головної передачі. При цьому він піддається комплексному навантаженню, яке включає крутний момент, радіальні та осьові сили, що діють з боку кожної зачепленої шестерні.

$$\Sigma M_A = 0; -R_B^B \cdot 330 + P_{\epsilon} \cdot 415 = 0, \quad (2.53)$$

$$R_B^B = \frac{P_{\epsilon} \cdot 415}{330} \text{ Н}.$$

$$R_B^B = \frac{4395 \cdot 415}{330} = 4768 \text{ Н}.$$

$$\Sigma M_B = 0; R_a^B \cdot 330 + P_{\epsilon} \cdot 85 = 0, \quad (2.54)$$

$$R_a^B = \frac{-P_{\epsilon} \cdot 85}{330} \text{ Н}. \quad (2.55)$$

$$R_a^B = \frac{-4395 \cdot 85}{330} = -1132 \text{ Н}.$$

У процесі силового аналізу вторинного вала доцільно окремо розглядати компоненти навантаження, що діють у горизонтальній площині. Саме в цій площині впливають радіальні сили F_r , зумовлені геометрією зубчастого зачеплення, та частково окружні сили F_t , проєктовані на горизонтальну вісь при відповідному розміщенні коліс.

Розрахунок горизонтальної сили проводиться шляхом проєкції діючих навантажень:

$$\Sigma M_A = 0; R_B^\Gamma \cdot 330 - P_\epsilon \cdot 415 = 0,$$

$$R_a^B = \frac{-P_\epsilon \cdot 85}{330} \text{ Н.} \quad (2.56)$$

$$R_a^B = \frac{-4395 \cdot 85}{330} = -1132 \text{ Н.}$$

$$\Sigma M_B = 0; -R_a^\Gamma \cdot 330 + P_\epsilon \cdot 85 = 0, \quad (2.57)$$

$$R_a^\Gamma = \frac{P_\epsilon \cdot 85}{330} \text{ Н.}$$

Згинальний момент у вертикальній площині визначається за допомогою рівноважних рівнянь і схем навантаження:

$$M_{изг\ A}^B = 0, \quad (2.58)$$

$$M_{изг\ B}^B = P_\epsilon \cdot 0,085 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (2.59)$$

$$M_{изг\ B}^B = 4395 \cdot 0,085 = 355 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Горизонтальна компонента навантаження створює згинальні зусилля, що впливають на міцність і жорсткість вала, особливо в міжопорних прольотах. Обчислення згинального моменту в цій площині здійснюється на основі принципів статки:

$$M_{изг\ A}^\Gamma = 0, \quad (2.60)$$

$$M_{изг\ B}^\Gamma = P_\epsilon \cdot 0,085 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (2.61)$$

$$M_{изг\ B}^\Gamma = 10324 \cdot 0,085 = 953 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Сумарний згинальний момент визначають за формулою:

$$M_{изг}^{сумм.} = \sqrt{M_B^2 + M_\Gamma^2} \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.62)$$

$$M_{изг}^{сумм.} = \sqrt{355^2 + 953^2} = 1358 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Для оцінки напруженого стану вала, що зазнає одночасного впливу згинального та крутного моментів, застосовується поняття еквівалентного моменту. Цей показник дозволяє перейти до умовної оцінки навантаження за еквівалентною силовою дією, зведеною до чистого згину, відповідно до теорій міцності.

Еквівалентний момент визначається за формулою:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{M_{\text{изг}}^{\text{сумм.}^2} + M_{\text{кр}}^2} \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.63)$$

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{1358^2 + 345^2} = 1720 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Після розрахунку еквівалентного моменту навантаження, що діє на вал, необхідно перейти до визначення діаметра перерізу, який забезпечить необхідний запас міцності. Розрахунок проводиться за критерієм міцності на складний опір згину та кручення, із застосуванням узагальненої аналітичної залежності.

Діаметр вала визначається з виразу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{экв}}}{0,1[\sigma_{\text{и}}]}}, \quad (2.64)$$

де $[\sigma_{\text{и}}]$ - додаткове напруження на згин.

$$[\sigma_{\text{и}}] = \frac{\sigma_{-1}}{[n] \cdot K_{\sigma}}, \quad (2.65)$$

де σ_{-1} - границя витривалості, МПа.

$$\sigma_{-1} = (0,4 - 0,45)\sigma_{\text{в}}, \quad (2.66)$$

де $\sigma_{\text{в}}$ - границя міцності, $\sigma_{\text{в}} = 1275$ МПа;

$[n]$ - коефіцієнт запасу міцності,

K_{σ} - коефіцієнт концентрації напружень,

Приймаю: $[n] = 2,5$; $K_{\sigma} = 3$.

$$\sigma_{-1} = 0,4 \cdot 1275 = 510 \text{ МПа},$$

$$[\sigma_{\text{и}}] = \frac{510}{2,5 \cdot 3} = 68 \text{ МПа},$$

2.10 Розрахунок вала на статичну міцність

У процесі оцінки працездатності вала за критерієм статичної міцності, особливу увагу приділяють аналізу напружень у небезпечному перерізі, де діє найбільше навантаження. Для більшості випадків таким є переріз №3, у якому

сумарний згинальний момент та крутний момент досягають своїх максимальних значень.

У цьому перерізі обчислюється еквівалентний момент, що використовується для визначення напружень:

$$\sigma_{II} = \frac{M_{II}}{W} \quad (2.67)$$

де $W = 0,1 \cdot d^3$ - осьовий момент опору суцільного перерізу валу, мм³;

$$\sigma_{II} = \frac{68,3 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 32^3} = 20,8 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \tau_m = \frac{M_{кр}}{2 \cdot W_\rho} \quad (2.68)$$

Де $W_\rho = 0,2 \cdot d^3$ - полярний момент опору суцільного перерізу валу, мм³;

$$\tau_{кр} = \frac{166,8 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,2 \cdot 32^3} = 12,73 \text{ МПа}.$$

При розрахунку деталей машин на втому, зокрема при циклічному навантаженні валів, необхідно враховувати вплив різних факторів, які знижують границю витривалості матеріалу. Для цього використовуються коефіцієнти зниження межі витривалості, які враховують реальні умови роботи та технологічні особливості виготовлення елемента.

Загальна формула для приведеної межі витривалості має вигляд:

$$K_{\sigma D} = \left(\frac{\kappa_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + \beta - 1 \right) = 2,4877; \quad (2.69)$$

$$K_{\tau D} = \left(\frac{\kappa_\tau}{\varepsilon_\tau} + \beta - 1 \right) = 2,163; \quad (2.70)$$

Для оцінки надійності вала або іншого елемента, що працює в умовах згину, визначається коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями. Цей коефіцієнт відображає ступінь запасу між фактичним експлуатаційним навантаженням і граничним допустимим напруженням матеріалу, що забезпечує довготривалу безвідмовну роботу деталі.

Розрахунок виконується за формулою:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} \cdot \sigma_H + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m} = \frac{420}{2,4877 \cdot 20,9 + 0} = 8,078 . \quad (2.71)$$

У процесі розрахунку деталей, що піддаються дії вигинальних моментів (наприклад, валів, балок, важелів), оцінка їх працездатності здійснюється за допомогою коефіцієнта запасу міцності, який обчислюється на основі порівняння фактичного напруження згину з допустимим значенням напруження для матеріалу.

Аналітичне вираження для коефіцієнта запасу має вигляд:

$$n_{\sigma} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} \cdot \tau_{kp} + \psi_{\tau} \cdot \tau_m} = \frac{230}{2,163 \cdot 12,72 + 0,05 \cdot 12,72} = 8,1707 \quad (2.72)$$

Він характеризує, у скільки разів гранично допустиме напруження перевищує фактичне експлуатаційне навантаження, і використовується як критерій відповідності елемента вимогам міцності.

Загальна формула розрахункового коефіцієнта запасу має вигляд:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} = \frac{8,078 \cdot 8,1707}{\sqrt{(8,078)^2 + (8,1707)^2}} = 5,75 \quad (2.73)$$

Для забезпечення надійної та безвідмовної роботи деталей машин і механізмів необхідно, щоб фактичні напруження, які виникають під дією робочих навантажень, не перевищували допустимих значень, встановлених для матеріалу конструктивного елемента. Ця вимога формалізується через умову міцності, яка має загальний вигляд:

$$n \geq [n], \quad (2.74)$$

$5,74 \geq 2,7$ умова міцності виконується.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічне завдання

Найменування та сфера застосування. Розроблюваний стенд призначений для проведення випробувань коробок передач, що використовуються у легкових автомобілях. Він являє собою металеву рамну конструкцію, адаптовану для монтажу трансмісійного агрегата в умовах агрегатної дільниці. Експлуатація обладнання передбачена в закритих приміщеннях, оснащених системами штучного освітлення та вентиляції, у температурному діапазоні від $+15^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$. У робочій зоні передбачено наявність джерела електроживлення.

