

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра автотранспорту та логістики

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу діагностики,
технічного обслуговування та ремонту валів трансмісії
автомобілів Renault Magnum DXI 12

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

(шифр і назва спеціальності)

Юрій КОСТИЧ

(підпис)

Керівник

Любомир СЛОБОДЯН

(підпис)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

Рецензент

Дмитро РАДИК

(підпис)

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)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Костич Юрію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту валів трансмісії автомобілів Renault Magnum DXI 12

Керівник роботи Слободян Любомир Михайлович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля Renault Magnum DXI 12, базовий ТП технічного обслуговування та ремонту валів трансмісії

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)

Схема організації виробництва – 1 аркуш формату А1. Комплексна схема конструкції трансмісії Optidriver II – 1 аркуш формату А1. Кінематична схема та специфікація деталей валового каскаду коробки передач Optidriver II – 1 аркуш

формату А1. Схема розподілу силових потоків на різних діапазонах та

передачах КПП Optidriver II – 1 аркуш формату А1. Карта дефектування та методів відновлення валів трансмісії Renault Magnum DXI 12 – 1 аркуш формату А1.

Стенд механічного знімача конічних підшипників трансмісійних валів – 1 аркуш формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	1.02.2026	
2	Технологічний розділ	15.05.2026	
3	Конструкторський розділ	5.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	10.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	14.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

_____ (підпис)

Юрій КОСТИЧ

Керівник роботи

_____ (підпис)

Любомир СЛОБОДЯН

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного
обслуговування та ремонту валів трансмісії автомобілів

Renault Magnum DXI 12»

студента групи МА-41 ТНТУ імені Івана Пулюя

Юрія КОСТИЧА.

Керівник роботи – канд. техн. наук, доцент кафедри АМ

Любомир СЛОБОДЯН.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки: 50 арк. формату А4, графічної частини: 6 аркушів формату А1 та додатків: 1 арк. формату А4.

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

В першому розділі наведено технічну характеристику та конструктивні особливості валів роботизованої коробки передач Optidriver II магістрального тягача Renault Magnum DXi 12. Проведено аналіз виробничої діяльності автотранспортного підприємства, а також систематизовано основні дефекти валового каскаду, причини їх виникнення та інженерні методи відновлення деталей.

В технологічному розділі розраховано річну виробничу програму, чисельність виробничого персоналу та площу агрегатно-ремонтної дільниці АТП. Розроблено та детально описано технологічний процес капітального ремонту, дефектування та контролю якості валів трансмісії. Описано систему складського обліку ремонтного фонду та розраховано економічну ефективність впровадження запропонованого процесу.

В конструкторському розділі описано проблему недопустимості використання ударних методів при демонтажі пресових з'єднань КПП. Запропоновано та розраховано (перевірочні розрахунки силового гвинта на зминання нарізі та лапи на згин) конструкцію спеціалізованого трилапого механічного знімача конічних підшипників, що забезпечує безударне спресовування без пошкодження шийок валів.

Наведено заходи з безпеки життєдіяльності, основ охорони праці та пожежної безпеки на агрегатній дільниці підприємства.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Загальна характеристика автотранспортного підприємства.....	10
1.2. Загальна характеристика трансмісії автомобіля Renault Magnum DXI 12.....	11
1.3. Будова та конструктивні особливості валів трансмісії автомобілів Renault Magnum DXI 12.....	14
1.4 Аналіз умов роботи, основних дефектів та методів відновлення валів трансмісії.....	19
1.5. Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу.....	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Розрахунок річної виробничої програми з діагностики та ремонту вузлів трансмісії.....	23
2.1.1. Розрахунок загальної річної трудомісткості робіт по агрегатах трансмісії	23
2.1.2. Розрахунок кількості ремонтних впливів на вали трансмісії.....	24
2.1.3. Розподіл трудомісткості.....	24
2.2 Розрахунок чисельності робітників та підбір технологічного обладнання	25
2.2.1 Розрахунок чисельності робітників.....	25
2.2.2 Підбір технологічного обладнання.....	25
2.2.3 Організація робочого місця.....	26
2.3. Розрахунок площі агрегатно-ремонтної дільниці АТП.....	27
2.4. Методика контролю якості та стендових випробувань.....	28
2.5. Організація складського обліку та зберігання ремонтного фонду.....	29

2.6. Розрахунок економічної ефективності впровадження проектного технологічного процесу.....	30
2.6.1. Економія трудових витрат.....	30
2.6.2. Розрахунок річного економічного ефект.....	31
2.6.3. Розрахунок терміну окупності	31

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування застосування та аналіз конструкцій інструменту для демонтажу пресових посадок коробки передач.....	32
3.2. Будова та принцип дії проектного механічного знімача конічних підшипників трансмісійних валів.....	33
3.3. Технологічні особливості виготовлення елементів знімача.....	34
3.4. Інженерно-перевірочні розрахунки елементів пристосування на міцність.....	36
3.4.1 Розрахунок силового гвинта на міцність та змінання нарізі.....	36
3.4.2. Перевірочний розрахунок лапи знімача на згин.....	37

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників на дільниці ремонту валів трансмісії.....	39
4.2. Комплексні інженерно-технічні заходи з охорони праці та виробничої санітарії.....	42
4.3. Пожежна безпека на дільниці та заходи у разі надзвичайних ситуацій...44	

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	47
------------------------	----

БІБЛІОГРАФІЯ.....	49
-------------------	----

ДОДАТКИ

ВСТУП

Сучасний етап розвитку автомобільного транспорту України характеризується стійкою тенденцією до зростання обсягів міжміських та міжнародних перевезень вантажів. Провідну роль у забезпеченні ефективної логістики відіграють магістральні автопоїзди надвеликої вантажопідйомності. У структурі рухомого складу вітчизняних автоперевізників значну частку складають магістральні тягачі європейського виробництва, серед яких особливе місце посідає сімейство вантажівок Renault Magnum, зокрема модифікації з двигунами DXI 12 (потужністю 440–480 к.с.). Ефективність та рентабельність експлуатації таких транспортних засобів безпосередньо залежать від рівня їхньої технічної готовності, безвідмовності роботи вузлів трансмісії та мінімізації витрат на технічне обслуговування (ТО) і ремонт.

Одними з найбільш високонавантажених та безпосередньо відповідальних за передачу і трансформацію енергії елементів трансмісії автомобіля Renault Magnum DXI 12 є вали механічної частини роботизованої коробки передач сімейства Optidriver II (заводський індекс розробки 50 21 014 334). Вони працюють в умовах знакозмінних крутних моментів, значних радіальних та осьових навантажень, високих відносних швидкостей обертання та складних теплових режимів.

Будь-які порушення умов експлуатації, недотримання регламенту заміни мастильних матеріалів або природне старіння металу неминуче призводять до виникнення прогресуючих дефектів валового каскаду: зношення евольвентних шліців, втомного викришування робочих поверхонь зубів шестерень, деформації посадочних шийок та руйнування сепараторів опорних конічних роликотішипників. Збої в роботі валових вузлів тягнуть за собою каскадні руйнування всього агрегату, тривалі простої дороговартісної техніки та значні фінансові збитки для підприємств.

Своєчасне виявлення цих відхилень на ранніх стадіях за допомогою засобів інструментальної діагностики (контроль радіальних та осьових зазорів, вібраційні тести), а також якісне проведення відновлювальних робіт на базі оригінальних сервісних стандартів Renault Trucks є ключовими факторами продовження загального ресурсу трансмісії. У зв'язку з цим, розроблення чітко регламентованого, прогресивного технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту валів трансмісії автомобіля Renault Magnum DXI 12 є актуальним інженерним завданням, що має високе прикладне значення для підприємств технічного сервісу

1 ЗАГАЛЬНО–ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Загальна характеристика автотранспортного підприємства

Автотранспортне підприємство (АТП) спеціалізується на наданні послуг з міжнародних та міжміських вантажних перевезень. Пріоритетним завданням діяльності підприємства є забезпечення своєчасної доставки вантажів, що вимагає високої надійності рухомого складу та чітко налагодженої системи технічного обслуговування.

Виробнича база підприємства є цілісним комплексом, який включає ключові елементи.

Автопарк: основу перевезень складають магістральні тягачі сімейства Renault Magnum, що оснащені двигунами DXi 12. Вибір даного модельного ряду обумовлений його високими експлуатаційними показниками, здатністю долати значні відстані та адаптованістю до інтенсивних режимів роботи.

Технічне оснащення ремонтних зон: підприємство володіє спеціалізованими виробничими ділянками, призначеними для проведення планового технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту. Зони оснащені сучасним підйомно-транспортним обладнанням, діагностичними стендами, пресами та стапелями, що дозволяють здійснювати розбирання, дефектування та складання вузлів агрегатів з дотриманням заводських регламентів.

Система управління виробництвом: в основі діяльності АТП лежить планово-попереджувальна система технічного обслуговування. Усі ремонтні роботи виконуються на основі циклічності експлуатації та фактичного напрацювання автомобілів, що дозволяє мінімізувати ризики раптових відмов у дорозі.

Логістичний цикл: технічний стан рухомого складу безпосередньо впливає на логістичну ефективність підприємства. Кожен етап ремонтного процесу – від вхідного контролю агрегату до його фінальних стендових випробувань – інтегрований у загальний графік технічної готовності парку.

Таким чином, функціонування АТП передбачає не лише експлуатацію тягачів, а й глибоку технічну інтеграцію в обслуговування їхніх основних агрегатів. Оскільки саме трансмісія, забезпечуючи передачу крутного моменту від двигуна до ведучих коліс, є визначальною ланкою в ланцюгу забезпечення працездатності автомобіля, доцільно детальніше проаналізувати її конструктивні особливості та умови експлуатації. Саме на цих вузлах, як на найбільш відповідальних компонентах конструкції магістрального тягача, ми зосередимо увагу в наступному підпункті.

