

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 КПП автомобілів
Renault Magnum DXI 480

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

(шифр і назва спеціальності)

Вадим ПЕТРОЧКО

(підпис)

Керівник

Тетяна НАВРОЦЬКА

(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 Петрочко Вадиму Григоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту КПП автомобілів Renault Magnum DXI 480

Керівник роботи Навроцька Тетяна Де м'янівна, 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 480, базовий ТП технічного обслуговування та ремонту ремонту КПП

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)

Загальний вигляд КПП елементами технологічного оснащення для ремонту – 1

аркуш формату А1. Модульна структура та основні компоненти картерів і валів

КПП – 1 аркуш формату А1. Гідродинамічний сповільнювач коробки передач

– 1 аркуш формату А1. Несправності КПП автомобіля Renault Magnum DXI 480,

їхні причини та методи усунення – 1 аркуш формату А1. Послідовність

розбирання картера зчеплення та гальмівного механізму проміжного вала КПП –2

аркуш формату А1. Стенд для розбирання і збирання коробок передач з

монтажним адаптером –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)

Вадим ПЕТРОЧКО

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна НАВРОЦЬКА

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Розроблення технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту КПП автомобілів Renault Magnum DXI 480»

студента групи МА-41 ТНТУ імені Івана Пулюя

Вадима ПЕТРОЧКО.

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

Тетяна НАВРОЦЬКА.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки: 59 арк. формату А4, графічної частини: 7 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 модульну структуру роботизованої 12-ступінчастої коробки передач Optidriver (ZF AS-Tronic) магістрального тягача Renault Magnum DXI 480, а також інтегрованого гідродинамічного сповільнювача ZF Intarder. Систематизовано основні несправності, дефекти компонентів КПП, причини їх виникнення та методи контролю.

В технологічному розділі розраховано річний обсяг робіт, чисельність виробничого персоналу та площу агрегатної дільниці АТП. Розроблено та детально описано технологічний процес діагностики, демонтажу, розбирання, дефектування та ремонту елементів коробки передач та виконавчих механізмів блока керування TCU. Проведено техніко-економічний розрахунок модернізації дільниці, який підтвердив її фінансову доцільність.

В конструкторському розділі описано проблему складності та небезпеки розбирання важких багатомодульних КПП вантажівок без спеціального оснащення. Запропоновано та розраховано (міцнісні параметри фіксуючого пальця на зріз, поворотної цапфи на згин та опорної плити на зминання) конструкцію стенда для розбирання і збирання коробок передач з монтажним адаптером.

Наведено заходи з безпеки життєдіяльності, основ охорони праці (зокрема дослідження психофізіологічних навантажень, ергономіки рухів та нейтралізації вібрацій пневмоінструменту) і екологічної безпеки щодо поводження з небезпечними відходами на АТП.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1. Призначення, загальна характеристика та технічні дані коробки передач автомобіля Renault Magnum DXI 480.....	10
1.2. Конструктивні особливості та взаємодія елементів КПП та інтегрованого гідродинамічного сповільнювача Intarder.....	14
1.3. Аналіз умов роботи деталей КПП, характерні несправності, дефекти та причини їх виникнення.....	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1. Організація та технологія діагностики коробки передач і електронно-пневматичного блоку керування.....	19
2.2. Послідовність розбирання агрегату на стенді	24
2.3. Технологія дефектування, ремонту та складання вузлів валів, елементів TCU та Інтардера.....	33
2.3.1. Технологічний процес заміни накладок, вилок перемикачів.....	33
2.4. Техніко-економічний розрахунок параметрів агрегатної ділянки.....	42
2.4.1. Розрахунок річної трудомісткості робіт.....	42
2.4.2. Розрахунок чисельності виробничих робітників.....	43
2.4.3. Розрахунок площі агрегатної ділянки.....	43
2.4.4. Основні техніко-економічні показники ділянки	43
2.4.5. Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження техпроцесу	44
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1. Аналіз існуючих конструкцій стендів для розбирання агрегатів трансмісії.....	48
3.2. Обґрунтування вибору та опис конструкції розробленого	

стенда з адаптером	48
3.3. Інженерно-конструкторські розрахунки елементів пристосування на міцність.....	50
3.3.1. Розрахунок фіксуючого пальця на зріз.....	50
3.3.2. Розрахунок поворотної цапфи на згин.....	51
3.3.3. Розрахунок опорної плити на зминання.....	52
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
4.1. Дослідження психофізіологічних навантажень, ергономіки та біомеханіки робочих процесів при ремонті важких КПП.....	53
4.2. Нейтралізація виробничого шуму та локальної вібрації від механізованого інструменту агрегатної ділянки.....	54
4.3. Екологічна безпека технологічних процесів та поводження з небезпечними відходами при капітальному ремонті трансмісій.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
БІБЛІОГРАФІЯ.....	58
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Сучасний розвиток автомобільного транспорту України характеризується постійним зростанням обсягів міжміських та міжнародних перевезень вантажів, які виконуються магістральними автопоїздами великої вантажопідйомності. У структурі автомобільного парку вітчизняних перевізників значну частку складають автомобілі іноземного виробництва, серед яких особливе місце посідають важкі магістральні тягачі сімейства Renault Magnum, зокрема високопотужні модифікації DXI 480. Ефективність та рентабельність експлуатації такого рухомого складу безпосередньо залежать від його технічної готовності, надійності роботи основних вузлів та мінімізації витрат на капітальні й поточні ремонти.

Одним із найбільш технологічно складних та високонавантажених агрегатів сучасного вантажного автомобіля є коробка передач. Вона працює в умовах тривалих знакозмінних механічних та теплових навантажень, забезпечуючи трансформацію крутного моменту від двигуна до ведучих мостів у широкому діапазоні швидкостей та дорожніх умов. На автомобілях Renault Magnum DXI 480 застосовуються сучасні багатоступінчасті коробки передач, які конструктивно інтегровані з електронно-пневматичними системами автоматизованого керування трансмісією та допоміжними гідродинамічними системами уповільнення – інтардерами. Таке поєднання дозволяє досягти високої паливної економічності, знизити навантаження на водія та підвищити безпеку руху важкого автопоїзда, проте воно значно ускладнює конструкцію агрегату і підвищує вимоги до його технічного стану.