Підстава для розроблення. Проектування стенда здійснюється відповідно до завдання, виданого кафедрою проектування експлуатаційного обладнання (ПЕА), в рамках дипломного проекту на тему: Розробка стенда для випробування коробок передач легкових автомобілів.

Мета і призначення проекту. Метою розробки є створення функціонального та універсального стенда для діагностики й випробування механічних коробок передач, який буде застосовуватись на автотранспортних підприємствах (АТП) та станціях технічного обслуговування (СТО) легкового автотранспорту.

Вихідні матеріали для розроблення. В основу проектування покладено технічні вимоги до електромеханічного стенда типу КС-02, що використовується як базовий аналог для адаптації під сучасні вимоги діагностики та випробувань.

Стенд для випробування коробок передач має включати такі основні конструктивні елементи: несучу раму, коробчасті стійки, опорні вузли, механізми переміщення приводу та інерційні маси махового типу.

Основою конструкції слугує зварна рамна структура коробчастого типу, укріплена поперечними балками, що забезпечують її жорсткість. На рамі жорстко фіксуються вертикальні стійки, які забезпечують просторову стабільність конструкції під час роботи. Для запобігання небажаним

переміщенням у процесі експлуатації, стенд монтується до основи приміщення за допомогою анкерного кріплення.

У порівнянні з прототипом-аналогом, нова конструкція повинна мати ряди переваг, зокрема:

- спрощене виготовлення, що не потребує складного технологічного оснащення;

- зручність у технічному обслуговуванні та експлуатації;

- можливість виготовлення та складання на виробничо-технічній ділянці АТП, без залучення сторонніх виробників;

- помірна маса конструкції, що забезпечує зручність її транспортування та встановлення в раціональному з погляду планування місці;

- підвищений рівень безпеки, досягнутий завдяки зниженню ймовірності випадкового падіння агрегату;

- зменшення ризику виробничого травматизму, що є ключовим чинником у сучасних умовах охорони праці.

Стенд призначено для застосування в умовах авторемонтних підприємств та станцій технічного обслуговування, які здійснюють діагностику, регламентне обслуговування та ремонт коробок передач легкових автомобілів. Передбачена експлуатація обладнання у виробничих приміщеннях, що відповідають таким умовам:

- бетонна підлога як основа монтажу та стійкості конструкції;

- температурний режим у межах 15...30 °С, що є типовим для закритих цехів;

- відносна вологість повітря не більше 60%, що не впливає на електромеханічні вузли;

- освітлення – комбіноване (природне та штучне), що забезпечує достатню візуалізацію процесу обслуговування;

- електроживлення – змінний струм напругою 380 В, що відповідає промислового стандарту.

Основні технічні вимоги. Конструктивно стенд повинен включати:

- металеву просторову раму, що виконує несучу функцію;

панель управління, яка забезпечує контроль за режимами випробування та виведенням результатів.

Для забезпечення об'єктивної оцінки технічного стану коробки передач стенд має бути обладнаний функціоналом, який дозволяє одночасно контролювати кілька параметрів роботи агрегату. Такий підхід забезпечить достовірність результатів випробувань і дозволить точно ідентифікувати наявні дефекти у роботі трансмісії.

Проектований випробувальний стенд має відповідати сучасним технічним і економічним показникам, не поступаючи за ефективністю аналогічним зразкам, які використовуються для діагностики та контролю трансмісійних агрегатів легкових автомобілів.

Орієнтовні технічні характеристики обладнання:

Тип виконання: стаціонарна установка з використанням махових інерційних мас для створення навантаження;

Номінальна потужність електродвигуна – не більше 10 кВт;

Максимальна частота обертання вала електродвигуна – до 3000 об/хв;

Повна маса стенда не перевищує 1000 кг.

З урахуванням доступних виробничих ресурсів, конструкція стенда повинна бути адаптована для виготовлення в умовах АТП або СТО, де можливе виконання таких операцій, як токарна, фрезерна, шліфувальна, слюсарна та зварювальна обробка.

Термін експлуатації стенда має становити не менше 10 років при дотриманні регламенту технічного обслуговування. У процесі конструкторської розробки необхідно враховувати вимоги патентної чистоти, тобто уникати технічних рішень, що можуть порушувати діючі охоронні документи.

Вимоги до надійності та технологічності. Конструкція стенда повинна забезпечувати високий рівень надійності:

безвідмовність у роботі або мінімальна трудомісткість при відновленні працездатності;

зручність в експлуатації та обслуговуванні;

технологічність виготовлення з доступних матеріалів і комплектуючих;

збереження функціонального стану під час зберігання;

готовність до використання після тривалого транспортування чи зберігання без додаткових регулювань або доопрацювань.

У конструкції проєктованого випробувального стенда передбачається максимальне використання уніфікованих та стандартних виробів, які відповідають чинним державним стандартам (ДСТУ, ГОСТ тощо). До таких елементів відносяться: електродвигуни, прокатні матеріали, кріпильні вироби, комутаційні компоненти та інші серійні вузли.

З метою підвищення ефективності виробництва та зниження витрат на виготовлення, конструкція стенда повинна бути технологічно адаптованою до широкого використання покупних комплектуючих. Це також дозволяє скоротити терміни виготовлення та забезпечити ремонтпридатність шляхом заміни стандартних елементів. Крім того, повинна бути передбачена можливість подальшої модернізації конструкції, за умови технічної доцільності та забезпечення сумісності із базовим функціоналом.

Вимоги до безпечної експлуатації. При проєктуванні та експлуатації стенда повинні обов'язково виконуватися вимоги нормативів з охорони праці, зокрема:

1. Конструктивна безпека:

обладнання має бути оснащено огорожувальними елементами для всіх рухомих частин та органів керування;

необхідно передбачити системи блокування ввімкнення у разі аварійної ситуації або неправильного положення робочих елементів;

фіксація та надійне закріплення функціональних вузлів повинна бути гарантована у ремонтному режимі та під час транспортування;

панелі керування мають бути освітлені та доступні для оператора;

передбачене встановлення засобів візуального контролю та діагностики.

2. Гігієнічні та санітарні умови:

забезпечується локальна вентиляція у зоні роботи;

наявність захисних екранів від пилу та частинок мастильних матеріалів;

організовано регулярне прибирання та очищення елементів конструкції, які підлягають обслуговуванню.

3. Електробезпека:

усі електричні компоненти повинні мати ізоляцію, стійку до механічних і хімічних впливів;

обов'язкове заземлення апаратури;

передбачені пристрої автоматичного відключення живлення у разі перевантаження або екстреної ситуації.

4. Пожежо- та вибухобезпека:

у зоні експлуатації розміщуються вогнегасники типів ОУ та ОП;

встановлюється ящик з піском і, за потреби, інші засоби для локалізації займання.

5. Інформаційна безпека та візуальні попередження:

на обладнанні мають бути розміщені інформаційні таблички та попереджувальні знаки:

«Обережно! Доступ стороннім заборонено!»,
захисне маркування небезпечних зон тощо.

6. Захист персоналу від шкідливих факторів:

конструкція повинна забезпечувати мінімізацію впливу шуму, вібрацій, температурних перепадів, а також інших факторів, що можуть негативно впливати на стан здоров'я оператора.

Проектований стенд має відповідати ергономічним нормам, що забезпечують комфорт оператора під час тривалої експлуатації. Зокрема, панель керування повинна розміщуватись на рівні грудей, а елементи управління – бути зручно скомпонованими для зменшення фізичного навантаження та уникнення швидкої втоми персоналу.

Конструктивне виконання стенда повинно гарантувати дотримання норм пожежної безпеки та електробезпеки. Для цього необхідно застосовувати матеріали з відповідними характеристиками вогнестійкості, забезпечити надійну електроізоляцію всіх струмопровідних елементів та передбачити заземлення й аварійні відключення у разі перевантаження або несправності.

Зовнішній вигляд установки повинен відповідати естетичним вимогам: конструкція має мати стримані та лаконічні форми, переважно з прямолінійними елементами. Візуальна простота сприятиме зниженню психологічного навантаження на обслуговуючий персонал та створенню

сприятливого виробничого середовища.

Живлення електроприводу стенда має здійснюватися від мережі змінного струму з номінальною напругою 380 В, що відповідає вимогам промислових об'єктів.

Крім того, конструкція стенда повинна бути мобільною і технологічно адаптованою до процесів монтажу й демонтажу. Під час транспортування або тривалого зберігання необхідно забезпечити можливість розбирання стенда з подальшим розміщенням його частин у тару (ящики), що відповідає вимогам транспортувальної безпеки та логістичної зручності.