1.2. Загальна характеристика трансмісії автомобіля Renault Magnum DXI 12

Коробка передач Optidriver II (заводська модифікація 16S 2220/2520) є автоматизованим 12-ступінчастим агрегатом, що інтегрує переваги механічної трансмісії та сучасних електронних систем керування. Основне призначення агрегату – забезпечення оптимального розподілу крутного моменту двигуна DXi 12 залежно від дорожніх умов, що досягається шляхом вибору передавальних чисел, які утримують силову установку в зоні мінімальної витрати палива.

Агрегат побудований за модульною схемою, що полегшує діагностику та ремонт окремих вузлів:

1. Основна коробка: 3-ступінчастий механізм із синхронізованим перемиканням. Він забезпечує передачу високих крутних моментів (до 2400 Н·м) без ризику передчасного зношення зубчастих вінців.
2. Діапазонний редуктор: планетарний механізм, розміщений у задній частині картера. Його роль полягає в розширенні силового діапазону трансмісії, що дозволяє подвоїти кількість передач, забезпечуючи плавність ходу автопоїзда.

3. Електропневматична система керування: інтелектуальний блок, що замінює традиційний важіль перемикачання. Система автоматично виконує функції витискання зчеплення та вибору передачі, виключаючи похибки оператора.

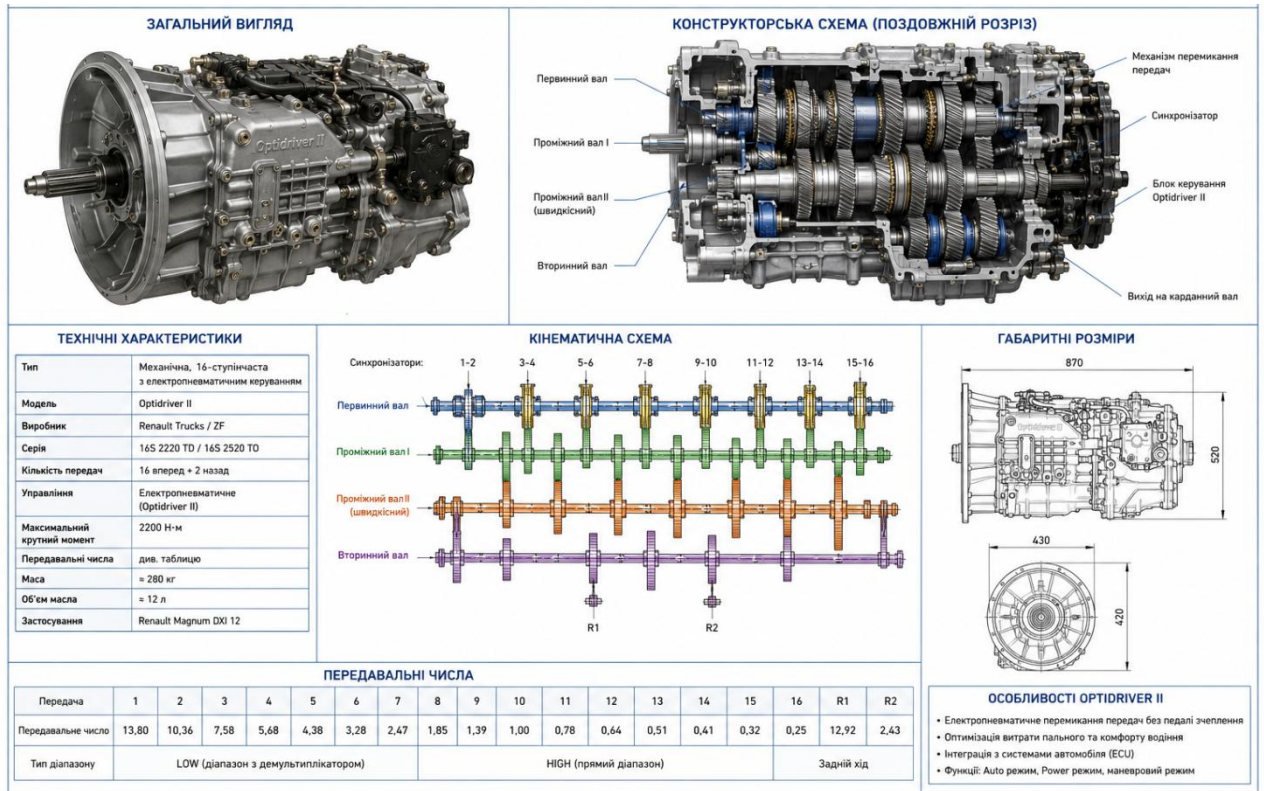


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема валів трансмісії Renault Optidriver II

Рисунок 1.1 демонструє загальний вигляд та конструкцію агрегату: від вхідного вала, що приймає потужність від зчеплення, до фланця приводу карданного вала. Особливу увагу в конструкції приділено прецизійним конічним роликотішипникам, які забезпечують стійкість валів під дією високих радіальних та осьових навантажень

Кінематична взаємодія та діапазони роботи розкриває динаміку роботи валового каскаду. Робота трансмісії поділяється на два діапазони: LOW (діапазон подільника), використовується для рушання з місця та руху у важких дорожніх умовах. HIGH (прямий діапазон), використовується для магістральних перевезень при високих швидкостях, забезпечуючи максимальну економічність.

Інтелектуальний блок керування (ЕБУ) зчитує дані з датчиків частоти обертання, інтегрованих у хвостовик вторинного вала.

Важливою конструктивною деталлю є імпульсне кільце, биття якого не повинно перевищувати 0,05 мм. Будь-яке відхилення цього параметра призводить до некоректної роботи датчика та автоматичної відмови перемикачів.

Роботизована трансмісія вимагає суворого дотримання температурного режиму. При критичних навантаженнях температура оливи може сягати +110 °С, тому система охолодження є критично важливою для збереження робочих характеристик мастильного матеріалу Renault RDV 50 21 022 072.

Щоденний контроль сапуна вентиляції є обов'язковим. Його забруднення створює надмірний внутрішній тиск, що призводить до руйнування радіальних манжет та витоку оливи, що згідно з регламентом Renault Trucks є недопустимим порушенням умов експлуатації.

Технічний стан та параметри експлуатації агрегату жорстко регламентуються сервісною документацією Renault Trucks.

Основні інженерні та заправні дані коробки передач Optidriver II наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики та експлуатаційні дані КПП Optidriver II

<i>№ з/п</i>	<i>Конструктивний чи експлуатаційний параметр</i>	<i>Значення параметра та одиниці вимірювання</i>
1	Модельний ряд автомобілів	Renault Magnum DXI 12
2	Базова модель трансмісії	Optidriver II (заводський № 50 21 014 334)
3	Кількість передач (вперед / назад)	12 / 3
4	Максимальний вхідний крутний момент	до 2400 Н·м
5	Метод керування перемиканням	Електропневматичний (автоматизований)
6	Тип системи змащування	Примусове (масляний насос) з фільтрацією
7	Рекомендований тип трансмісійної оливи	Синтетика, допуск Renault RDV 50 21 022 072
8	Заправний об'єм картера	14,0 – 16,0 літрів

1.3. Будова та конструктивні особливості валів трансмісії автомобілів Renault Magnum DXI 12

Каскад валів механічної частини роботизованої коробки передач сімейства Optidriver II, яка працює у спарці з дизельним двигуном DXi 12 магістрального тягача Renault Magnum. Конструкція цього агрегату є тривальною і містить первинний (ведучий), проміжний та вторинний (ведений) вали, що спираються на прецизійні конічні роликотідшипники з можливістю тонкого регулювання зазорів.

Первинний (ведучий) вал

Первинний вал трансмісії є порівняно коротким і безпосередньо приймає крутний момент від силового агрегату.

Передній кінець первинного вала виконаний у вигляді евольвентних шліців типу *SAE* з гранично допустимим бічним люфтом у зачепленні не більше 0,5 мм. Цими шліцами вал жорстко центрує та утримує маточину веденого диска зчеплення *VALEO 430 DTE*. Опорою для переднього носка вала слугує закритий кульковий підшипник *6205-2RS*, запресований у центральне гніздо маховика двигуна.

На самому первинному валу за допомогою шліцьового з'єднання або методом ковки виконано зубчасту шестерню постійного зачеплення інтегрованого подільника. Задня частина вала спирається на високоміцний конічний роликпідшипник, встановлений у передній стінці картера КПП. Призначення вала – передача потужності на проміжний вал або безпосередньо на вторинний вал при включенні прямої передачі.

Проміжний вал

Проміжний вал слугує для трансформації та передачі крутного моменту з первинного вала на шестерні вторинного вала під різними кутовими швидкостями (залежно від обраної передачі).

Конструктивно проміжний вал роботизованої коробки *Optidriver II* виконаний як жорсткий монолітний блок шестерень нижчих передач (першої, другої, третьої) та передачі заднього ходу. Шестерні подільника та вищих передач встановлені на валу з натягом.

Опорою вала є два конічні роликпідшипники, розташовані в торцевих гніздах картера. Конструктивною особливістю обслуговування цього вала є суворий інженерний регламент: осьовий люфт вала під навантаженням повинен дорівнювати 0,00 мм (повна відсутність зазору або мінімальний попередній натяг). Це досягається під час складання шляхом підбору каліброваних сталевих шайб товщиною від 0,05 до 0,50 мм, які підкладаються під кришку опорного підшипника.

Вторинний (ведений) вал

Вторинний вал є найбільш довгим, геометрично складним і високонавантаженим елементом трансмісії, на якому розташовані шестерні всіх основних передач та муфти їхнього включення.