В процесі тривалої експлуатації елементи коробки передач, такі як вали, зубчасті колеса, підшипникові вузли, деталі синхронізаторів та ущільнення, неминуче зазнають природного зносу. Порушення умов експлуатації, недотримання термінів заміни мастильних матеріалів або використання неякісних технологічних рідин призводять до виникнення прогресуючих дефектів: сколів зубів, руйнування бігових доріжок підшипників, втрати герметичності ущільнень та збоїв у роботі виконавчих механізмів керування трансмісією. Своєчасне виявлення цих відхилень на ранніх стадіях за допомогою засобів комп'ютерної та стендової діагностики, а також якісне проведення відновлювальних робіт є ключовими факторами продовження загального ресурсу трансмісії.

Розроблення чітко регламентованого технологічного процесу технічного обслуговування, дефектування та ремонту коробки передач є важливим складником системи підтримання працездатності автомобілів. Застосування спеціалізованого обладнання, розбирально-складальних стендів, що забезпечують жорстку фіксацію та зручний доступ до вузлів, а також використання точного інструменту для регулювання осьових зазорів і натягу підшипників дозволяють значно підвищити якість авторемонтного виробництва. Інженерний підхід до вирішення цих завдань дає змогу суттєво скоротити тривалість простою автомобілів у ремонтній зоні агрегатного цеху, знизити трудомісткість операцій та забезпечити високу експлуатаційну надійність трансмісії після завершення ремонтного циклу.

1 ЗАГАЛЬНО–ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Призначення, загальна характеристика та технічні дані коробки передач автомобіля Renault Magnum DXI 480

Коробка передач (КПП) магістрального тягача Renault Magnum DXI 480 є одним із найважливіших агрегатів трансмісії. Вона призначена для зміни крутного моменту та частоти обертання ведучих коліс автомобіля в більш широких межах, ніж це може забезпечити двигун внутрішнього згоряння. Окрім цього, КПП забезпечує рух автомобіля заднім ходом та дозволяє на тривалий час від'єднувати працюючий двигун від ведучих коліс під час зупинки автомобіля або при його русі накатом (на нейтральній передачі).

На автомобілях Renault Magnum DXI 480 встановлюється автоматизована (роботизована) 12-ступінчаста коробка передач Optidriver (модифікації типу AT2412 або коробки сімейства ZF AS-Tronic 12 AS 2301 / 2540). Конструктивно цей агрегат є механічною багатоступінчастою коробкою, в якій процеси витискання зчеплення та безпосереднього перемикання передач здійснюються автоматично за допомогою спеціального електронно-пневматичного виконавчого блока, без прямої участі водія. Загальний вигляд такого агрегату в розрізі з деталізацією внутрішніх компонентів та необхідного інструменту для обслуговування представлено на рисунку 1.1.

Конструкція коробки передач побудована за модульним принципом і складається з трьох основних частин, взаємне розташування яких у просторі показано на вибух-схемі (рис. 1.2):

Передній додатковий редуктор (Splitter / Дільник ступенів): дозволяє розщеплювати кожну основну передачу на дві (вищу та нижчу) з близькими передавальними числами. Конструктивно розміщується в передній частині картера (поз. 6, рис. 1.2).

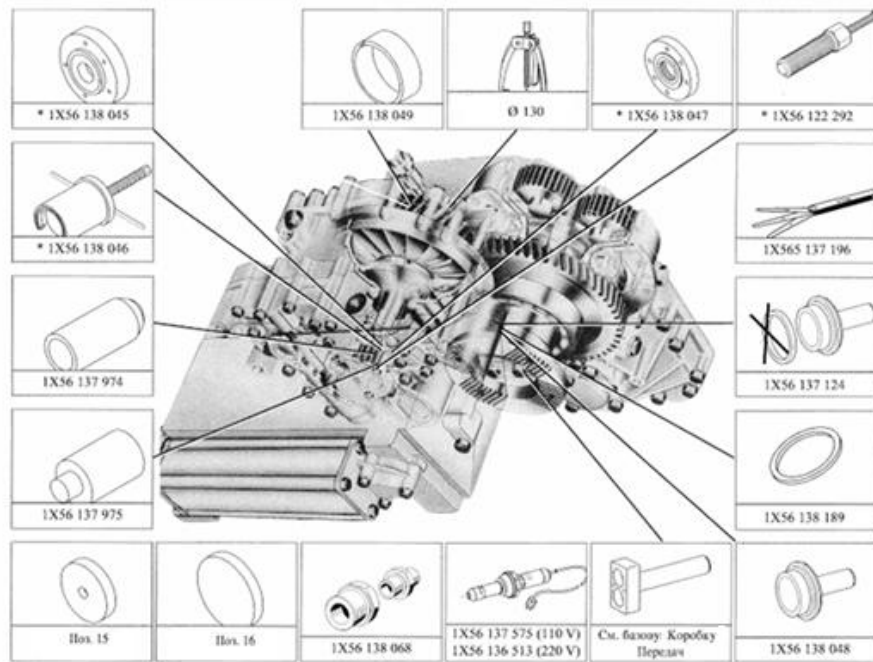


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд роботизованої коробки передач ZF AS-Tronic у розрізі з елементами технологічного оснащення для ремонту

Основна коробка передач: триступінчастий або чотириступінчастий механічний редуктор, що базується на центральному картері (поз. 13, рис. 1.2), де встановлені первинний (поз. 8), вторинний (поз. 9) та проміжний (поз. 11) вали.

Задній додатковий редуктор (Range / Демультіплікатор): зазвичай планетарного типу, який подвоює загальну кількість передач, поділяючи їх на нижній (повільний) та верхній (швидкий) діапазони. Його елементи розміщені в задній частині картера (поз. 3, рис. 1.2).

Така комбінація ($2 \times 3 \times 2$) забезпечує 12 передач переднього ходу та 2 передачі заднього ходу. Завдяки великій кількості ступенів забезпечується оптимальна робота двигуна DXI 12/13 в економічній "зеленій" зоні тахометра при будь-яких дорожніх умовах та ступені завантаження автопоїзда. Керування всіма перемикачами здійснюється єдиним модулем – блоком управління трансмісією Transmission Control Unit (поз. 1, рис. 1.2).