На етапі розробки технічного проєкту конструкторська документація підлягає обов'язковому погодженню з керівником проєкту, а також з технічними фахівцями, призначеними відповідальними особами. Остаточне технічне рішення повинно бути затверджене замовником, після чого воно слугує підґрунтям для формування повного технічного проєкту. Випуск дослідного зразка та його випробування є передумовою для серійного виробництва конструкції.

Установка стенда передбачена на основі з твердим горизонтальним покриттям, виконаним із залізобетону або сталі, що забезпечує надійну фіксацію та стійкість конструкції під час експлуатації.

Проектований випробувальний стенд повинен мати переваги над аналогами, зокрема: спрощену конструкцію, зручність у технічному обслуговуванні та легкість у щоденному використанні. Основні геометричні параметри та компоновання стенда представлено на рисунку 10.

Необхідно передбачити можливість мобільного переміщення стенда в межах приміщення та встановлення його в місці, що є оптимальним з погляду технологічної логістики. Особливу увагу слід приділити підвищенню рівня безпеки експлуатації, а також мінімізації ризиків ушкодження обладнання чи виникнення травмонебезпечних ситуацій для обслуговуючого персоналу.

Об'єкт випробування – коробка передач – монтується у робоче положення відповідно до вимог технічної документації на поперечну раму. З'єднання з вхідним валом здійснюється через спеціальну муфту приводу, тоді як вихідний вал стикується з гальмівною або навантажувальною системою стенда, що

дозволяє реалізовувати необхідні режими тестування.

Конструкція обладнання повинна бути виконана з урахуванням тектонічної виразності, що передбачає інформативність форми щодо функціонального призначення кожного її елемента. Пропорційне співвідношення основних контурів має забезпечувати композиційну рівновагу, візуальну гармонію та логічну завершеність зовнішнього вигляду установки.

Переходи між елементами конструкції повинні бути обґрунтованими та взаємопов'язаними, уникаючи випадковості у розміщенні дрібних складових. За необхідності дрібні функціональні елементи мають бути приховані за декоративними панелями, що сприятиме підвищенню естетичних якостей обладнання та впорядкованості загального вигляду.

Важливо, щоб конструкція стенда органічно інтегрувалася в архітектуру приміщення, не створюючи візуального або функціонального дисонансу. З цією метою рекомендовано використовувати кольорове оформлення в біло-синій гамі, що є універсальним для виробничого середовища та відповідає вимогам технічної естетики.

Фінансова складова проєкту. Обсяг коштів, передбачених на розробку проєктної та конструкторської документації для виготовлення випробувального стенда, становить 60 000 гривень, що охоплює витрати на проектування, аналіз технічних рішень та узгодження конструкторських креслень.

Надійність обладнання. Стенд повинен мати середній наробіток на відмову не менше 10 000 годин, що відповідає сучасним вимогам до надійності технологічного обладнання та забезпечує тривалий період експлуатації без потреби в капітальному ремонті.

Уніфікація та стандартизація. Для підвищення уніфікації конструкції рекомендовано, щоб усі компоненти стенда, за винятком корпусних елементів, гідравлічних і електричних комунікацій, були виготовлені з вузлів, деталей та агрегатів, стандартизованих і широко застосовуваних у конструкціях автомобілів. Це суттєво полегшить обслуговування та ремонт установки.

Вимоги щодо пожежної безпеки. Конструкція стенда має бути такою, щоб його можна було безпечно експлуатувати в умовах приміщень з категорією пожежної небезпеки класу В2, згідно з чинними нормативами пожежної

безпеки.

Обслуговуючий персонал. Експлуатацію та щоденне технічне обслуговування стенда повинен здійснювати кваліфікований слюсар не нижче третього розряду, що відповідає умовам професійної підготовки персоналу автосервісних підприємств.

Регламент технічного обслуговування. Поточне технічне обслуговування конструкції повинно проводитись персоналом станції технічного обслуговування не частіше ніж один раз на півроку, що забезпечує оптимальний баланс між витратами на сервіс і технічною готовністю обладнання.

Стадії та етапи розробки проєкту

У процесі проєктування та виготовлення випробувального стенда реалізується поетапна послідовність розробки, яка включає такі основні стадії:

Формування технічного завдання. На даному етапі визначаються вимоги до призначення, умов експлуатації, функціональних характеристик та обмежень, що мають бути враховані при конструюванні стенда.

Підготовка технічної пропозиції. На підставі технічного завдання виконується аналіз можливих технічних рішень, підбір принципових схем і обґрунтування вибору оптимального варіанта.

Розробка ескізного проєкту. Виконується створення попередньої компоновки стенда, ескізи основних вузлів та механізмів, а також оцінюється технічна і технологічна доцільність прийнятого рішення.

Опрацювання робочого проєкту. Розробляється повний комплект робочої документації, включаючи деталювання конструкцій, специфікації, монтажні схеми, що дозволяють здійснити виготовлення стенда.

Формування повного комплексу конструкторської документації. Здійснюється остаточне оформлення всієї проєктної документації відповідно до вимог державних стандартів, у тому числі технічні умови, експлуатаційні інструкції, відомості матеріалів і складових частин.

Порядок проведення контролю та приймання. На завершення кожного з етапів виконується перевірка відповідності результатів встановленим вимогам. Приймання результатів розробки здійснюється технічними фахівцями із

залученням відповідальної особи від замовника.

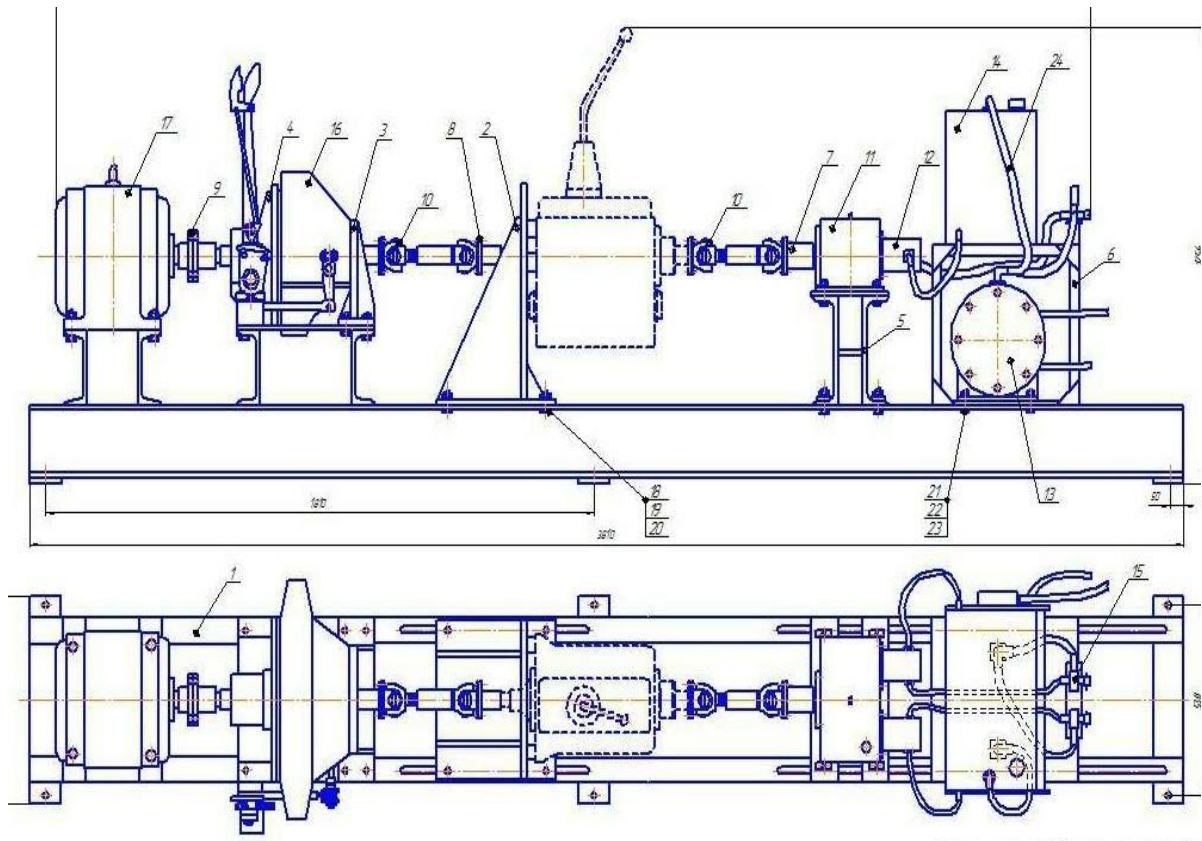


Рис. 3.1. Універсальний стенд для обкатки коробок передач.

Зображений на рисунку стенд призначений для функціональної перевірки та діагностики коробок передач, що застосовуються в конструкції легкових автомобілів. У рамках модернізації прототипу здійснюється удосконалення конструкції шляхом впровадження енергоефективних, демпфуючих та пружних компонентів, що забезпечують зниження складності виготовлення, собівартості виробу та підвищення його експлуатаційної надійності.