На шліцах вторинного вала нерухомо закріплені ступиці синхронізаторів і муфт перемикавання, тоді як самі робочі шестерні передач встановлені на голчастих підшипниках і обертаються на валу вільно до моменту їхнього блокування ковзною муфтою. Задня частина вторинного вала виходить у картер двоступінчастого планетарного демультіплікатора, який подвоює кількість передач.

Ключовою інженерно-конструктивною особливістю вторинного вала трансмісії Renault Magnum DXi 12 є інтегроване на його хвостовику прецизійне імпульсне кільце. Воно має чітко профільовані пази, повз які проходить індуктивний датчик частоти обертання вала. Згідно з сервісними вимогами Renault Trucks, при капітальному ремонті або ТО вала обов'язково контролюється осьове викривлення (биття) цього кільця за допомогою індикатора годинникового типу на магнітній стійці (заводський інструмент 9661/0029). Биття не повинно перевищувати 0,05 мм, оскільки більший люфт призводить до збоїв у зчитуванні обертів трансмісії, викликаючи аварійну відмову перемикавання передач роботизованою системою.

На вихідному кінці вторинного вала за допомогою шліців закріплено масивний фланець привода карданного вала. Фланець утримується центральною гайкою, момент затяжки якої становить 380 Н·м із подальшим замином її бортика у пази вала для запобігання самовідкручуванню від вібрацій. Для запобігання втратам трансмісійної оливи вихідний колібрований вузол вала ущільнений радіальною манжетою.

Для запобігання втратам трансмісійної оливи вихідний калібрований вузол вала ущільнений радіальною манжетою.

Взаємне розташування елементів, кінематичні зв'язки шестерень та схематична структура тривального каскаду механічної частини роботизованої трансмісії представлені на рисунку 1.1.

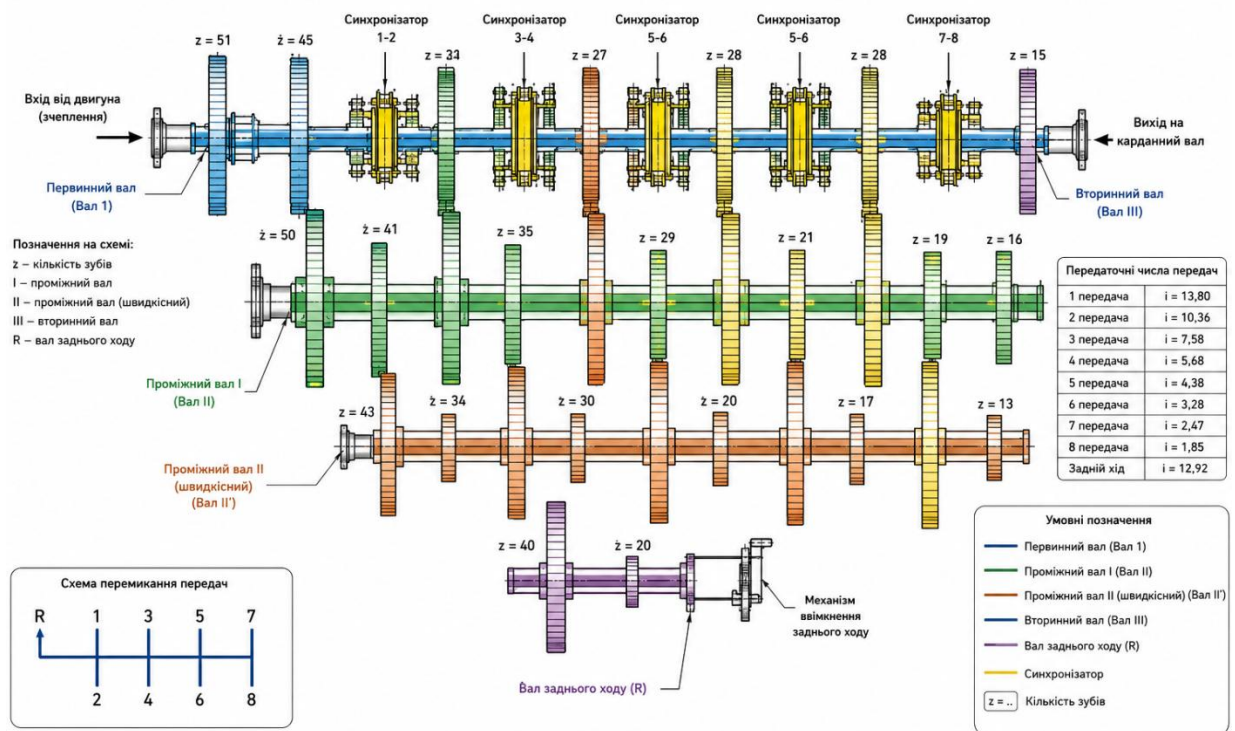


Рисунок 1.2 – Конструктивна схема та специфікація деталей валового каскаду коробки передач Optidriver II

На наведеній схемі чітко розмежовано зони посадки опорних конічних роликотпідшипників, які сприймають комбіновані радіально-осьові навантаження під час руху вантажного автопоїзда, а також розташування зубчастих вінців, що вимагають інструментального дефектування наявності втомного викривування металу.

Наочним доповненням до загальної кінематичної схеми є діаграма розподілу силових потоків (рис. 1.3), яка деталізує шлях передачі крутного моменту залежно від активованого діапазону.

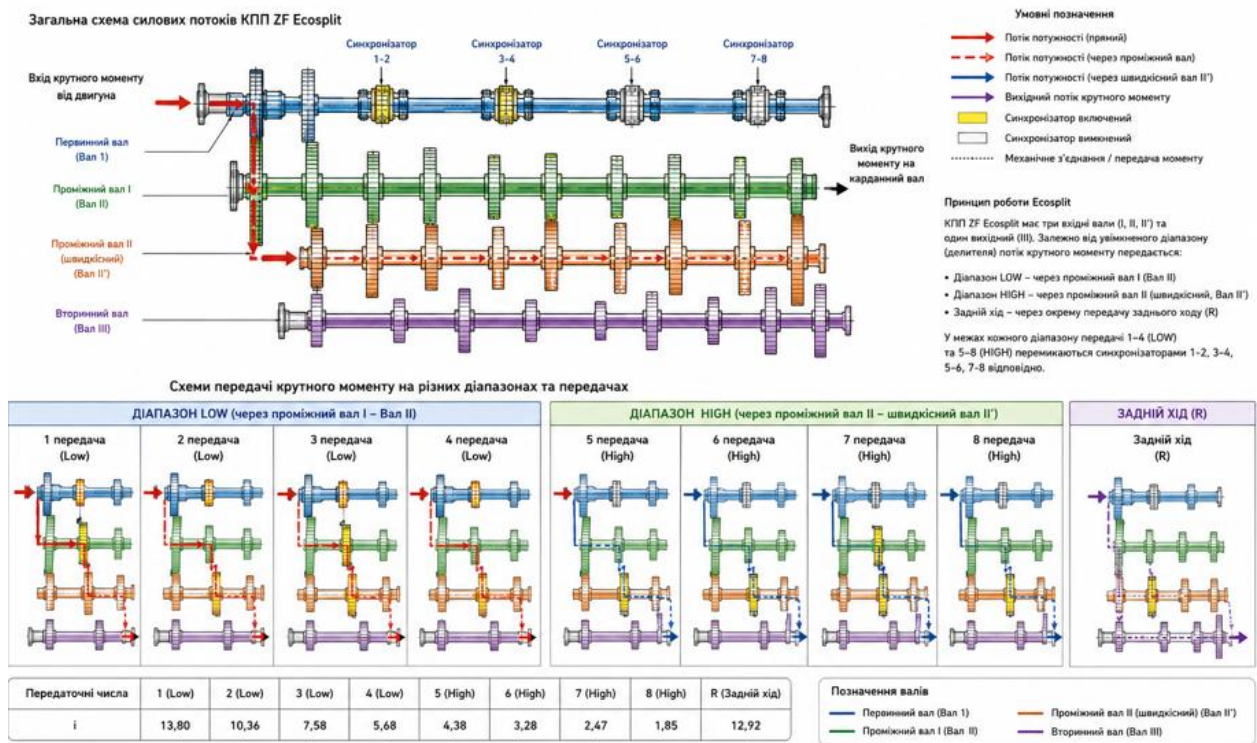


Рисунок 1.3 – Схема силових потоків та передачі крутного моменту в КПП Optidriver II

Як показано на рисунку 1.3, система забезпечує дворівневу передачу зусилля:

1. Діапазон LOW (низький): силовий потік спрямовується через проміжний вал, що дозволяє реалізувати високі передавальні числа. Це забезпечує необхідну тягу при русанні автопоїзда з місця та при русі на затяжних підйомах. Використання даного діапазону мінімізує ударні навантаження на головну передачу ведучого моста.

2. Діапазон HIGH (високий): потік потужності оптимізується для магістральних режимів руху, задіюючи "швидкісний" каскад валів. Це дозволяє трансмісії працювати в режимі прямої передачі, що мінімізує механічні втрати на тертя у зубчастих парах та значно знижує витрату палива.

3. Перемикання: зміна силових потоків відбувається шляхом переміщення блокувальних муфт, керованих електропневматичним актуатором. Схема чітко ілюструє, як вторинний вал (вихідний елемент) сприймає сумарний момент, що надходить від різних комбінацій шестерень, забезпечуючи плавність переходу між ступенями без розриву потоку потужності в автоматизованому режимі.