Характерною особливістю трансмісії Renault Magnum DXI 480 є інтеграція в задню частину картера КПП допоміжного гідродинамічного гальма-сповільнювача – Intarder (Інтардер). Він призначений для зниження швидкості автомобіля без задіяння основної робочої гальмівної системи, що критично важливо під час тривалих спусків у гірській місцевості для запобігання перегріву гальмівних колодок.

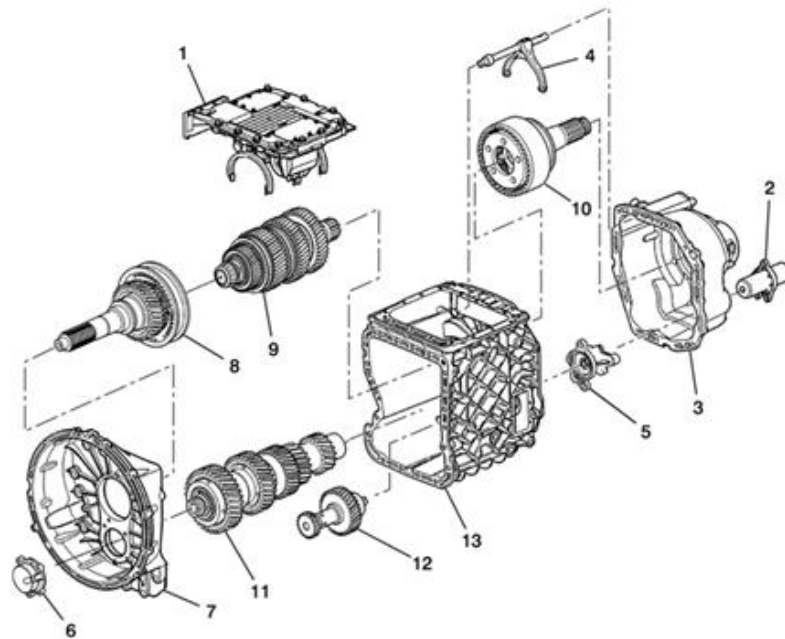


Рисунок 1.2 – Модульна структура та основні компоненти картерів і валів КПП автомобіля Renault Magnum DXI 480

1 – блок керування трансмісією (Transmission Control Unit); 2, 4, 5, 10 – елементи механізму перемикавання; 3 – картер демультіплікатора; 6 – картер дільника; 7 – передня кришка; 8 – первинний вал; 9 – вторинний вал; 11 – проміжний вал; 12 – вісь заднього ходу; 13 – основний картер

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики та експлуатаційні параметри КПП автомобіля Renault Magnum DXI 480

<i>№ з/п</i>	<i>Найменування параметра</i>	<i>Значення параметра та одиниці вимірювання</i>
1	Марка та модель автомобіля	Renault Magnum DXI 480
2	Тип коробки передач	Автоматизована (роботизована), багатоступінчаста, з інтегрованим дільником та демультіплікатором
3	Базова модель агрегату (залежно від комплектації)	Optidriver (AT2412) / ZF AS-Tronic (12 AS 2301 / 12 AS 2540)
4	Кількість передач (ступенів): – переднього ходу – заднього ходу	12 2
5	Максимальний крутний момент, що сприймається	2500·2600 Н·м\$
6	Тип керування перемиканням передач	Електронно-пневматичний (модуль Transmission Control Unit)
7	Спосіб керування зчепленням	Автоматичний (за допомогою пневмогідропідсилювача без педалі зчеплення в кабіні)
8	Система змащування агрегату	Комбінована (під тиском від інтегрованого масляного насоса та розбризкуванням)
9	Марка трансмісійної оливи (рекомендована)	Синтетична, з допусками <i>Renault Trucks RXD / Longevity</i> або <i>ZF TE-ML 02L</i> (в'язкість SAE 75W-80)
10	Об'єм оливи для заправки: – без гідродинамічного сповільнювача – з інтегрованим сповільнювачем Intarder	11·13 л 21·23 л (спільний контур із КПП)
11	Суха маса агрегату (без урахування оливи): – базова модифікація КПП – у комплектації з інтардером та теплообмінником	270·290 кг 340·350 кг
12	Допоміжна гальмівна система (опція)	Інтегроване гідродинамічне гальмо-сповільнювач ZF Intarder

1.2. Конструктивні особливості та взаємодія елементів КПП та інтегрованого гідродинамічного сповільнювача Intarder

Конструктивною особливістю трансмісії магістрального тягача Renault Magnum DXI 480 є інтеграція допоміжного гідродинамічного гальма-сповільнювача (інтардера) безпосередньо в хвостову частину коробки передач. Агрегат змонтований на вихідному валу КПП і має з нею спільну масляну ванну. Загальне компонування вузла та взаємне розташування його конструктивних елементів у просторі представлено на рисунку 1.3.

Детальна внутрішня будова, кінематичний зв'язок та опорні елементи інтардера в розрізі наведені на рисунку 1.4. Основними робочими компонентами пристрою є два протилежно розташовані лопатеві колеса, що утворюють закритий гідродинамічний контур.

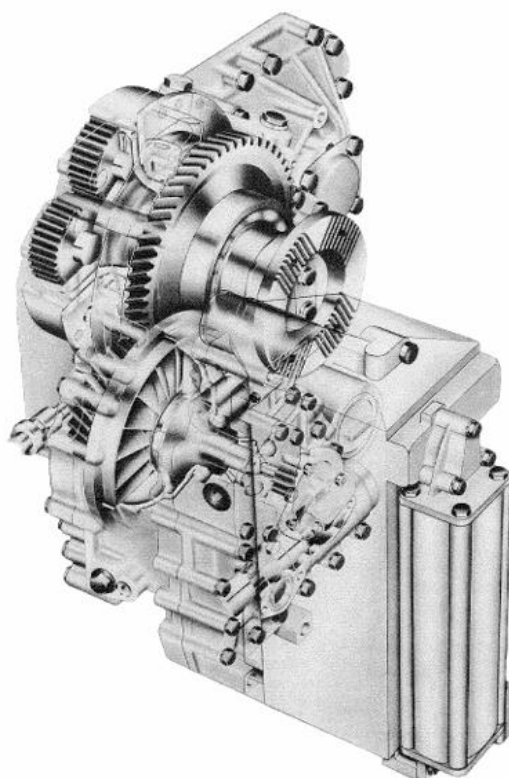


Рисунок 1.3 – Загальне представлення та просторове компонування інтегрованого гідродинамічного сповільнювача коробки передач