3.2 Технічна пропозиція

На основі технічного завдання передбачається створення конструкції стенда, призначеного для стендових випробувань коробок передач легкових автомобілів, які проходять обслуговування на автотранспортних підприємствах (АТП) або сервісних станціях. Як базовий варіант для подальшого конструкторського опрацювання обрано універсальний обкаточний стенд, який може бути адаптований до різних типів коробок передач шляхом відповідних

конструктивних змін та впровадження універсальних вузлів кріплення і навантаження.

На сьогоднішній день виконання технічного обслуговування та ремонту автомобілів неможливе без застосування спеціалізованого технологічного обладнання. Використання сучасних технічних засобів забезпечує високий рівень якості виконуваних робіт, скорочує витрати часу на обслуговування транспортних засобів і суттєво підвищує ефективність праці обслуговуючого персоналу.

Особливу складність в межах технічного обслуговування та поточного ремонту становлять діагностичні операції, питома трудомісткість яких становить орієнтовно 10–16% від загального обсягу робіт. Важливою складовою таких операцій є використання обладнання, призначеного для оцінки технічного стану окремих елементів та вузлів легкових автомобілів. Через високу складність діагностичних процедур виникає необхідність у застосуванні спеціалізованих пристроїв, до яких належать мотор-тестери, прилади для перевірки виконавчих механізмів, електронні сканери, пристрої для розрядження систем запалювання, а також імітатори сигналів датчиків.

Перевагою вдосконаленої конструкції стенда порівняно з базовим аналогом є його економічна доцільність – зниження вартості виготовлення, простота технічного обслуговування й експлуатації. Завдяки малій масі конструкції забезпечується зручність у переміщенні стенда та його встановленні у найбільш раціональному з точки зору організації простору місці.

Конструкція випробувального стенда включає такі основні елементи: основу, просторову раму, електричний привід, пристрій для навантаження, а також пульт керування.

Зразки стендів, призначених для обкатки та перевірки працездатності коробок передач, наведені на рисунках 3.2 – 3.5. Представлений універсальний обкаточний стенд орієнтований на потреби організацій, що експлуатують автопарк різних марок легкових транспортних засобів та самостійно здійснюють технічне або капітальне обслуговування. Конструкція стенда дозволяє проводити приробітку та функціональне випробування коробок передач у трьох режимах: у холодному стані, у гарячому режимі без

навантаження та в гарячому режимі з прикладеним навантаженням.



Рис. 3.2. Механізований стенд для обкатки коробок передач легкових автомобілів.

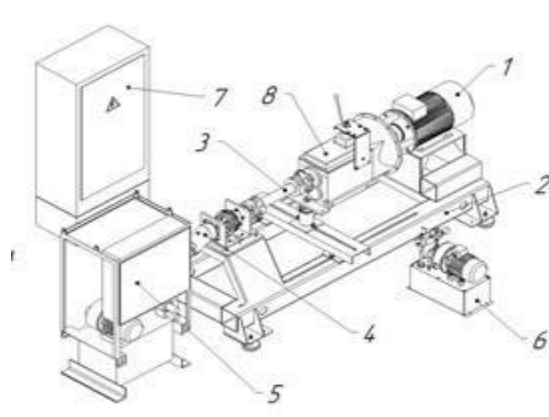


Рис. 3.3. Випробувальний стенд моделі S-6с для діагностики технічного стану КПП.



Рис. 3.4. Комплекс KS-02-W для функціонального тестування коробок перемикавання передач.

Відповідно до вимог, визначених у технічному завданні, передбачено проектування обкатувального стенда, функціонування якого реалізується із

застосуванням махових мас як елементів навантаження.

Для аналізу доцільно розглянути конструктивну схему стенда для обкатки коробок передач, яка є однією з найбільш поширених – зокрема, стенд типу S-6с.

Однак аналіз функціональних характеристик зазначеного зразка (3.3) свідчить про його непридатність до використання в рамках запропонованого проєкту, оскільки він не передбачає наявності махових мас. Це унеможливає формування необхідного імітаційного моменту інерції, а отже – проведення обкатки з дотриманням реальних експлуатаційних умов.

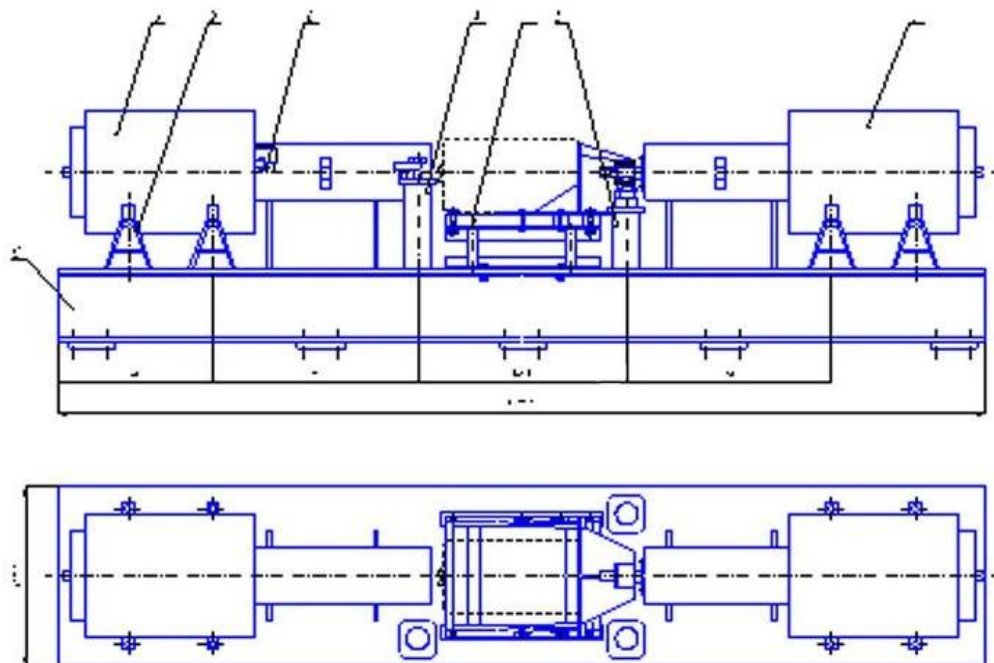


Рис. 3.5. Установка SU8437A для контрольної перевірки коробок передач після ремонту.

У якості конструктивного рішення пропонується адаптація передньої частини першого варіанту компоновки, яка включає електропривод і випробувану коробку передач. При цьому карданна передача замінюється перехідною втулкою з внутрішнім шліцьовим зачепленням. Така зміна дозволяє зменшити загальні габарити конструкції стенда, а також оптимізувати витрати на його виготовлення за рахунок виключення карданного механізму.

Опорна частина установки виконується на базі зварної рами зі швелерів, що жорстко фіксується на підлозі з армованого бетону, забезпечуючи стабільність і безпечні умови експлуатації.

Стенд типу KS-02-W для випробування коробок передач.

У процесі експлуатації автотранспортних засобів виникає необхідність у виконанні комплексу операцій, що стосуються технічного приймання та діагностичної перевірки ефективності функціонування елементів підвіски. Конструктивна складність вузлів і агрегатів підвісної системи обумовлює потребу у проведенні серії випробувань до впровадження цих компонентів у серійне виробництво.

Серед експлуатаційних характеристик випробувальної установки слід відзначити низький рівень енергоспоживання, що зумовлює її економічну доцільність.

Забезпеченість витратними матеріалами та спеціалізованими технологічними рідинами є постійною, що дозволяє не переривати технологічний цикл.

До основних переваг установки слід віднести її високу експлуатаційну надійність – обладнання ефективно функціонує в умовах сервісних центрів понад сім років, демонструючи стабільні технічні результати.

У результаті проведеного порівняльного аналізу експлуатаційних і конструктивних параметрів різних моделей стендів було складено циклограму, яка демонструє переваги застосування стенда типу KS-02-W для обкатування коробок передач після ремонту. Цей стенд характеризується високим потенціалом для удосконалення: передбачена можливість спрощення окремих інженерних рішень, що, у свою чергу, дозволяє оптимізувати конструкцію і зменшити витрати на виготовлення в межах заданих техніко-економічних вимог.

3.3 Конструктивне виконання пристрою

У процесі подальшого конструювання доцільно базуватися на моделі стенда KS-02-W, яку було відібрано як оптимальний зразок для обкатування коробок передач після виконання ремонтних робіт. Пріоритетом має залишатися мінімізація конструктивної складності з одночасним зменшенням витрат на виготовлення та закупівлю складових елементів. З метою оптимізації

навчального проєктування рекомендовано використовувати актуальні джерела технічної інформації.

Для живлення електроприводу станда передбачається використання трифазного змінного струму з напругою 380 В.