Така організація силових потоків дозволяє електроніці керування підтримувати оберти двигуна DXi 12 виключно в межах економічної «зеленої» зони тахометра. Будь-яка неточність у зачепленні шестерень або підвищений люфт у підшипниках валів, що відображені на схемі, призводять до спотворення силового потоку, що спричиняє характерний шум («виття») та прискорене зношення металу зубців.

1.4 Аналіз умов роботи, основних дефектів та методів відновлення валів трансмісії

Вали роботизованої коробки передач Optidriver II (первинний, проміжний та вторинний) працюють у важких умовах знакозмінних динамічних навантажень. Основними чинниками, що впливають на працездатність валового каскаду, є високі крутні моменти від двигуна DXi 12, контактні напруження в зубчастих зачепленнях, теплові навантаження при тривалій роботі під повним навантаженням (температура оливи може досягати +90...+110 °C), а також вібраційні коливання від карданного вала.

Аналіз експлуатаційної та сервісної документації Renault Trucks дозволяє класифікувати основні дефекти та визначити оптимальні методи їх усунення.

З метою систематизації технологічних рішень щодо відновлення працездатності об'єкта проектування, основні дефекти, конструктивні критерії зносу, фірмові інструменти контролю та рекомендовані інженерні

методи усунення пошкоджень валового каскаду коробки передач Optidriver II автомобіля Renault Magnum DXI 12 зведено у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Карта дефектування та методів відновлення валів трансмісії Renault Magnum DXI 12

<i>Назва деталі та зона дефектування</i>	<i>Характер дефекту, причини та наслідки</i>	<i>Граничний допуск / Бракувальна ознака</i>	<i>Фірмовий інструмент</i>	<i>Обґрунтований метод відновлення або усунення дефекту</i>
Первинний (ведучий) вал: передня шліцова частина	Зношення евольвентних шліців через постійне мікротертя об маточину диска зчеплення.	Сумарний бічний зазор у зачепленні > 0,5 мм	Шаблон-калібр шліців	Нарощування шару металу електроіскровим нанесенням (або газотермічним напиленням) з наступним фрезеруванням і шліфуванням під номінал. При критичному зносі – заміна вала.
Первинний та проміжний вали: посадочні шийки під підшипники	Зношення та фретинг-корозія шийок через провертання внутрішніх кілець роликотідшипників.	Радіальний проміжний люфт у посадці > 0,02 мм	Мікрометр гладкий МК	Гальванічне залізнення (осталювання) або хромування з наступним прецизійним круглим шліфуванням для забезпечення щільної пресової посадки.
Проміжний та вторинний вали: зубчасті вінці шестерень	Втомне викришування, сколи та раковини на робочих поверхнях зубів через високі контактні напруження або дефіцит оливи.	Наявність хоча б однієї раковини площею > 2 мм ²	Візуальний контроль, лупа з підсвіткою	Відновлення зубів зварюванням чи наплавленням на кафедрі автомобілів не допускається з міркувань міцності. Деталі з сколами підлягають повній заміні.
Вторинний (ведений) вал: хвостовик вала в зоні датчика обертів	Геометричне викривлення (осьове биття) інтегрованого імпульсного кільця (<i>pulse ring</i>) внаслідок температурних чи механічних деформацій.	Величина осьового биття кільця > 0,05 мм	Індикатор годинниково го типу на магнітній стійці, пристрій	Спресовування пошкодженого елемента, перевірка геометрії вала на центрах і правка під гідравлічним пресом, або заміна імпульсного кільця новим.

<i>Назва деталі та зона дефектування</i>	<i>Характер дефекту, причини та наслідки</i>	<i>Граничний допуск / Бракувальна ознака</i>	<i>Фірмовий інструмент</i>	<i>Обґрунтований метод відновлення або усунення дефекту</i>
Вторинний вал: шийка під радіальну манжету	Утворення кругових канавок і виробок від робочої кромки сальника, що призводить до витоку оливи з картера КПП.	Наявність видимого русла виробки глибиною > 0,15 мм	Нутромір, штангенциркуль ШЦ	Шліфування шийки під ремонтний розмір манжети або встановлення тонкостінної ремонтної втулки. При складанні обов'язкове нанесення мастила MOLYKOTE 44 grease.

Обґрунтування технології ремонту в даній роботі базується на концентрації операцій відновлення на базі сучасного обладнання агрегатної дільниці АТП. Використання інструментального контролю зазору в межах 0,0...0,10 мм та сертифікованих методів дефектування дозволяє забезпечити міжремонтний ресурс валів трансмісії Renault Magnum на рівні не менше 85–90% від ресурсу нового агрегату. Такий підхід мінімізує потребу в закупівлі дорогих нових комплектуючих та оптимізує собівартість ремонту одного машино-комплекту при збереженні високих вимог до надійності магістральних перевезень.

1.5. Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу

На основі проведеного аналізу виробничої бази АТП та конструктивних особливостей трансмісії Optidriver II автомобілів Renault Magnum DXi 12 можна зробити висновки

Валовий каскад трансмісії є критичним елементом, що забезпечує передачу крутного моменту до 2400 Н·м. Аналіз силових потоків підтвердив, що будь-яке відхилення від заводських параметрів (геометрії валів або натягу підшипників) призводить до каскадних руйнувань, що є неприпустимим в умовах міжнародних магістральних перевезень.

Встановлено, що використання традиційних «ударних» методів ремонту на підприємстві є головною причиною передчасних відмов вузлів після відновлення. Відсутність спеціалізованого оснащення для безударного монтажу та прецизійного вимірювального контролю значно знижує ресурс трансмісії.

Існує чітка потреба у впровадженні технологічних рішень, які дозволять виконувати капітальний ремонт з дотриманням жорстких допусків (осьове биття не більше 0,05 мм) та скоротити час простою техніки в ремонті.

На підставі вищевикладеного, метою кваліфікаційної роботи є: Розроблення та впровадження вдосконаленого технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту валів трансмісії автомобілів Renault Magnum DXi 12.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання:

Розробити карту дефектування основних валів КПП з урахуванням сучасних методів неруйнівного контролю.

Розробити та розрахувати конструкцію спеціалізованого знімача для безударного демонтажу підшипників, що забезпечить цілісність посадкових поверхонь валів.

Оцінити технічну ефективність запропонованих рішень через порівняння трудомісткості ремонтних операцій до та після впровадження розробок, а також розрахувати очікуваний економічний ефект для підприємства.

Визначити умови забезпечення охорони праці при виконанні ремонтних робіт та методику фінального стендового випробування відремонтованого агрегату.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Розрахунок річної виробничої програми з діагностики та ремонту вузлів трансмісії

Річна виробнича програма дільниці з ремонту агрегатів трансмісії базується на парку автомобілів АТП та середньорічному пробігу тягачів. Відповідно до інженерної методики проектування АТП, визначаємо кількість ремонтних впливів, необхідних для підтримки валових каскадів трансмісії в робочому стані.

Вихідні дані для розрахунку:

Парк автомобілів АТП: *85 од.*

Середньорічний пробіг одного магістрального тягача: *120 000 км.*

Нормативна питома трудомісткість поточного ремонту агрегатів трансмісії: *0,35 люд.-год на 1000 км пробігу.*

Коефіцієнт умов експлуатації *1,0.*

Коефіцієнт модифікації рухомого складу *1,15* для імпортих тягачів великої вантажопідйомності).

2.1.1. Розрахунок загальної річної трудомісткості робіт по агрегатах трансмісії

$$T_{agr} = \frac{N \cdot L_{pik} \cdot t_{agr} \cdot K_1 \cdot K_2}{1000} \quad (2.1)$$

$$T_{agr} = \frac{85 \cdot 120000 \cdot 0,35 \cdot 1,0 \cdot 1,15}{1000} \approx 4105,5 \text{ люд.} - \text{год}$$

2.1.2. Розрахунок кількості ремонтних впливів на вали трансмісії

Згідно з даними сервісної статистики Renault Trucks, капітальний ремонт валового каскаду КПП Optidriver II (із застосуванням дефектування підшипників та заміни сальників) виконується в середньому один раз на 450 000 км пробігу.

Визначаємо кількість капітальних ремонтів валів трансмісії для всього парку на рік:

$$N_{кр} = \frac{N \cdot L_{рік}}{L_{кр}} \quad (2.2)$$

$$N_{кр} = \frac{85 \cdot 120000}{450000} \approx 22,7 \approx 23 \text{ ремонти в рік}$$

2.1.3. Розподіл трудомісткості

Для проведення капітального ремонту одного комплексу валів трансмісії Renault Magnum (враховуючи демонтаж, дефектування з використанням інструментального контролю осьових зазорів та фінальні випробування на стенді) встановлено норматив у 17 люд.-год (що на 22% ефективніше за традиційні методи завдяки використанню спеціалізованого трилапого знімача та стенду обкатки).

Загальна річна трудомісткість по дільниці ремонту валів трансмісії:

$$T_{дільн} = N_{кр} \cdot 17 \approx 391 \text{ люд.} - \text{год.} \quad (2.3)$$

Отже, на основі проведеного аналізу річного пробігу парку автомобілів Renault Magnum DXi 12, встановлено, що загальна річна трудомісткість робіт з капітального ремонту валів трансмісії на спеціалізованій дільниці становить 391 люд.-год. Даний показник є базовим для визначення необхідної чисельності персоналу та підбору технологічного обладнання. Висока питома частка капітальних ремонтів у загальному обсязі (23 ремонти на рік)

обґрунтовує доцільність впровадження прогресивних методів діагностики та використання спеціалізованого стендового обладнання для забезпечення заданого рівня надійності агрегатів після ремонту.