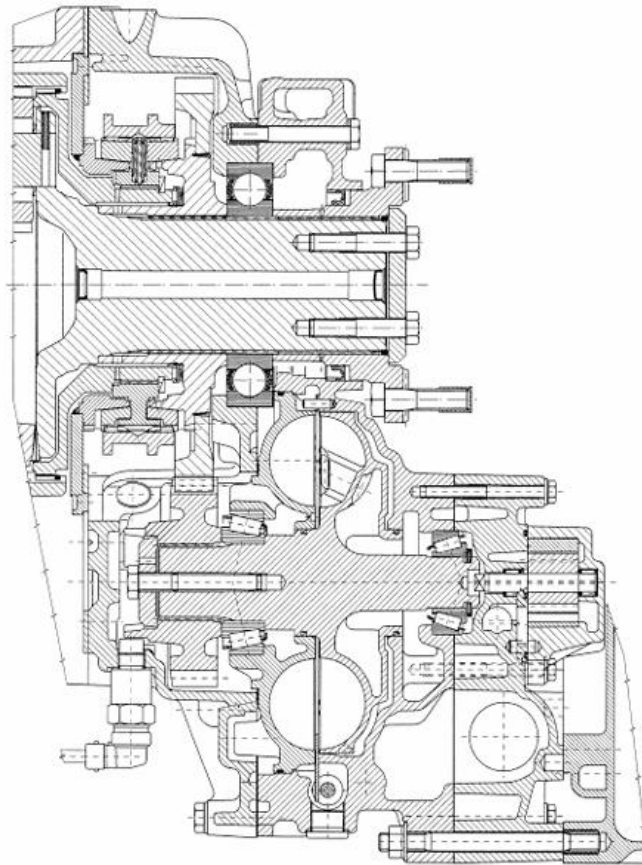


Рисунок 1.4 – Вид у поздовжньому розрізі гідродинамічного сповільнювача та вузлів його привода

Принцип взаємодії елементів сповільнювача:

1. Кінематичний привід: Обертання від вторинного (вихідного) вала коробки передач передається через циліндричну шестірню великого діаметра на вал-шестірню інтардера. Завдяки прискорювальній зубчастій передачі (мультиплікатору) частота обертання вала сповільнювача значно перевищує оберти вихідного вала КПП, що дозволяє досягти високої гальмівної потужності при компактних габаритах агрегату.

2. Гідродинамічне гальмування: Рухоме лопатеве колесо (ротор), жорстко зафіксоване на валу інтардера, обертається на конічних роликотшипниках (див. рис. 1.4). Нерухоме колесо (статор) інтегроване в корпус. При активації системи стиснене повітря витісняє трансмісійну оливу з акумулятора в робочу порожнину між колесами. Ротор захоплює оливу, розганяє її та

спрямовує на лопаті статора. Внаслідок зміни напрямку потоку рідини виникає реактивний опір, який гальмує ротор, а через шестерні – вихідний вал трансмісії.

3. Охолодження та теплообмін: Оскільки кінетична енергія автопоїзда перетворюється на тепло, олива в робочій порожнині інтенсивно нагрівається. Через канали в корпусі вона безперервно циркулює крізь водомасляний теплообмінник, закріплений на нижній частині агрегату, де тепло віддається контуру охолодження двигуна.

При вимкненні системи електропневматичні клапани скидають тиск повітря, і олива під дією відцентрових сил миттєво повертається в картер, дозволяючи ротору обертатися «вхолосту» без втрат потужності на тертя.

1.3. Аналіз умов роботи деталей КПП, характерні несправності, дефекти та причини їх виникнення

Коробка передач та інтегрований інтардер автомобіля Renault Magnum DXI 480 працюють у складних умовах змінних механічних та теплових навантажень. На елементи трансмісії магістрального автопоїзда, що експлуатується на дорогах загального користування з повним завантаженням (до 40 тонн і більше), діють значні крутні моменти, ударні навантаження під час перемикання ступенів, а також високі температурні режими при тривалій роботі гідродинамічного сповільнювача.

Для обґрунтування технологічного процесу ремонту необхідно проаналізувати умови роботи основних деталей та узагальнити їхні характерні дефекти.

Таблиця 1.2 – Характерні несправності КПП автомобіля Renault Magnum DXI 480, їхні причини та методи усунення

<i>Вузол / Елемент</i>	<i>Характерна несправність чи дефект</i>	<i>Можлива причина виникнення</i>	<i>Метод контролю (діагностики)</i>	<i>Спосіб усунення несправності</i>
Вали та зубчасті колеса (шестерні)	Втомне викришування (пітінг) або сколи на робочих поверхнях зубів шестерень.	Тривала експлуатація під високим навантаженням ; використання неякісної оливи; збої в автоматичці перемикачів.	Візуальний огляд після розбирання; магнітно-порошкова дефектоскопія.	Заміна зношених або пошкоджених шестерень у зборі.
	Зношення або пом'яття шліців валів у місцях посадки маточин.	Значні знакозмінні крутні моменти; ударні навантаження при пуску автопоїзда.	Інструментальний контроль (вимірювання зносу шліців мікрометром або шаблоном).	Заміна дефектного вала.
Підшипникові вузли	Руйнування сепараторів, стомне кришіння бігових доріжок і роликів.	Недотримання або порушення регулювання осьового зазору; наявність абразивних часток в оливі.	Перевірка на шум, люфт та перегрів; інструментальний замір зазорів індикатором вартового типу.	Заміна підшипника; обов'язкове очищення масляної системи та регулювання натягу.
Гідродинамічний сповільнювач (Intarder)	Кавітаційне зношення та ерозія поверхонь лопатей ротора або статора.	Потрапляння повітря у масляний контур; перегрів робочої рідини.	Візуальний дефектоскопічний огляд поверхонь коліс.	Заміна пошкодженого ротора чи статора.
	Втрата герметичності (тріщини, прогар сот) водо-масляного теплообмінника .	Термоциклічні коливання; хімічна корозія стінок через використання неякісного антифризу.	Опресування теплообмінника стисненим повітрям у рідинній ванні.	Заміна теплообмінника у зборі.