Основні техніко-економічні характеристики станда:

Орієнтовна вартість виготовлення – 50 000 грн;

Розрахунковий період окупності – приблизно 1 рік;

Прогнозований щоденний дохід – до 4000 грн;

Орієнтовна вартість одного сеансу обкатки – 1000 грн.

Запроєктована конструкція станда містить жорстку зварну основу, на якій розміщено всі ключові функціональні компоненти, що забезпечують повноцінне виконання випробувань (рисунок 3.6).

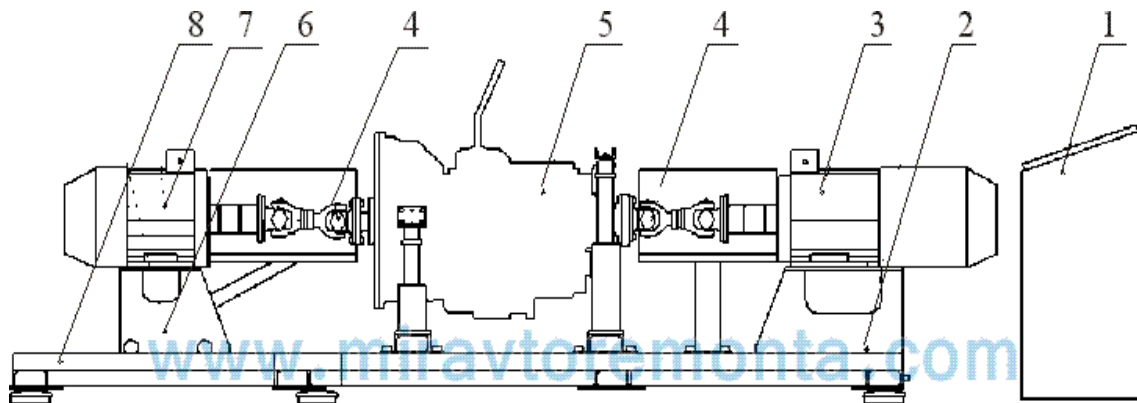


Рис. 3.6. Принципова схема станда для обкатки та випробування коробок передач.

На основі конструкції станда реалізовано зварну раму (поз. 8), на якій закріплено електроприводний агрегат (поз. 7) і частотний перетворювач (поз. 6), що виконує функцію регулювання швидкості обертання електродвигуна в процесі проведення обкаточних або випробувальних процедур. Елемент керування частотником розташований в центральній частині станда – це забезпечує зручність візуального спостереження та доступ до органів управління. На опорному кронштейні закріплюється трансмісійний агрегат (позиція 5), що підлягає обкатці. У ролі навантажувального блоку під час експлуатаційного моделювання використовуються махові маси (поз. 3), які з'єднуються з коробкою передач за допомогою карданного вала (поз. 4).

Особливості конструювання вузлів з'єднання стенда. Механізм стикування коробки передач з електроприводом. Передача обертального моменту від електродвигуна до коробки передач здійснюється шляхом фланцевого з'єднання: на валу двигуна фіксується адаптований шліцьовий фланець, запозичений зі структури веденого диска зчеплення.

Функціонування стикувального вузла. Під час монтажу коробки передач на стенд шліцьовий вал агрегату вводиться в зачеплення зі шліцьовим отвором фланця, закріпленого болтовими з'єднаннями до електродвигуна. Після суміщення отворів для кріплення коробка передач фіксується до захисного кожуха за допомогою шпильок і гайок, що забезпечує надійну посадку та збереження осьового вирівнювання.

Конструкція вузла приєднання карданного вала до махових мас (рисунок 3.7).

Передача обертального моменту від карданного вала до махових мас реалізується через перехідний фланець, який з'єднується з маточиною за допомогою болтового кріплення. Така компоновка забезпечує надійність з'єднання, дозволяє компенсувати осьові й кутові зміщення вала та мінімізує навантаження на з'єднувальні елементи в умовах циклічної роботи стенда.

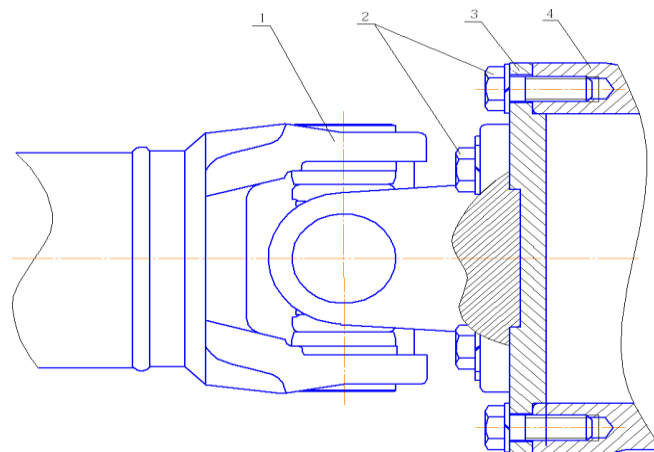


Рис. 3.17. Схема вузла з'єднання карданного вала з маховими масами:

- 1 – карданний вал; 2 – болтове з'єднання; 3 – проміжний (перехідний) фланець;
- 4 – маточина махової маси.

Функціонування з'єднувального вузла. У процесі встановлення

карданний вал насаджується на шліцьовий вихідний вал коробки передач, після чого надійно фіксується за допомогою болтів до проміжного фланця, який жорстко з'єднаний з обертовими маховими масами.

Несуча конструкція стенда являє собою повністю зварену металеву раму, що виготовлена з прокатних швелерів. На цій рамі, безпосередньо поблизу випробовуваної коробки передач, закріплено частотний перетворювач, який забезпечує регулювання частоти обертання приводного електродвигуна в заданих режимах.

Навантажувальний механізм та карданний вал обов'язково мають бути захищені огорожувальним кожухом. Це дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму та запобігти виникненню аварійних ситуацій під час виконання стендових випробувань.

У якості махової маси доцільно використати серійний маховик від транспортного засобу (див. рисунок 3.18), що відповідає вимогам до інерційного навантаження.

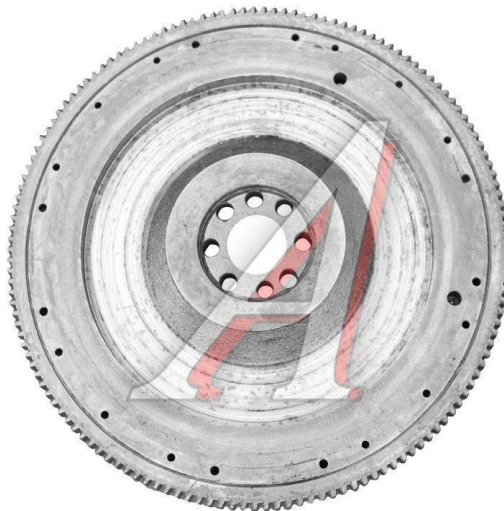


Рис. 3.18. Пристрій навантаження.

Розрахунок та вибір електропривода для стенда. У процесі проєктування враховується, що розроблюваний стенд призначений для здійснення обкатки коробок перемикання передач. В якості елемента, що імітує навантаження, планується використання інерційних махових мас. Робота коробки передач в умовах обкатки передбачається при частоті обертання 500 об/хв, що відповідає технічним умовам на проведення приробітку вузлів трансмісії.

Передача крутного моменту до маховиків здійснюється за допомогою карданного валу, який з'єднує вихідний вал коробки передач із маховою масою.

Потужність електродвигуна, що приводить у дію систему, приймається рівною 3,5 кВт, згідно з регламентованими параметрами режиму обкатки редуктора.

Подальший розрахунок карданного валу проводиться на основі крутного моменту, що виникає на валу електродвигуна. Значення цього моменту визначається за відповідною аналітичною формулою:

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

де N – потужність електродвигуна, Вт;

ω – кутова швидкість, рад/с.

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

У складі навантажувального пристрою планується застосування маховиків як інерційних елементів. Відповідно, інженерний розрахунок зосереджено на встановленні необхідної кількості маховиків та визначенні їх маси для забезпечення стабільної роботи стенда.

Обчислення маси махового елемента базується на принципі збереження кінетичної енергії при передачі навантаження від електродвигуна до інерційної системи стенда. При цьому енергетична рівновага між джерелом приводу та маховиком виражається рівністю $E_p = E_m$.

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

$$R = 185 \text{ мм} = 0,185 \text{ м}.$$

$$n = 3000 \text{ об/хв.}.$$

$$i = 3,667.$$

$$I = I_m \cdot N, \text{ кг м}^2 \quad 3.3$$

Позначення I_m відповідає моменту інерції одного маховика, який застосовується в конструкції навантажувального вузла стенда, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Параметр N позначає кількість маховиків, що беруть участь у формуванні загального навантаження.