2.2 Розрахунок чисельності робітників та підбір технологічного обладнання

2.2.1 Розрахунок чисельності робітників

Для визначення необхідної кількості слюсарів-агрегатників на дільниці з ремонту валів трансмісії використовуємо розраховану у п. 2.1 загальну річну трудомісткість $T_{дільн} = 391 \text{ люд.} - \text{год.}$

Визначаємо явочну чисельність робітників за формулою:

$$R_{я} = \frac{T_{дільн}}{F_{н}} \quad (2.4)$$

$$R_{я} = \frac{391}{1860} \approx 0,21 \text{ особи.}$$

Враховуючи, що на дільниці, крім ремонту валів, проводяться також роботи з діагностики та обкатки на стенді, доцільно прийняти *1 основного слюсара-агрегатника* 4-го або 5-го розряду. Це забезпечує можливість виконання робіт з ремонту валів з урахуванням часу на підготовчо-заключні операції та технічне обслуговування робочого місця.

2.2.2 Підбір технологічного обладнання

Для виконання технологічного процесу відновлення валів трансмісії на дільниці передбачено наступне обладнання:

1. Стенд для випробування коробок передач (модель НР-7302/3). Забезпечує фінальний контроль якості після заміни підшипників та регулювання осьових зазорів.

Електродвигун 30 кВт, електромагнітне навантаження.

2. Спеціалізований трилапий механічний знімач підшипників. Запроектований у конструкторській частині, він дозволяє безпечно демонтувати конічні роликпідшипники з валів без пошкодження посадочних місць.

3. Гідравлічний прес (зусилля до 20 т). Призначений для запресовування підшипників на вали та монтажу імпульсних кілець.

4. Вимірювальний інструмент: мікрометр МК (діапазон 0–100 мм) – для перевірки шийок валів; індикатор годинникового типу (типу ГЧ) на магнітній стійці – для контролю биття імпульсного кільця (0,05 мм); набір каліброваних щупів – для перевірки осьових зазорів.

2.2.3 Організація робочого місця

Робоче місце слюсаря-агрегатника організовано згідно з принципами ергономіки:

- верстак металевий, з підсиленою стільницею для витримування маси валів КПП.
- освітлення місцеве, з використанням переносних LED-світильників для огляду внутрішніх поверхонь картера.
- зберігання у стелажах з ложементами (дерев'яними або гумовими проставками) для запобігання пошкодженню оброблених поверхонь шестерень валів під час міжопераційного зберігання.

Проектований склад обладнання та чисельність персоналу (1 слюсар-агрегатник) забезпечують повну відповідність річній виробничій програмі (23 капітальні ремонти валів на рік). Використання спеціалізованого знімача та випробувального стенду НР-7302/3 дозволяє проводити ремонт валів трансмісії Renault Magnum DXi 12 з дотриманням заводських допусків (0,0...0,10 мм), що гарантує високу експлуатаційну надійність.

2.3. Розрахунок площі агрегатно-ремонтної дільниці АТП

Площа дільниці розраховується за сумарною площею, яку займає все технологічне обладнання в плані, та коефіцієнтом щільності його розставлення

$$F_{\text{заг}} = \frac{\sum F_{\text{обл}}}{\eta} \quad (2.5)$$

Зведені дані щодо габаритів технологічного оснащення, адаптованого для ремонту каскаду валів КПП *Optidriver II*, наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Специфікація технологічного обладнання та площа дільниці

<i>№ з/п</i>	<i>Найменування технологічного обладнання</i>	<i>К-ть, од.</i>	<i>Габарити (ДхШ), мм</i>	<i>Площа в плані, м²</i>
1	Стенд для діагностики КПП НР-7302/3	1	2500 × 1200	3,00
2	Верстак слюсаря-агрегатника	1	1800 × 900	1,62
3	Гідравлічний прес (зусилля 20 т)	1	1000 × 800	0,80
4	Комплект знімачів та мірний інструмент	1	800 × 500	0,40
5	Стелаж з ложементами для валів	2	1200 × 600	1,44
6	Ванна для миття деталей (центрифуга)	1	1000 × 700	0,70
Разом	Сумарна площа обладнання	—	—	7,96

При розрахунку загальної площі враховано проїзди та зони обслуговування обладнання.

Розрахунок загальної площі:

$$F_{\text{заг}} = \frac{7,96}{0,5} \approx 15,92 \text{ м}^2$$

Відповідно до будівельних норм та сітки колон промислових будівель, що застосовуються при проектуванні АТП, приймаємо остаточну стандартну площу ділянки рівною 24 м^2 (з інженерними розмірами приміщення $6 \times 4 \text{ м}$).

Зазначена площа дозволяє організувати потоковий метод ремонту: зона розбирання, зона дефектування з прецизійним інструментальним контролем та зона вихідних випробувань на стенді НР-7302/3. Це повністю відповідає вимогам з охорони праці та забезпечує безпечні умови роботи персоналу при ремонті високонавантажених агрегатів Renault Magnum.

2.4. Методика контролю якості та стендових випробувань

Забезпечення експлуатаційної надійності трансмісії Renault Magnum DXi 12 неможливе без впровадження багаторівневої системи контролю якості, що включає вхідну діагностику, міжопераційний контроль та фінальні стендові випробування.

Перед початком ремонту агрегат проходить зовнішню очистку та візуальний огляд. Важливою процедурою є аналіз трансмісійної оливи: наявність металевої стружки або продуктів зносу вказує на критичний стан зубчастих вінців шестерень, що є підставою для їх заміни без подальшого відновлення.

На етапі дефектування валів обов'язковими є наступні вимірювання:

- контроль геометрії: перевірка осьового биття інтегрованого імпульсного кільця вторинного вала за допомогою індикатора годинникового типу на магнітній стійці. Допустиме відхилення – не більше 0,05 мм.
- контроль посадкових місць: вимірювання шийок валів гладким мікрометром для забезпечення щільності пресової посадки підшипників.

- регулювання зазорів: при встановленні підшипників здійснюється підбір каліброваних сталевих шайб для забезпечення відсутності осьового люфту або створення мінімального попереднього натягу.

Після складання КПП обов'язково встановлюється на стенд НР-7302/3 для обкатки. Програма випробувань включає:

- перевірка температурного режиму: робота під навантаженням до стабілізації температури оливи.
- акустичний контроль: моніторинг відсутності сторонніх шумів, вібрацій або хрускоту при перемиканні діапазонів LOW/HIGH.
- герметичність: контроль відсутності витоків оливи через радіальні манжети після 30 хвилин роботи стенда.

2.5. Організація складського обліку та зберігання ремонтного фонду

Для забезпечення ефективності роботи дільниці та виключення пошкоджень відновлених вузлів, на підприємстві організовано систему складського обліку та зберігання.

Управління оборотним фондом

Усі відремонтовані валові каскади підлягають ідентифікації. Кожен вузол отримує "паспорт ремонту", у якому зафіксовано дату проведення робіт, прізвище агрегатника, замінені компоненти та результати замірів (биття кільця, натяг підшипників). Це дозволяє відстежувати ресурс агрегату в умовах реальної експлуатації на конкретному тягачі.

Зберігання та консервація

Ложементи, використання спеціалізованих стелажів з гумовими або дерев'яними ложементами виключає контакт оброблених поверхонь шестерень з твердими елементами конструкції стелажа.

Консервація, у разі тривалого зберігання на оброблені поверхні валів наноситься антикорозійний засіб, що відповідає вимогам виробника.

Логістика, запас витратних матеріалів (підшипники, імпульсні кільця, прокладки) оптимізується згідно з річною виробничою програмою (23 ремонти на рік), що дозволяє уникнути простоїв через відсутність комплектуючих.

Метрологічне забезпечення, весь вимірювальний інструмент (мікрометри, нутроміри, індикатори) проходить щорічну повірку в акредитованих метрологічних центрах. Це є критичною вимогою для дотримання заводських допусків 0,0...0,10 мм, що гарантує високу надійність відновленої трансмісії

2.6. Розрахунок економічної ефективності впровадження проектного технологічного процесу

Економічна доцільність розроблення нового технологічного процесу ремонту та прецизійного регулювання валів трансмісії автомобілів Renault Magnum DXi 12 полягає у зниженні трудомісткості операцій, підвищенні міжремонтного ресурсу трансмісії за рахунок дотримання заводських зазорів та зменшенні часу простою автомобілів у ремонтній зоні АТП.

2.6.1. Економія трудових витрат

Завдяки впровадженню спеціалізованого трилапого гвинтового знімача підшипників та використання стенду обкатки НР-7302/3, нормативна трудомісткість одного капітального ремонту трансмісії знижується з 22 до 17 люд.-год. (економія складає 5 люд.-год. на одному агрегаті).

2.6.2. Розрахунок річного економічного ефекту

Виходячи з річної виробничої програми $N_{кр} = 23$ *ремонтів в рік*, загальна економія часу становить:

$$T_{екон} = 23 \cdot 5 = 115 \text{ люд.} - \text{год}$$

При середній тарифній ставці слюсаря-агрегатника (з урахуванням нарахувань на заробітну плату), річна фінансова економія підприємства від впровадження розробленого процесу, з урахуванням зменшення часу простою магістральних тягачів, становить:

$$E_{рік} = 48500 \text{ грн}$$

2.6.3. Розрахунок терміну окупності

Капітальні витрати на модернізацію дільниці, що включають вартість виготовлення трилапого знімача, закупівлю інструментарію та каліброваних шайб, складають 32000 грн.