Закінчення таблиці 1.2

<i>Вузол / Елемент</i>	<i>Характерна несправність чи дефект</i>	<i>Можлива причина виникнення</i>	<i>Метод контролю (діагностики)</i>	<i>Спосіб усунення несправності</i>
Ущільнювальні елементи	Втрата герметичності, протікання оливи через сальники первинного або вихідного валів.	Природне старіння та знос робочої крайки сальника під дією високих температур; люфт вала.	Візуальне виявлення слідів підтікання оливи на картерах.	Заміна ущільнювальних манжет (сальників) та перевірка стану поверхонь валів.
Картерні деталі	Тріщини корпусів; жолоблення площин стику картерів; пошкодження нарізі.	Механічні удари; вібрація; недотримання моментів затяжки болтів при попередньому ремонті.	Візуальний огляд; капілярний метод (кольорова дефектоскопія); перевірка площин лекальною лінійкою.	Проточування або фрезерування площин; заварювання тріщин в аргоновому середовищі; відновлення нарізі футорками; заміна картера.
Блок керування трансмісією (TCU)	Заклинювання соленоїдів; знос ущільнень пневмоциліндрів; відмова датчиків частоти обертання валів.	Потрапляння вологи чи бруду з пневмосистем и автомобіля; температурні перепади; старіння електронних плат.	Комп'ютерна діагностика (зчитування кодів помилок); перевірка параметрів датчиків мультиметром.	Очищення та промивання клапанного блока; заміна ремкомплекту ущільнень пневмоциліндрів в або заміна модуля TCU в зборі.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Організація та технологія діагностики коробки передач і електронно-пневматичного блоку керування

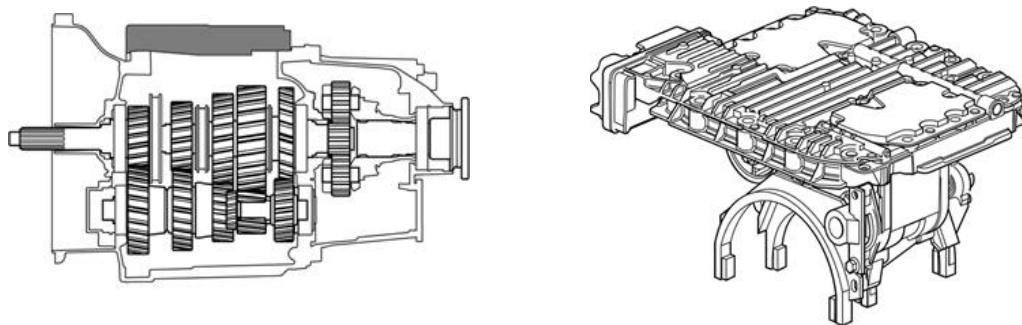
Електронно-пневматичний блок керування трансмісією конструктивно розташований безпосередньо зверху на картері коробки передач. Процес вибору та ввімкнення ступенів здійснюється автоматично за допомогою селектора передач.

Алгоритм електронного керування процесом перемикання.

При ініціалізації зміни передачі система першочергово знижує крутний момент двигуна до безпечного прийняттого рівня, після чого переводить механічну частину КПП у нейтральне положення.

Коли коробка передач перебуває в нейтралі, блок TCU автоматично регулює частоту обертання колінчастого вала двигуна, адаптуючи її під кутову швидкість валів для обраного ступеня.

Після вирівнювання швидкостей система подає команду на виконавчі механізми, і передача безперешкодно вмикається.



Конструктивний склад та елементи модуля керування

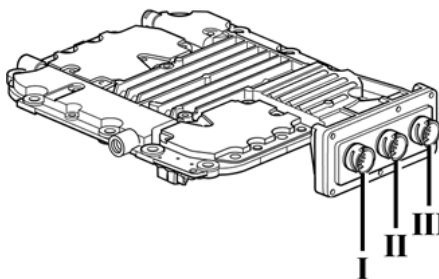
Верхня кришка-корпус блока керування слугує для розміщення та захисту таких ключових компонентів

З електричні роз'єми для інтеграції в загальну бортову мережу автомобіля:

Роз'єм I: інформаційний обмін та комунікація з електронними системами шасі й автомобіля;

Роз'єм II: керування та синхронізація з гідродинамічним сповільнювачем (інтардером);

Роз'єм III: зв'язок із сервоприводом (ПГУ) зчеплення.



1 електронний блок керування трансмісією (TECU), що обробляє сигнали та реалізує алгоритми перемикання.

1 датчик тиску, який контролює стабільність подачі стисненого повітря у пневматичний контур трансмісії.

9 електропневматичних соленоїдів (клапанів), що безпосередньо розподіляють потоки повітря:

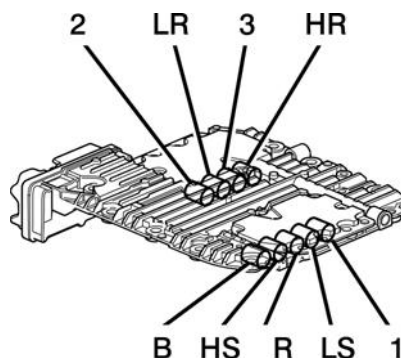
1, 2, 3: соленоїди ввімкнення 1-ї, 2-ї та 3-ї передач відповідно;

R: соленоїд активації передачі заднього ходу;

B: соленоїд керування гальмом проміжного вала (Countershaft disc brake);

LR / HR: соленоїди нижнього (Low Range) та вищого (High Range) діапазонів демультіплікатора;

LS / HS: соленоїди нижнього (Low Split) та вищого (High Split) ступенів дільника передач.