Оскільки конструктивно маховик реалізується у вигляді масивного обода з простою циліндричною формою, його момент інерції може бути визначений

на основі класичного виразу для тонкостінного циліндра наступним чином:

$$I_M \approx G \cdot D^2 / 2,5, \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad 3.4$$

$$G = 28 \text{ кг};$$

$$D = 370 \text{ мм} = 0,37 \text{ м}.$$

$$I_M \approx G \cdot D^2 / 2,5 = 25 \cdot 0,37^2 / 2,5 = 1,369 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad 3.5$$

Кількість необхідних заготовок у конструкції визначають, виходячи з умови забезпечення відповідного моменту інерції системи, тобто:

$$E_P = E_M, \text{ т.е.}:$$

$$\frac{m \cdot n^2 \cdot R^2 \cdot i}{2} = \frac{I \cdot n^2}{2}, \quad 3.6$$

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

$$I = I_M \cdot N$$

$$N = m \cdot R^2 \cdot I / I_M = 39,2 \cdot 0,185^2 \cdot 3,667 / 1,369 = 3,59 \text{ шт.} \quad 3.7$$

У складі навантажувального механізму конструкцією передбачено застосування чотирьох махових мас, що забезпечують необхідний рівень інерційного навантаження під час експлуатаційних випробувань.

3.4 Інструкція з експлуатації

Зовнішній вигляд стенда наведено на рисунку 3.19. Випробуваний об'єкт монтується на спеціальну раму. Його положення повинно відповідати робочому, згідно з конструкторською документацією на конкретний об'єкт випробувань.

Кріплення об'єкта до рами здійснюється за допомогою болтів, гайок і пружинних (гроверних) шайб. Підключення об'єкта до гальмівної системи стенда виконується через різьбові перехідні штуцери.

Під'єднання до механічної частини стенда проводиться відповідно до конструкторської документації на випробуваний об'єкт. Якщо за принципом дії випробуваного вузла передбачено наявність розширювального бачка, у гальмівній системі стенда передбачено відповідне кріплення для його встановлення.

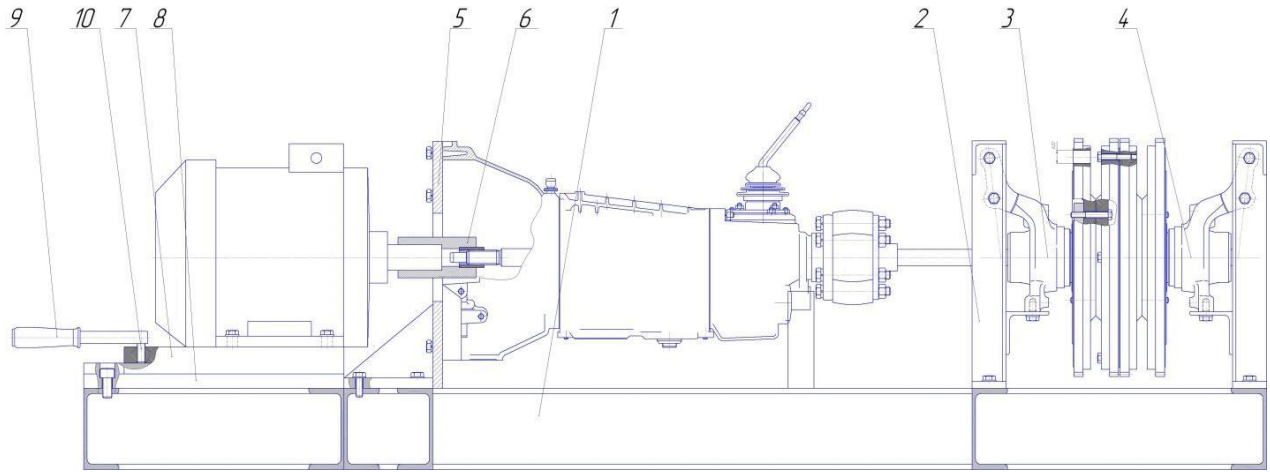


Рис. 3.19. Зовнішній вигляд стенда.

Конструкція стенда охоплює такі основні елементи:

електричне коло для перевірки функціонального стану гальмівної системи;

пульт керування для управління процесами випробування.

Після встановлення об'єкта на стенд і під'єднання його до гідравлічної системи стенда проводиться заповнення гальмівної магістралі відповідною рідиною з подальшим видаленням повітря з випробуваного об'єкта та з'єднувальних гідроліній.

Герметичність системи перевіряється шляхом створення надлишкового тиску як у гальмівному контурі стенда, так і у випробуваному вузлі з подальшим візуальним контролем стиків з'єднань між магістралями стенда та досліджуваним об'єктом.

Рекомендований порядок виконання операцій:

перевірка герметичності системи;

оцінювання працездатності шляхом аналізу її продуктивності.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Пожежна безпека підприємств забезпечується шляхом проведення організаційно-технічних та інших заходів з попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних збитків, зменшення негативних екологічних наслідків, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж, а також евакуації з зони виникнення та можливого розповсюдження пожежі людей, документів і матеріальних цінностей.

Особовий склад всіх караулів пожежних частин і підрозділів, які прибувають для гасіння пожежі, не рідше одного разу на рік повинен проходити спеціальний інструктаж з особливостей експлуатації енергетичних установок та техніки безпеки при пожежах.

Інструктаж проводиться інженерно-технічним персоналом об'єкта за узгодженою програмою.

Енергетичні об'єкти виготовляють в необхідній кількості пристосування для заземлення пожежних стволів, піногенераторів і насосів пожежних машин з гнучкого мідного голого проводу перерізом не менше 25 мм², які забезпечуються спеціальними струбцинами для з'єднання з заземленими конструкціями (гідрантами водогінної мережі, металевими опорами повітряних ліній електропередач, обсадними трубами артезіанських свердловин тощо).

Місця приєднання до заземлених конструкцій визначаються спеціалістами енергетичних об'єктів спільно з представниками гарнізону пожежної охорони, позначаються знаком заземлення та вносяться до графічної частини плану пожежогасіння.

Для забезпечення безпеки персоналу та пожежників, які беруть участь у гасінні пожежі електроустановок під напругою, застосовуються індивідуальні ізолюючі електрозахисні засоби (діелектричні рукавиці, боти).

Кількість заземлень та індивідуальних ізолюючих захисних засобів і місця їх зберігання визначаються керівниками енергетичних об'єктів з

розрахунку подачі вогнегасних засобів на електроустановки, які знаходяться під напругою.

Випробування електрозахисних засобів виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку.

Забороняється використання заземлюючих пристосувань і електрозахисних засобів для інших цілей, крім випадків пожеж або проведення спільних з пожежними підрозділами ДПО тренувань (навчань) на об'єкті.

При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті особа, яка першою виявила займання, зобов'язана негайно повідомити начальника зміни електростанції (диспетчера або чергового підстанції, підприємства електромереж), старшого зміни та приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння, дотримуючись при цьому правил техніки безпеки.

Начальник зміни електростанції (диспетчер підстанції або підприємства електромережі) під час гасіння пожежі повинен забезпечити посилення охорони території об'єкта і не допускати до місця пожежі сторонніх осіб.

Старший у зміні особисто або за допомогою чергового персоналу зобов'язаний визначити місце осередку пожежі, можливі шляхи її поширення, загрозу діючому електрообладнанню, яке опинилося в зоні пожежі, можливість виникнення нових осередків горіння на іншому електрообладнанні, а також до прибуття пожежних підрозділів виконати такі роботи:

- особисто або з допомогою чергового персоналу перевірити ввімкнення автоматичної установки пожежогасіння (при її наявності), а у випадку відмови задіяти її в ручному режимі;
- вжити заходів із створення безпечних умов для персоналу і пожежних підрозділів для ліквідації пожежі;
- провести можливі операції на технологічних установках (вимкнення або перемикання на обладнанні, витіснення водню з генератора, зняття напруги з електроустановок, зливання мастила з мастилобаків турбогенераторів тощо);
- приступити до гасіння пожежі силами та засобами енергетичного об'єкта;
- виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає місця заземлення технічних засобів і розташування під'їзних шляхів та вододжерел;

- при необхідності вжити заходів для охолодження водою металевих ферм, колон будівлі за допомогою пожежних кранів або стаціонарно встановлених лафетних пожежних стволів з урахуванням дотримання заходів техніки безпеки;

- проінформувати керівника гасіння пожежі (КГП) про безпечні маршрути руху пожежних на бойові позиції.

Вимкнення або перемикання приєднань в зоні пожежі може проводитись за карткою пожежогасіння начальником зміни станції (диспетчером або черговим підстанції, підприємства електромережі) або за його розпорядженням черговим персоналом, з наступним повідомленням вищого оперативного керівництва (диспетчера енергосистеми) після закінчення операції вимкнення.