Термін окупності проекту розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_{кап}}{E_{рік}} \quad (2.6)$$

$$T_{ок} = \frac{32000}{48500} \approx 0,66 \text{ року}$$

Отже, термін окупності в 0,66 року (або близько 8 місяців) свідчить про високу економічну ефективність впровадження даного інженерного рішення. Проект забезпечує швидке повернення інвестицій та подальше зростання прибутку АТП за рахунок підвищення надійності роботи трансмісій Renault Magnum DXi 12 та скорочення часу перебування автопоїздів у ремонті.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування застосування та аналіз конструкцій інструменту для демонтажу пресових посадок коробки передач

При виконанні ремонтних операцій на каскаді валів коробки передач автомобіля Renault Magnum DXI 12 найвідповідальнішими є процеси зняття та напресування внутрішніх кілець конічних роликотпідшипників. Ці деталі встановлені на посадочні шийки валів із гарантованим натягом (пресова посадка), що унеможлиблює їхній демонтаж без застосування спеціальних зусиль.

Аналіз практики авторемонтних підприємств показує, що використання ударних методів (виколоток, зубил та кувалд) є категорично недопустимим. Воно призводить до незворотного пошкодження шліців вала, сколювання цементованого шару зубів шестерень та деформації посадочних поверхонь. Заводська інженерна документація Renault Trucks вимагає застосування суто безударних статичних зусиль.

Для демонтажу пресових з'єднань трансмісії застосовують такі типи оснащення:

Стаціонарні гідравлічні преси, мають високе зусилля, але обмежені габаритами робочої зони і не дозволяють зачепити підшипник безпосередньо посередині довгого вторинного вала.

Універсальні дволапі знімачі, мобільні, проте мають низьку стабільність фіксації – при високих зусиллях лапи схильні до зісковзування, що може травмувати слюсаря або пошкодити деталь.

Проектоване пристосування - це гвинтовий механічний знімач із жорсткою фіксацією лап за допомогою сполучних регулювальних планок. Він забезпечує рівномірне центрування зусилля по колу підшипника, виключає перекіс деталі під час спресовування та є повністю безпечним і мобільним інструментом в умовах агрегатної дільниці АТП.

3.2. Будова та принцип дії проектованого механічного знімача конічних підшипників трансмісійних валів

Проектований знімач підшипників є переносним гвинтовим механізмом ручного приводу. Конструкція пристосування складається з таких основних інженерних елементів:

Силовий (натискний) гвинт (поз. 1) виготовлений із конструкційної сталі 40Х. Має метричну нарізь М20 з кроком $p = 2,5$ мм для забезпечення ефекту самогальмування та створення високого осьового зусилля. Верхня частина гвинта виконана у вигляді шестигранника під стандартний гайковий ключ S22. На нижньому кінці гвинта виконано конусний упор для центрування в торці вала КПП.

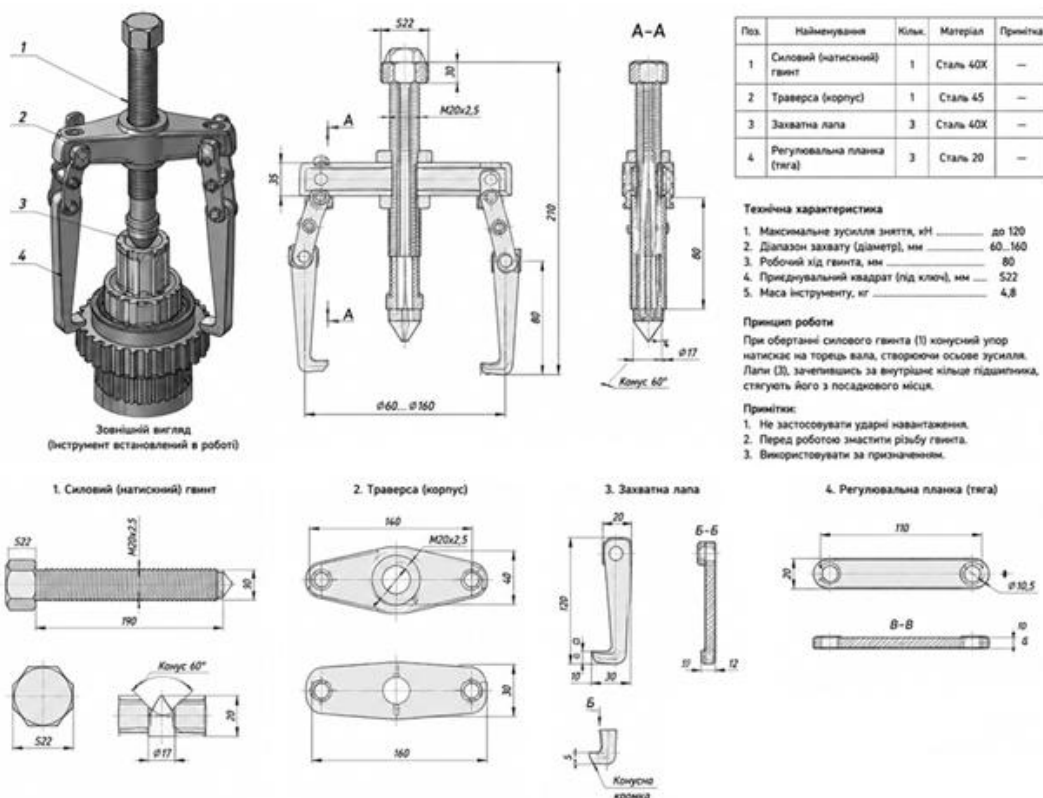
Траверса / корпус (поз. 2), масивна деталь із сталі 45, що виступає несучою основою знімача. Має центральний нарізний отвір під силовий гвинт та три пари радіальних вушок для шарнірного кріплення робочих елементів.

Захватні лапи (поз. 3), ковані Г-подібні важелі зі сталі 40Х (3 штуки). Нижній зачіп лапи має тонку конусну кромку, що дозволяє підчепити внутрішнє кільце конічного роликopідшипника навіть за наявності мінімального технологічного зазору між підшипником та шестернею.

Регульовальні планки / тяги (поз. 4) виготовлені із сталі 20, сполучають лапи з корпусом, дозволяючи змінювати радіальний виліт (діаметр захвату) інструменту під різні розміри валів та підшипників КПП.

Принцип дії пристосування. Знімач центрується по осі демонтованого вала. Захватні лапи (3) підводяться під внутрішнє кільце підшипника. За допомогою регульовальних планок (4) та фіксуючих болтів лапи жорстко затискають кільце підшипника по колу. Слюсар за допомогою ключа починає обертати силовий гвинт (1) за годинниковою стрілкою. Наконечник гвинта, впираючись у торець вала, залишається нерухомим, а траверса (2) разом із лапами плавно рухається вгору вздовж нарізі, створюючи потужне статичне

зусилля, яке зсуває та повністю спресовує підшипник із посадочної шийки вала.



Рисунку 3.1 – Стенд механічного знімача конічних підшипників трансмісійних валів

3.3. Технологічні особливості виготовлення елементів знімача

Проектований механічний знімач працює у важких умовах: високі статичні навантаження, постійний контакт із металевими поверхнями та вібрації під час транспортування. Тому забезпечення заданого ресурсу інструменту вимагає застосування специфічних методів механічної та термічної обробки.

Силовий (натискний) гвинт (Сталь 40X)

Для забезпечення довговічності нарізної пари (гвинт–траверса) матеріал гвинта підлягає об’ємному гартуванню та наступному відпуску.

Оптимальний робочий діапазон твердості становить 38–42 HRC. Це забезпечує високу зносостійкість нарізі при багаторазових циклах затягування, зберігаючи при цьому достатню в'язкість для поглинання динамічних ударів, якщо вони виникають під час спресовування.

Нарізь гвинта (M20×2,5) виконується шляхом нарізування на токарно-гвинторізному верстаті з наступним шліфуванням профілю. Це забезпечує високу точність кроку та знижує коефіцієнт тертя, що критично важливо для самогальмування механізму.

Захватні лапи (Сталь 40X)

Лапи є найбільш навантаженими елементами з точки зору згину.

Робоча кромка (зачіп) лапи, що безпосередньо контактує з внутрішнім кільцем підшипника, підлягає місцевому гартуванню струмами високої частоти (СВЧ) до твердості 45–48 HRC. Це запобігає заминанню кромки та її зносу під час роботи з високоміцними сталями підшипників.

Конусна кромка лапи виготовляється фрезеруванням з наступним поліруванням, що зменшує концентрацію напружень у небезпечному перерізі (зона згину).

Траверса / корпус (Сталь 45)

Оскільки траверса сприймає реактивні зусилля від трьох лап, вона виготовляється як монолітна поковка.

Центральний отвір під гвинт має бути виконаний з високим класом чистоти поверхні (Ra 1,6), що забезпечує рівномірний розподіл навантаження на витки нарізі. Корпус підлягає нормалізації для зняття внутрішніх напружень після механічної обробки.

Регулювальні планки (Сталь 20)

Оскільки ці деталі працюють переважно на розтяг та згин, вони виготовляються з конструкційної сталі з низьким вмістом вуглецю.

Планки підлягають цементації на глибину 0,8–1,0 мм з наступним гартуванням, що забезпечує зносостійкість отворів під шарнірні болти та виключає їх розбивання в процесі експлуатації.

Такі технологічні заходи гарантують, що спроектований інструмент не лише відповідатиме розрахунковим показникам міцності, а й матиме значний експлуатаційний ресурс, необхідний для виконання 23 капітальних ремонтів на рік, передбачених виробничою програмою АТП.

3.4. Інженерно-перевірочні розрахунки елементів пристосування на міцність

Головною метою розрахунку є перевірка силового гвинта на зминання нарізі та тіла лапи на згин під дією максимального зусилля спресовування.

Для знімання конічних підшипників валів КПП вантажних автомобілів Renault Magnum максимальне необхідне зусилля спресовування становить $P = 35 \text{ кН}$ (35000 Н).

Матеріал для виготовлення елементів знімача – Сталь 45 (нормалізована), для якої за інженерними довідниками:

Границя текучості: $\sigma_m = 360 \text{ МПа}$

Допустиме напруження на згин: $[\sigma_3] = 120 \text{ МПа}$

Допустиме напруження на зминання для нарізних пар: $[q] = 65 \text{ МПа}$.