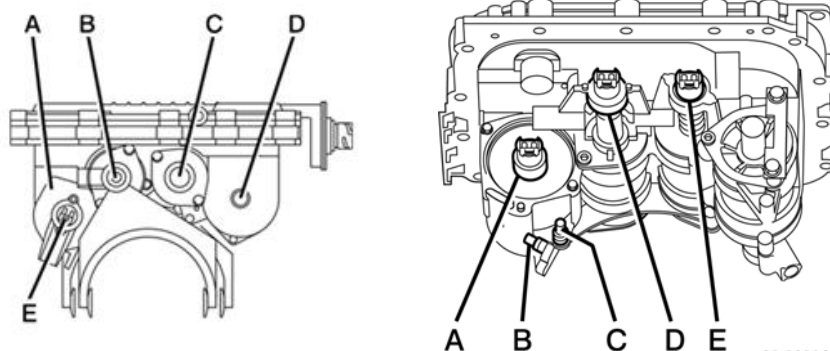
Всередині самого корпусу блока управління та безпосередньо в картері КПП розміщені виконавчі циліндри та вимірювальні датчики:

4 паралельні пневмоциліндри механізму перемикачів: циліндр дільника (Splitter), циліндр перемикачів 2/3 передач, циліндр 1/R передач та циліндр привода демультіплікатора (Range change).

4 індукційні датчики положення поршнів, які відстежують точне переміщення штоків та вилок перемикачів (датчик дільника, датчик демультіплікатора, датчик 2/3 передач та датчик 1/R).

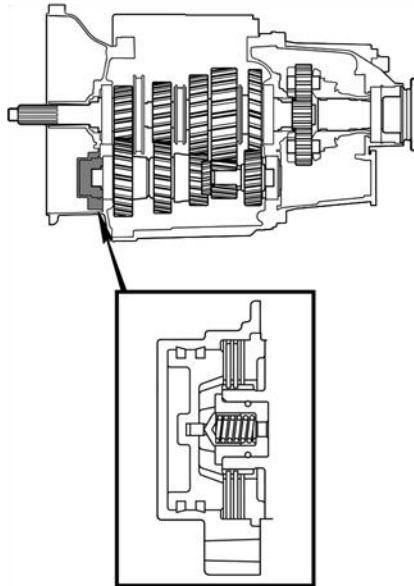
2 датчики частоти обертання валів: один для вторинного (вихідного) вала та один для проміжного вала КПП.

1 датчик температури трансмісійної оливи, а також вилки перемикачів дільника та основної коробки передач.

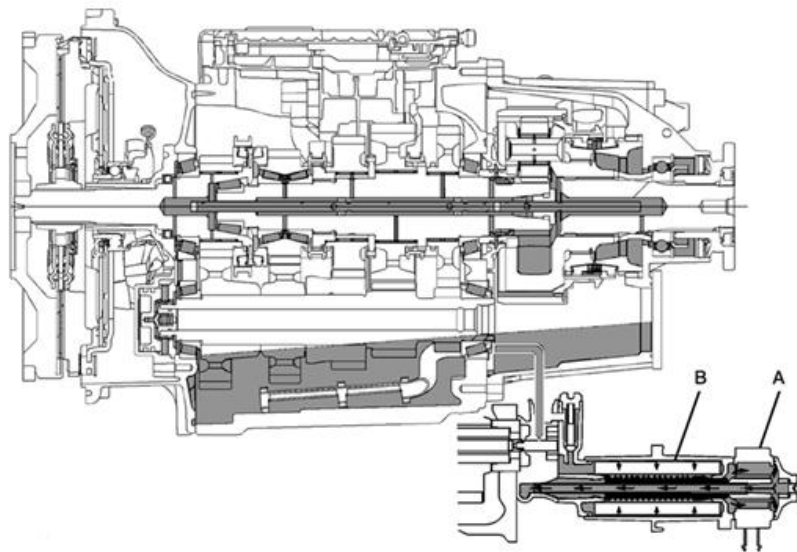


Гальмо проміжного вала (Countershaft disc brake)

Дискове гальмо проміжного вала встановлене в передній частині коробки передач на кінці проміжного вала. Воно приводиться в дію інтегрованим пневматичним приводом за командою соленоїда «В». Гальмо призначене для примусового уповільнення обертання внутрішніх деталей КПП під час увімкнення передач для рушання автомобіля з місця. Використання цього пристрою дозволяє повністю усунути ударні навантаження, шум та зайве тертя в шліцових муфтах трансмісії.



Система змащування та циркуляції оливи



Змащування компонентів коробки передач реалізоване за комбінованою схемою:

1. Змащування розбризкуванням: забезпечує подачу оливи до рухомих деталей проміжного вала та вала заднього ходу.

2. Змащування під тиском: здійснюється за допомогою шестеренного масляного насоса (А), який подає оливу по внутрішніх каналах безпосередньо до навантажених підшипників первинного, вторинного валів

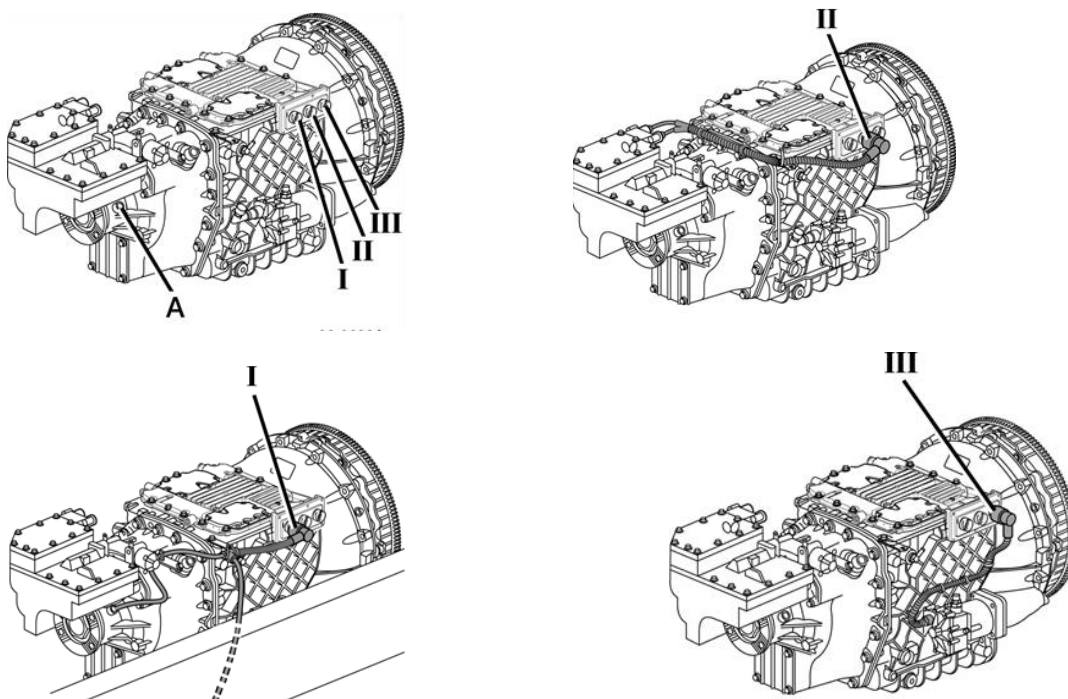
та вузлів планетарного демультитпликатора для їх ефективного змащування та охолодження.