Старший начальник ДПО, який прибув на місце пожежі, зобов'язаний негайно зв'язатися зі старшим зміни енергетичного об'єкта, отримати від нього дані про обставини пожежі і письмовий допуск на проведення гасіння.

Зі старшого начальника енергетичного об'єкта або ДПО, які не взяли на себе керівництво гасінням пожежі, не знімається відповідальність за організацію гасіння пожежі. Пожежні підрозділи розпочинають гасіння пожежі на електроустановках після інструктажу старшим з присутніх технічних працівників або ОВБ.

Під час гасіння пожежі робота пожежних підрозділів (розміщення сил і засобів пожежогасіння, зміна позицій, перехід від одних засобів пожежогасіння до інших тощо) проводиться з урахуванням вказівок старшої особи з присутніх інженерно-технічних працівників енергетичного об'єкта або ОВБ.

В свою чергу, старший з присутніх інженерно-технічних працівників або ОВБ погоджує з КГП свою роботу і розпорядження, а також інформує під час гасіння пожежі про зміни в стані роботи електроустановок та іншого обладнання.

Займання в електроустановках під напругою ліквідуються персоналом енергетичного об'єкта за допомогою ручних і пересувних вогнегасників, призначених для гасіння електроустановок, які перебувають під напругою. При цьому використовуються вогнегасники, що не проводять електричний струм (наприклад, вуглекислотні або порошкові), а гасіння проводиться з безпечної

відстані, відповідно до вимог електробезпеки. Після знеструмлення установки дозволяється використовувати й інші засоби пожежогасіння.

Гасіння пожежі ручними засобами в дуже задимлених приміщеннях енергетичних об'єктів (з видимістю до 10 метрів), з проникненням в них без зняття напруги з електроустановок і кабельних ліній не допускається.

Під час гасіння пожежі компактними та розпиленими струменями без зняття напруги з електроустановок ствол повинен бути заземлений, а ствольник має працювати в діелектричних ботах, діелектричних рукавицях і знаходитись на відстані від вогнища пожежі не меншій ніж 4–10 м залежно від рівня напруги.

Гасіння пожежі в приміщеннях з електроустановками під напругою всіма видами піни, а також водою зі змочувачами за допомогою ручних засобів забороняється.

Особовому складу пожежних підрозділів категорично забороняється проводити будь-які переключення та інші операції з електротехнічним обладнанням на електростанції та підстанції.

Заходити до розподільчих пристроїв та інших приміщень електротехнічних установок з метою ліквідації пожежі особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів має право виключно після отримання відповідного допуску і проведення інструктажу від чергового або іншого уповноваженого працівника, який обслуговує дані установки. Це пов'язано з наявністю небезпеки ураження електричним струмом та необхідністю дотримання вимог електробезпеки.

Основою безпечного гасіння пожежі електроустановок під напругою є суворе дотримання організаційно-технічних заходів, а також усвідомлена дисципліна пожежників, які зобов'язані суворо виконувати всі заходи із забезпечення безпеки гасіння.

Гасіння пожежі електроустановки під напругою КГП має право розпочати тільки після одержання відповідного письмового допуску та інструктажу персоналом, який обслуговує цю установку.

Гасіння пожежі електроустановок під напругою здійснюється за виконання таких обов'язкових умов:

- не допускається наближення пожежних до струмопровідних частин електроустановок на відстань менше 4 метрів;
- маршрути руху пожежних на бойові позиції КГП повинен погоджувати з черговим персоналом енергооб'єкта і конкретно вказувати кожному пожежнику під час інструктажу;
- пожежні і водії пожежних автомобілів, які забезпечують подачу вогнегасних речовин, повинні працювати в діелектричних рукавицях і взутті;
- подавання вогнегасних речовин необхідно проводити після заземлення ручних пожежних стволів і пожежних автомобілів;
- перестановку сил і засобів, зміну бойових позицій тощо КГП повинен виконувати після узгодження зі старшою посадовою особою з присутнього інженерно-технічного персоналу енергетичного об'єкта.

4.2 Загальні положення з техніки безпеки при обслуговуванні автотранспортних засобів на підприємстві

При ремонті, обслуговуванні і експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) працівники організацій схильні до дії різних фізичних і хімічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основні фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори: рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання; підвищення або зниження температури повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень вібрації; підвищена або знижена рухомість повітря; підвищена або знижена вологість повітря; відсутність або нестача природного освітлення; недостатня або підвищена освітленість робочої зони (місця). Основним хімічним небезпечним і шкідливим виробничим фактором є підвищена загазованість і запиленість повітря робочої зони.

Рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання відповідають вимогам діючих державних стандартів. Санітарно-гігієнічні вимоги до показників мікроклімату, рівнів шуму і вібрацій, освітленості відповідають вимогам діючих санітарних правил ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ССБТ «Шум. Общие требования

безопасности». ССБТ «Нормы освещенности строительных площадок».

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони відповідає чинним гігієнічним нормативам ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Всі операції з технічного обслуговування, ремонту і перевірки технічного стану АТЗ виконуються з дотриманням цих правил.

Технічне обслуговування, ремонт і перевірка технічного стану АТЗ проводяться в спеціально відведених місцях (постах), оснащених необхідним обладнанням, пристроями, приладами, пристосуванням та інвентарем згідно з наказом №964 МНС України «Про затвердження правил охорони праці на автомобільному транспорті» від 1 серпня 2012 року.

Автотранспортні засоби, що направляються на пости технічного обслуговування, ремонту і перевірки технічного стану, поступають вимиті і очищені від бруду та снігу. Постановка АТЗ на пости здійснюється під керівництвом відповідального працівника (майстра, начальника ділянки, контролера технічного стану АТЗ). В'їзд АТЗ в виробниче приміщення і їх постановку на робочі пости перевірки здійснюють контролери технічного стану АТЗ, які мають посвідчення водія АТЗ відповідної категорії. Після постановки АТЗ на пост необхідно загальмувати його стоянковим гальмом, вимкнути запалювання (перекрити подачу палива в автомобілі з дизельним двигуном), встановити важіль перемикачів передач (контролера) в нейтральне положення, під колеса підкласти не менше двох спеціальних упорів (башмаків). На рульове колесо вивішується табличка з написом "Двигун не запускати – працюють люди!". На АТЗ, що мають дублюючі пристрій для пуску двигуна, аналогічна табличка вивішується і у цьому пристрої. Присутність людей у смузі руху АТЗ при в'їзді, виїзді або маневруванні в виробничому приміщенні забороняється. При обслуговуванні АТЗ на підйомнику (гідравлічному, електромеханічному) на пульті управління підйомником вивішується табличка з написом «Не чіпати - під автомобілем працюють люди». У робочому (піднятому) положенні плунжер гідравлічного підйомника повинен надійно фіксуватися упором (штангою), що гарантує неможливість довільного опускання підйомника. У приміщеннях технічного обслуговування з потоковим рухом АТЗ обов'язково наявний пристрій сигналізації (світлової чи звукової), який своєчасно

попереджає працюючих на лінії обслуговування (в оглядових канавах, на естакадах), про момент початку переміщення АТЗ з поста на пост. Включення конвеєра для переміщення АТЗ з поста на пост дозволяється тільки після включення сигналу (звукового, світлового) диспетчером або спеціально виділеним працівником, який призначається наказом по організації. Пости обладнуються пристроями для аварійної зупинки конвеєра.

Пуск двигуна АТЗ на постах технічного обслуговування або ремонту дозволяється здійснювати тільки водієві-перегонщику, бригадиру слюсарів або слюсарю, який призначається наказом по організації і які пройшли інструктаж з охорони праці та при наявності у них посвідчення водія АТЗ. Перед проведенням робіт, пов'язаних з прокручуванням колінчастого і карданного валів, необхідно додатково перевірити відключення запалювання (перекриття подачі палива для дизельних автомобілів), нейтральне положення важеля перемикачів передач (контролера), важіль стоянкового гальма. Після виконання необхідних робіт по ремонту АТЗ загальмовують стоянковим гальмом. Працівники, що проводять обслуговування і ремонт АТЗ, забезпечуються відповідними справними інструментами, пристосуваннями, а також засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

При необхідності виконання робіт під АТЗ, що знаходяться поза оглядовою канавою, підйомником, естакадою, працівники забезпечуються лежачими. При вивішуванні частини автомобіля, причепа, напівпричепа підйомними механізмами (домкратами, талями), крім стаціонарних, необхідно спочатку підставити під непідйомні колеса спеціальні опори (башмаки), потім вивісити АТЗ, підставити під вивішену частину козелки і опустити на них АТЗ. Ремонт, заміна підйомного механізму кузова автомобіля самоскида, самосвального причепа або доливання в нього мастила проводяться після установки під піднятий кузов спеціального додаткового упору, що виключає можливість падіння або довільного опускання кузова. При ремонті і обслуговуванні верхньої частини автобусів і вантажних автомобілів працівники забезпечуються риштуванням або драбинами. Застосовувати приставні драбини не дозволяється. Прибирати робоче місце від пилу, тирси, стружки, дрібних металевих обрізків дозволяється тільки за допомогою щітки. При роботі на

поворотному стенді (перекидачі) необхідно попередньо надійно укріпити на ньому АТЗ, злити паливо з паливних баків і рідину із системи охолодження та інших систем, щільно закрити маслозаливну горловину двигуна і зняти акумуляторну батарею.