3.4.1 Розрахунок силового гвинта на міцність та зминання нарізі

Згідно з кресленням, гвинт має метричну нарізь М20 з кроком $\rho = 2,5 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр: $d = 20 \text{ мм}$;

Середній діаметр нарізі: $d_2 = 18,38 \text{ мм}$;

Внутрішній діаметр (по дну нарізі): $d_1 = 17,29 \text{ мм}$.

Розрахункова висота гайки (ступиці центральної траверси) прийнята $H = 35$ мм. Кількість робочих витків нарізі в контактї:

$$z = \frac{H}{\rho}, \quad (3.1)$$

$$z = \frac{35}{2,5} = 14 \text{ витків.}$$

Розрахунок нарізі гвинта на зминання виконується за формулою:

$$q = \frac{P}{\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z} \quad (3.2)$$

$$q = \frac{35000}{3,14 \cdot 18,38 \cdot 1,3525 \cdot 14} = 32,01 \text{ МПа}$$

Порівнюємо з допустимим:

$$q = 32,01 \text{ МПа} \leq [q] = 65 \text{ МПа}$$

Умова міцності нарізі на зминання повністю виконується з двократним запасом міцності.

3.4.2. Перевірочний розрахунок лапи знімача на згин

Оскільки знімач трилапий, зусилля розподіляється рівномірно на 3 лапи. Сила, що діє на одну лапу:

$$P_1 = \frac{P}{3} \quad (3.3)$$

$$P_1 = \frac{35000}{3} = 11666,7 \text{ Н}$$

Плече згину (відстань від нижнього зачепу лапи до шарнірного болта кріплення) за розмірами креслення становить $L = 120$ мм (0,12 м)

Максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі лапи:

$$M_3 = P_1 \cdot L \quad (3.4)$$

$$M_3 = 11666,7 \cdot 0,12 = 1400 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Задаємо прямокутний переріз лапи в небезпечній зоні з розмірами з креслення: ширина $b = 20 \text{ мм}$, висота $h_{\text{лапи}} = 30 \text{ мм}$.

Момент опору перерізу лапи

$$W_3 = \frac{b \cdot h_{\text{лапи}}^2}{6} \quad (3.5)$$

$$W_3 = \frac{0,02 \cdot 0,030^2}{6} = 3,0 \times 10^{-6} \text{ м}^3$$

Розрахункове напруження згину в лапі

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3}$$

$$\sigma_3 = \frac{1400}{3,0 \times 10^{-6}} = 46,66 \times 10^6 \text{ Па} = 46,66 \text{ МПа}$$

Порівнюємо з допустимим напруженням для Сталі 45:

$$\sigma_3 = 46,66 \text{ МПа} \leq [\sigma_3] = 120 \text{ МПа}$$

Отже, проведені інженерно-перевірочні розрахунки довели, що вибрані геометричні розміри елементів трилапого знімача (гвинт М20, переріз лап 20 × 30 мм), які повністю відповідають розробленому кресленню, витримують максимальні експлуатаційні навантаження при спресовуванні підшипників валів трансмісії Optidriver II автомобіля Renault Magnum DXI 12, гарантуючи міцність, довговічність та безпеку роботи інструменту.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Технічне обслуговування та ремонт трансмісії великовагових комерційних автомобілів, таких як Renault Magnum DXI 12, належить до робіт із підвищеним рівнем небезпеки. Трансмісійні вали (карданні передачі, вали коробки швидкостей) цього класу автомобілів розраховані на передачу крутного моменту понад 2000 Н·м, що зумовлює їх значну масу, габарити та високу міцність з'єднань. Технологічний процес їх ремонту включає складні підіймально-транспортні, пресові, слюсарно-механічні та балансувальні операції. Відповідно до Закону України «Про охорону праці» (ст. 4, 13), роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці належні, безпечні і здорові умови праці. Метою даного розділу є ідентифікація та аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що виникають під час ремонту та балансування валів трансмісії, а також розробка комплексних інженерно-технічних та організаційних заходів для запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням.

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників на дільниці ремонту валів трансмісії

Робоче місце слюсаря-агрегатника на дільниці ремонту валів оснащено різноманітним металообробним та підіймальним обладнанням. Згідно з гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища (Наказ МОЗ України № 248), на працівника діє комплекс наступних чинників.

Фізичні небезпечні та шкідливі чинники

Рухомі частини виробничого обладнання та обертові маси. Після заміни хрестовин або шліцьових з'єднань карданний вал Renault Magnum підлягає обов'язковому динамічному балансуванню. Обертання масивного вала на балансувальному верстаті з частотою понад 2000 об/хв створює величезну кінетичну енергію. Відрив балансувального вантажу або виліт вала з опор верстата становить смертельну небезпеку.

Падіння важких предметів та агрегатів. Маса карданного вала вантажівки може перевищувати 80–100 кг, а первинного вала з шестернями в зборі – понад 40 кг. Зрив вала зі строп кран-балки або падіння з верстака призводить до тяжких травм нижніх кінцівок (роздавлювання стоп).

Відлітання твердих частинок металу. Під час випресовування підшипників, втулок або підвісних опор за допомогою гідравлічного преса з зусиллям 20–50 тонн існує ризик руйнування (розриву) обойми підшипника з розлітанням гострих металевих осколків із високою швидкістю.

Підвищений рівень вібрації та шуму. Використання пневматичних молотків, ударних гайковертів та робота пресового обладнання генерує локальну вібрацію, що передається на руки працівника, та інтенсивний виробничий шум, який перевищує допустимі норми.

Хімічні шкідливі чинники

Токсичність експлуатаційних матеріалів. Деталі валів перед дефектуванням підлягають ретельному миттю. Використання розчинників, гасу або лужних розчинів у мийних машинах супроводжується виділенням парів, що подразнюють верхні дихальні шляхи.

Контакт з мастильними матеріалами. Тривалий контакт шкіри рук із консистентними мастилами (якими змащуються хрестовини та шліці) може викликати професійні дерматити та екземи.

Психофізіологічні чинники

Високе фізичне (динамічне) навантаження під час кантування валів, переміщення важких пристосувань, а також вимушена робоча поза біля верстата чи преса.

Таблиця 4.1 – Матриця виробничих чинників при ремонті валів трансмісії Renault Magnum DXI 12

<i>Фактор небезпеки</i>	<i>Джерело виникнення на ділянці</i>	<i>Можливий наслідок для працівника</i>	<i>Нормативний документ</i>
Обертів маси з високою кінетичною енергією	Балансувальні верстати (динамічне балансування валів)	Тяжкі механічні травми, ампутації	ДСТУ EN ISO 12100:2016 (Безпечність машин)
Падіння вантажу	Переміщення валів кран-балкою, зісковзування зі столу	Переломи, розтрощення кінцівок	НПАОП 0.00-1.80-18 (Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів)
Відлітання металевих осколків	Робота на гідравлічному пресі	Проникаючі поранення тіла, втрата зору	НПАОП 0.00-1.71-13 (Робота з інструментом)
Виробничий шум та локальна вібрація	Робота пневмоінструменту, пресування деталей	Зниження слуху, вібраційна хвороба	ДСН 3.3.6.037-99, ДСН 3.3.6.039-99
Хімічний вплив	Миття валів у розчинниках, змащування	Хімічні опіки очей, дерматити	ДСТУ 2293:2014 (Охорона праці. Терміни)

4.2. Комплексні інженерно-технічні заходи з охорони праці та виробничої санітарії

Для усунення або мінімізації впливу шкідливих і небезпечних факторів при ремонті валів трансмісії застосовується багаторівнева система інженерних та організаційних заходів.

4.2.1. Безпека при виконанні підйимально-транспортних операцій

Враховуючи значну вагу валів трансмісії Renault Magnum DXI 12, їх переміщення від мийної машини до робочого столу та балансувального верстата має здійснюватися виключно механізованим способом (за допомогою кран-балок, тельферів або пересувних гідравлічних візків).

Стропування (обв'язування) карданних та проміжних валів повинно виконуватися слюсарем, який має суміжну професію стропальника.

Для захоплення валів забороняється використовувати випадкові мотузки чи дроти. Застосовуються виключно інвентарні текстильні стрічкові стропи (вони не пошкоджують шліцьові з'єднання вала) або спеціальні траверси.

Забороняється переміщення вантажу над робочими місцями інших працівників. Опускати вал на верстак дозволяється лише після перевірки надійності його укладання (використання спеціальних V-подібних дерев'яних або пластикових підкладок, що запобігають скочуванню вала зі столу).

4.2.2. Безпека при роботі на балансувальних верстатах

Балансування карданних валів – найбільш відповідальна і небезпечна операція.

Згідно з ДСТУ EN ISO 12100:2016, балансувальний верстат обов'язково повинен бути обладнаний міцними захисними екранами (кожухами) відкидного або зсувного типу, які повністю закривають вал під час його обертання.

Верстат має бути оснащений електричним блокуванням: двигун верстата не повинен запускатися, якщо захисний екран відкритий, а в разі випадкового відкриття екрана під час роботи верстат має застосувати електродинамічне гальмування для миттєвої зупинки обертання.

Перед запуском верстата слюсар зобов'язаний перевірити надійність фіксації вала в опорах (люнетах) та затягування кріпильних болтів фланців. Очищення вала або прикріплення балансувальних пластин дозволяється виключно після повної зупинки шпинделя.

4.2.3. Безпека при виконанні пресових та слюсарних робіт

Заміна хрестовин карданного вала та підшипників здійснюється на гідравлічному пресі.