На лінії нагнітання масляного насоса встановлено повнопотоковий масляний фільтр (В) патронного (картриджного) типу. Він змонтований у спеціальному корпусі на картері демультитпликатора та захищений кришкою, що забезпечує легкий і зручний доступ до нього зовні автомобіля без необхідності розбирання агрегату під час ТО.

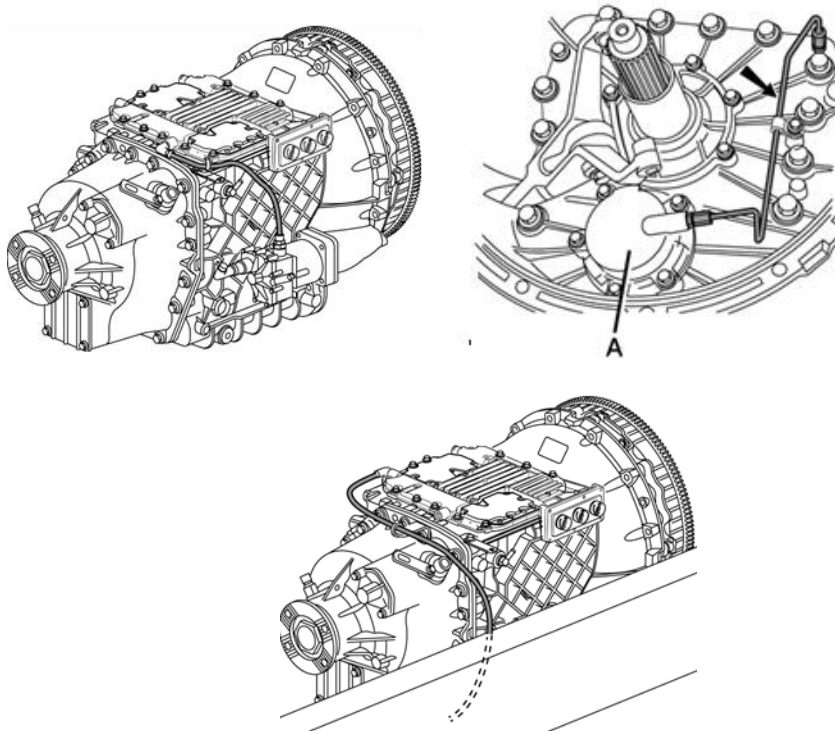
Технологія діагностики та перевірки електричних і пневматичних ліній

Зважаючи на наведену схему підключень, при виявленні збоїв у роботі TCU технологічний процес передбачає перевірку трьох основних магістралей.

Електрична перевірка: контроль цілісності джгутів проводки від роз'єму (I) до датчика швидкості та бортової мережі шасі, від роз'єму (II) до інтардера, а також від роз'єму (III) до сервопривода зчеплення. За допомогою мультиметра вимірюють опір ізоляції та перевіряють лінії на обрив або коротке замикання.



Пневматична перевірка: перевіряється герметичність з'єднань стисненого повітря між блоком TCU та повітряним ресивером автомобіля, контуром гальма проміжного вала та сервоприводом зчеплення. Контроль витоків повітря здійснюється за допомогою мильного розчину або ультразвукового детектора під робочим тиском системи.



2.2. Послідовність розбирання агрегату на стенді

Повне розбирання агрегату здійснюється на універсальній стійці (стенді), де коробка передач жорстко фіксується за допомогою перехідної плити-адаптера.

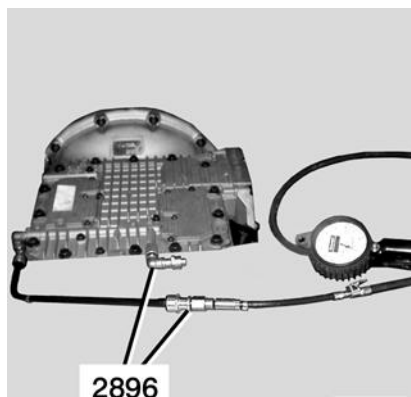
Процес демонтажу внутрішніх вузлів та каскаду валів виконується у чіткій послідовності за технологічними картами заводу-виробника.

1. Демонтаж блока керування трансмісією (TCU)

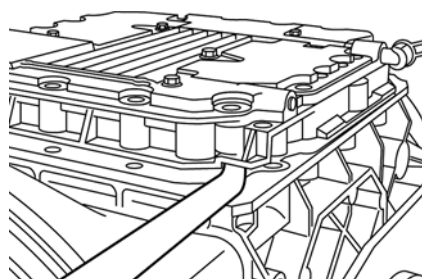
Щоб зняти блок TCU без пошкодження внутрішніх повідців та вилок, трансмісія обов'язково повинна бути переведена у стан вищого дільника (HS: High Split) та вищого або нижчого діапазону демультіплікатора (HR або LR).

Для виставлення цього положення на демонтованій КПП використовують таку технологію:

Отвори виходу повітря з блока TCU на циліндр зчеплення глушать спеціальною заглушкою (інструмент № 2896).