Працівник, що обслуговує або ремонтує автомобіль забезпечується засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Згідно з ДНАОП 0.00-3.06-98 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття і інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту» слюсареві по ремонту автомобілів видаються:

- костюм віскозно-лавсановий (термін носіння 12 місяців);

- черевики шкіряні (термін носіння 12 місяців);

- берет (термін носіння 12 місяців);

- рекавиці комбіновані (термін носіння 2 місяців);

- окуляри захисні (до зносу).

Роботодавець зобов'язаний замінити або відремонтувати спецодяг і інші засоби індивідуального захисту, що прийшли в непридатність, до закінчення встановленого терміну носіння по причинах, які не залежать від працівника.

Слюсар зобов'язаний:

- дотримуватися норм, правил та інструкцій з охорони праці, пожежної безпеки та правил внутрішнього трудового розпорядку;

- правильно застосовувати колективні та індивідуальні засоби захисту, дбайливо ставитися до виданого в користування спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту;

- негайно повідомляти своєму безпосередньому керівникові про будь-який нещасний випадок, що стався на виробництві, про ознаки професійного захворювання, а також про ситуації, що створюють загрозу життю та здоров'ю людей;

- виконувати виключно ті роботи, які йому доручено згідно з посадовими обов'язками; роботи підвищеної небезпеки виконуються лише за наявності наряду-допуску та після проходження відповідного цільового інструктажу;

бережливо ставитися до всього використовуваного обладнання та інструменту, утримуючи їх у чистоті, справному стані та вчасно повідомляти про виявлені несправності;

суворо дотримуватись технологічної дисципліни, не допускати порушень у режимах роботи обладнання;

підтримувати чистоту та порядок на робочому місці, своєчасно прибирати відходи виробництва;

брати участь у періодичних перевірках знань з охорони праці, пожежної безпеки та надання домедичної допомоги;

дотримуватись екологічних вимог при виконанні робіт, не допускати забруднення навколишнього середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено комплексне техніко-технологічне обґрунтування доцільності відновлення вторинного вала коробки передач як ефективної альтернативи заміни на нову деталь. Результати аналізу свідчать про значну економічну доцільність впровадження розробленої технології, особливо в умовах серійного або ремонтного виробництва. Застосування методів відновлення дозволяє зменшити витрати на виготовлення нових деталей, скоротити час простою транспортних засобів, раціонально використовувати матеріальні ресурси та зменшити негативний вплив на довкілля за рахунок зменшення обсягів металовикористання та відходів. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності виробництва і продовженню строку експлуатації агрегатів трансмісії без зниження їх надійності.

Обґрунтовано вибір методу відновлення, який враховує специфіку виявлених дефектів (зношування шийок, утворення задирів, корозія тощо). В якості основного способу відновлення застосовано електродугове наплавлення із подальшою механічною обробкою, що забезпечує відновлення розмірів і геометрії з високою точністю. Застосування цього методу дозволяє не лише забезпечити необхідні допуски та якість поверхонь, але й відновити функціональні властивості деталі, зокрема твердість, зносостійкість і експлуатаційну надійність. Перевагою обраного методу є його універсальність, технологічна простота та можливість адаптації до різних умов ремонтного виробництва.

Розроблено технологічний маршрут відновлення вторинного вала, який включає усі етапи: дефектацію, підготовчі операції, нанесення покриття, шліфування та контроль якості. Враховано сучасні вимоги до надійності, ресурсу та сумісності деталі з іншими елементами трансмісії. Особливу увагу приділено вибору раціональних режимів наплавлення та обробки, що мінімізують деформації й забезпечують стабільність геометричних параметрів. Запропонована послідовність операцій дозволяє досягнути високої якості поверхонь і відновити експлуатаційні характеристики вала, з урахуванням умов навантаження в реальних режимах роботи трансмісійної системи.

Виконано розрахунок технологічних припусків та режимів різання, що дозволило оптимізувати витрати часу та ресурсів при механічній обробці після наплавлення. Запропоновано обґрунтовані параметри, які гарантують досягнення необхідної точності та чистоти поверхні. Здійснено підбір режимів обробки з урахуванням фізико-механічних властивостей наплавленого шару, що сприяє зниженню зношування інструменту та забезпечує стабільність розмірів у процесі експлуатації. Розрахунки також враховують теплові деформації та жорсткість системи верстат–інструмент–заготовка, що є критично важливим для відновлення прецизійних поверхонь.

Визначено трудові нормативи та проведено розрахунок продуктивності, що дозволяє інтегрувати розроблений процес у виробничу програму підприємства з урахуванням економічної ефективності та термінів виконання робіт. Аналіз трудомісткості окремих операцій дав змогу виявити критичні етапи з погляду витрат часу, а також забезпечити раціональний розподіл ресурсів і персоналу. Одержані показники слугують основою для подальшого планування завантаження обладнання та оцінки собівартості ремонтно-відновлювальних заходів.

Розглянуто та проаналізовано конструктивні параметри елементів коробки передач, зокрема зубчастих коліс та валів, проведено розрахунок на статичну міцність, що дозволило комплексно оцінити вплив ремонтних заходів на функціональні властивості агрегату. Результати розрахунків підтверджують здатність відновленої деталі витримувати експлуатаційні навантаження без зниження надійності та довговічності, а також забезпечують взаємозамінність у межах передбачених допусків. Такий підхід сприяє збереженню механічної цілісності трансмісії та стабільності її роботи після ремонту.

У конструкторській частині проєкту розроблено спеціалізований допоміжний пристрій для надійної фіксації вторинного вала під час наплавлення, що дозволяє суттєво підвищити точність позиціонування, стабільність технологічного процесу та знизити ризики зміщення деталі. Конструкція пристрою враховує ергономічні та безпекові вимоги, забезпечуючи зручність обслуговування і захист обслуговуючого персоналу від

термічних та механічних впливів. Це сприяє підвищенню якості відновлення та мінімізації браку при проведенні ремонтних робіт.

У розділі з безпеки життєдіяльності розглянуто комплекс організаційно-технічних заходів з охорони праці, які спрямовані на запобігання виробничому травматизму та збереження здоров'я працівників. Особливу увагу приділено правилам безпечного поводження з електроустановками, включаючи порядок дій під час виникнення пожежі в електрообладнанні, та вимогам до використання засобів індивідуального захисту. Окремо проаналізовано умови праці на ремонтній дільниці, з акцентом на дотримання техніки безпеки під час виконання зварювальних, шліфувальних і монтажних робіт. Це забезпечує належний рівень промислової безпеки та сприяє створенню безпечного виробничого середовища.

БІБЛІОГРАФІЯ

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. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с
3. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
4. Коноваленко О.Д., Черниш А.А. Ідентифікація транспортних засобів: навчальний посібник. – Харків: Мадрид, 2020. – 259 с.
5. Кошель С. О.,Березін Л. М., Кошель Г. В. Технічна механіка. Розділ "Теорія механізмів і машин" -Центр навчальної літератури (ЦУЛ) 2020 – 156 с.
6. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
7. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с
8. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с
9. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с
10. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
11. Dominique Paret (Author), Hassina Rebaine(Author), Autonomous and Connected Vehicles: Network Architectures from Legacy Networks to Automotive Ethernet 1st Edition Wiley; 1st edition (March 15, 2022) - 416 pages
12. The Car Book: The Definite Visual Guide Dorling Kindersley 2022 рік,- 368 pages
13. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zoepf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) - 209 pages

14. Tom Denton Electric and Hybrid Vehicles 2nd Edition, Kindle Edition
Routledge; 2nd edition (June 29, 2020)- 222 pages
15. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
16. 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.
17. 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.
18. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).
19. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотransпортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
20. Законодавство України про автомобільний транспорт: збірник законодавчих актів : станом на 1 травня 2005 р. / Верховна Рада України. – К.: Парламентське видавництво, 2005. – 140 с. – (Нормативні директивні правові документи).
21. 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.
22. 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.
23. 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.

24. 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.

25. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.

26. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.

27. 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.

28. Войналович, О. В., Марчиниша, Є. І., Кофто, Д. Г. (2020). Охорона праці в галузі (автомобільний транспорт): навчальний посібник. Харків: ХНАДУ. 695 с.

29. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.