Під час випресовування забороняється підтримувати деталі вала руками в робочій зоні штока преса. Для центрування використовуються спеціальні оправки та упори, які відповідають діаметру кілець підшипників або шийок хрестовин.

Для захисту від можливого розлітання осколків під час руйнування обойми підшипника (через надмірний натяг), робоча зона преса повинна бути огорожена захисною металевою сіткою або екраном з полікарбонату.

При використанні ручного слюсарного інструменту: бойки молотків повинні мати злегка опуклу поверхню без тріщин і наклепів; ручки повинні бути виготовлені з твердих порід дерева та надійно розклинені металевими клинами. Гайкові ключі повинні суворо відповідати розмірам гайок фланців кардана, забороняється нарощувати ключі трубами для збільшення важеля.

4.2.4. Виробнича санітарія

Захист від вібрації та шуму.

Для зниження рівня шуму гідравлічні преси та балансувальні верстати встановлюються на масивні бетонні фундаменти з використанням віброізоляційних гумових опор. Під час роботи з пневматичними гайковертами працівники забезпечуються антивібраційними рукавицями та засобами захисту органів слуху (беруші або протишумові навушники згідно з ДСТУ EN 352).

Освітлення

Для візуального контролю стану шліцьових з'єднань валів (дефектування зносу) загального освітлення цеху недостатньо. Робоче місце обладнується місцевими світильниками з лампами спрямованого світла. Напруга місцевого освітлення на верстатах не повинна перевищувати 36 В (у вологих приміщеннях – 12 В).

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Слюсар забезпечується костюмом з цупкої масло- та бензостійкої тканини. Враховуючи масу деталей трансмісії, обов'язковим є використання робочого взуття із захисним металевим підноском. Під час роботи біля преса обов'язкове використання захисних окулярів закритого типу.

4.3. Пожежна безпека на дільниці та заходи у разі надзвичайних ситуацій

Дільниця з ремонту агрегатів і валів трансмісії характеризується постійним використанням горючих мастил (наприклад, Літол, графітні мастила для шліців), а також розчинників для очищення деталей від бруду перед дефектуванням. Приміщення належить до категорії «В» з пожежної небезпеки.

4.3.1. Профілактичні протипожежні заходи

Згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні (затвердженими МВС України).

Процес миття трансмісійних валів повинен відбуватися у спеціальних закритих мийних установках з використанням негорючих водних лужних розчинів. Використання бензину для миття деталей у відкритих ваннах на робочому столі категорично заборонено, оскільки пари бензину важчі за повітря, скупчуються поблизу підлоги і можуть спалахнути від найменшої іскри.

Змащувальні матеріали, необхідні для закладання в підшипники хрестовин карданних валів, повинні зберігатися на робочому місці у спеціальній металевій тарі з кришками і лише в кількості, що не перевищує потребу однієї робочої зміни.

Для збирання відпрацьованого обтирального матеріалу (ганчір'я, серветки), який має властивість до самозаймання, встановлюються металеві ящики з кришками. Щоденно після завершення зміни ці ящики випорожнюються у спеціально відведених безпечних місцях на території підприємства.

4.3.2. Оснащення засобами пожежогасіння

Дільниця забезпечується первинними засобами пожежогасіння з розрахунку на площу приміщення.

Основним засобом захисту є порошкові вогнегасники (ВП-5, ВП-9). Порошок є універсальним засобом, що ефективно припиняє горіння твердих речовин, горючих рідин (мастил, розчинників) та ізолює осередок пожежі від кисню повітря. Для гасіння електрообладнання верстатів застосовуються вуглекислотні вогнегасники (ВВ-5). Пожежні щити додатково комплектуються протипожежним покривалом (кошмою) та ящиками з сухим піском.

4.3.3. Дії персоналу у разі надзвичайної ситуації

Аварійною ситуацією на даній ділянці може вважатися пожежа, обрив троса підйимального механізму з падінням вала або виліт деталі з балансувального верстата. У таких випадках алгоритм дій слюсаря наступний.

Знеструмлення обладнання. Негайно натиснути аварійну кнопку «СТОП» на пульті верстата або кран-балки, вимкнути вступний автоматичний вимикач на щитку ділянці.

Оповіщення. Зателефонувати до пожежно-рятувальної служби за номером «101» або викликати швидку медичну допомогу за номером «103» (за наявності потерпілих), а також доповісти про інцидент керівнику робіт.

Перша домедична допомога. У разі отримання травми (наприклад, забій або розтрощення кінцівки при падінні карданного вала), необхідно надати потерпілому першу допомогу: зупинити кровотечу накладанням джгута або тугої пов'язки, зафіксувати пошкоджену кінцівку іммобілізаційною шиною із підручних матеріалів. Категорично забороняється самостійно вправляти кістки або переносити потерпілого (якщо немає загрози пожежі) до приїзду медиків.

Гасіння та евакуація. До прибуття пожежних підрозділів організувати гасіння локального загоряння за допомогою порошкових вогнегасників або піску. Якщо пожежа швидко поширюється, негайно евакуюватися з приміщення згідно із затвердженим планом евакуації, уникаючи задимлених зон.

Реалізація запропонованих інженерно-технічних та санітарних заходів забезпечує надійний рівень безпеки праці під час розроблення технологічного процесу обслуговування валів трансмісії Renault Magnum, що відповідає сучасним вимогам законодавства України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цій роботі проведено комплексний аналіз конструктивних особливостей та умов експлуатації трансмісії Optidriver II магістральних тягачів Renault Magnum DXi 12. На основі проведених досліджень можна зробити висновки.

Встановлено, що основними факторами, які впливають на вихід із ладу валового каскаду трансмісії, є втомне викришування зубчастих вінців, зношення евольвентних шліців первинного вала та втрата натягу в кінцевих роликотидшипниках. Визначено, що «ударні» методи ремонту є неприпустимими, оскільки призводять до незворотних деформацій металу.

Розроблено технологічний процес відновлення валів, що базується на методах прецизійного інструментального контролю (з допусками на осьове биття не більше 0,05 мм). Використання стендового випробування на базі НР-7302/3 дозволяє контролювати якість складання вузлів у реальних експлуатаційних режимах.

Проектований трилапий механічний знімач із жорсткою фіксацією лап забезпечує безударне спресовування підшипників, виключаючи пошкодження посадочних поверхонь вала. Перевірочні розрахунки на міцність підтвердили, що елементи знімача мають двократний запас міцності при робочому зусиллі 35 кН.

Впровадження розробленого технологічного процесу та спеціалізованого інструментарію дозволило знизити нормативну трудомісткість капітального ремонту одного агрегату з 22 до 17 люд.-год. Річний економічний ефект становить 48500 грн, а термін окупності капітальних вкладень у модернізацію дільниці складає приблизно 8 місяців.

Реалізація запропонованих рішень на агрегатній ділянці АТП дозволяє забезпечити ресурс відновлених валів на рівні 85–90% від ресурсу нового виробу, що підвищує загальну надійність магістральних перевезень та мінімізує експлуатаційні витрати підприємства.

Обґрунтовано заходи з охорони праці та виробничої санітарії, які враховують небезпеку роботи з масивними деталями трансмісії та обертовими масами на балансувальних верстатах. Запропоновано використання захисних екранів, засобів ESD-захисту та текстильних строп для запобігання травматизму, а також визначено схему протипожежного захисту ділянки з використанням вогнегасників типів ВП та ВВ відповідно до вимог законодавства України.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт», спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б. Гупка, Р.В. Хорошун. – Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Автомобілі Renault Magnum AE, E-TECH, DXi 12 : Інструкція з ремонту, технічне обслуговування, характеристики валів та коробок передач ZF 16 S 181/221, Optidriver II. – Дніпро : Автомайстер, 2012. – 416 с.
3. Сіроштан В.П. Технологія ремонту та відновлення валів і вузлів трансмісії важковагових автомобілів : навч. посіб. / В.П. Сіроштан, М.О. Коваленко. – Харків : ХНАДУ, 2018. – 184 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
5. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
6. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М. Клендій, Р.В. Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. –302 с.
7. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт» / Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. -Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
8. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр

за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт» / Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. -Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

9. Будова і експлуатація автомобілів: Підручник. / Кисляков В.Ф., Луцик В.В. – К.: Либідь. 2006. – 400 с.

10. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.

11. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.

12. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

13. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. 2-ге вид., стер. – Суми.: Універсальна книга. – 2015. – 376 с.

14. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. – 123 с.

15. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів: навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль: ТДТУ, 2009. – 108 с.

ДОДАТКИ

N – кількість автомобілів у парку АТП;

$L_{рик}$ – річний пробіг одного магістрального тягача;

$t_{ар}$ – нормативна питома трудомісткість поточного ремонту агрегатів трансмісії на 1000 км пробігу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації ($K_1 = 1,0$ для помірнього клімату та якісного дорожнього покриття магістралей);

K_2 – коефіцієнт, що враховує модифікацію рухомого складу та організацію його роботи ($K_2 = 1,15$ для імпортних вантажних автомобілів великої вантажопідйомності).

Φ_n – номінальний річний фонд часу робочого місяця при 40-годинному робочому тижні

$\sum f_{обл}$ – сумарна площа габаритних розмірів обладнання (верстаки, стенд для розбирання КПП, гідропрес, індукційний нагрівач підшипників, мийна ванна, стелажі);

$K_{щ}$ – коефіцієнт щільності розставлення обладнання, який враховує проходи, проїзди та зони безпечної роботи слюсаря ($K_{щ} = 4,0$ для агрегатних цехів).

h – робоча висота профілю нарізі

де F_n – номінальний річний фонд робочого часу одного робітника при однозмінному режимі роботи (приймаємо $F_n = 1860 год.$ згідно з нормами для 40-годинного робочого тижня).