До вхідного штуцера TCU підключають цехову пневмомагістраль зі стисненим повітрям під тиском від 6,5 до 10 бар (через перехідник № 2896).



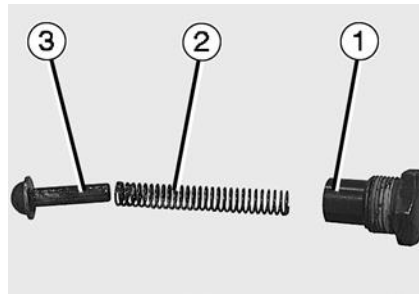
До діагностичного роз'єму підключають тестер *Renault Trucks* (живлення 24 В) і примусово вмикають одну з нейтральних передач: N2 (HS + LR) або N4 (HS + HR).

Після цього відключають діагностичний пристрій та знімають пневмоадаптери.

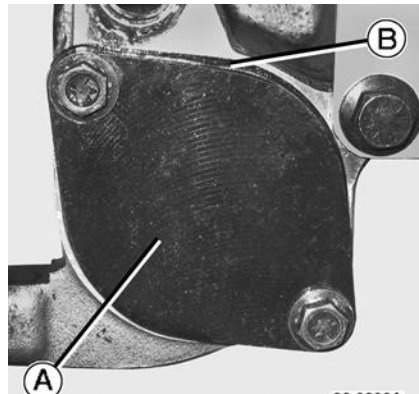
Відкручують фіксуючі болти TCU, за допомогою важеля акуратно знімають блок з уловлювальних штифтів, демонтують стару прокладку.

2. Розбирання масляного фільтра та системи редуційних клапанів

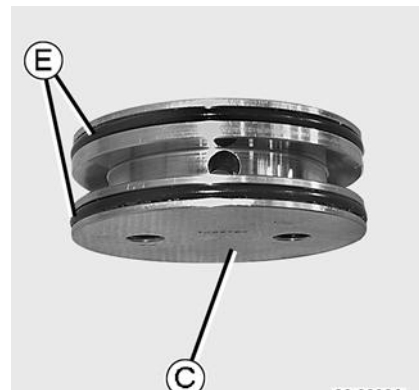
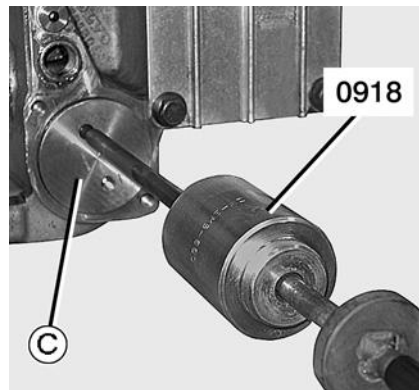
Викручують пробку (1) і виймають запобіжний клапан у зборі: пружину (2) та сам клапан (3).



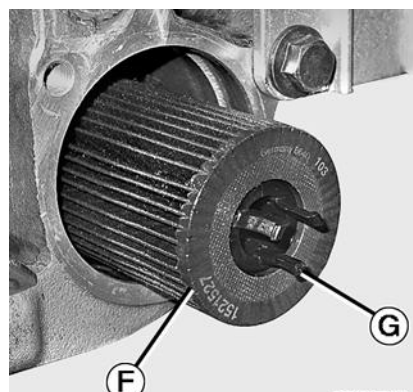
Демонтують кришку фільтра (А) та знімають ущільнювальну манжету (В).



За допомогою спеціального пристосування № 0918 знімають опорну плату фільтра (С) та виймають прокладки (Е).

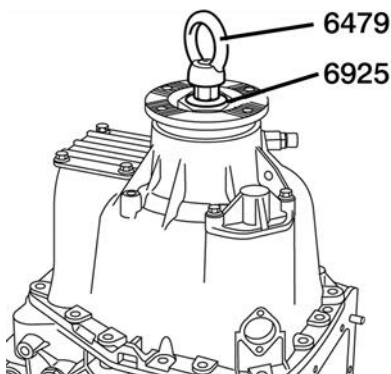


Витягують картридж (патрон) масляного фільтра (F) разом із віссю (G).

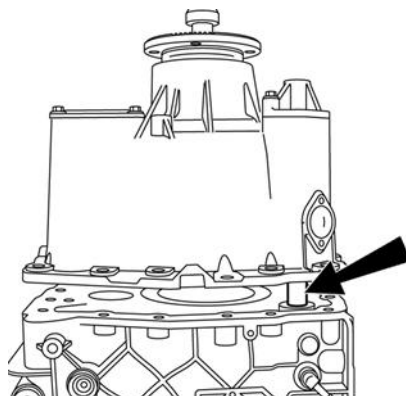


3. Демонтаж демультиплікатора (Range change) та масляного насоса КПП

На вихідний вал КПП встановлюють підйомний адаптер з вушком (інструменти № 6925 + № 6479), зачіпляють чалку (строп) тельфера і створюють легкий натяг.

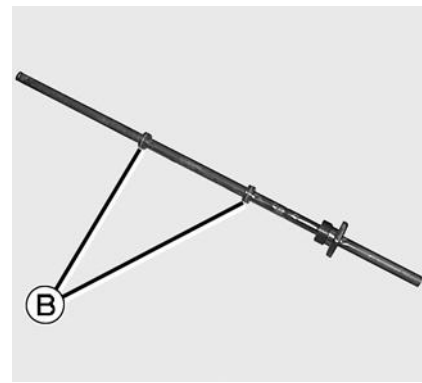
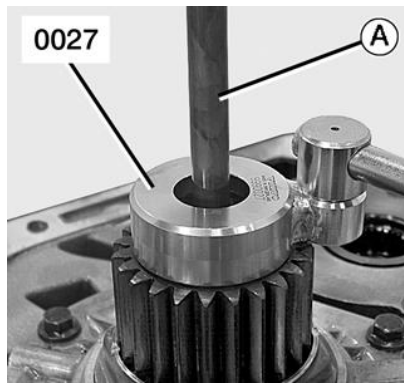


Відкручують болти кріплення картера демультиплікатора до основного корпусу КПП. За допомогою викруток-важелів акуратно відокремлюють і знімають задній картер.

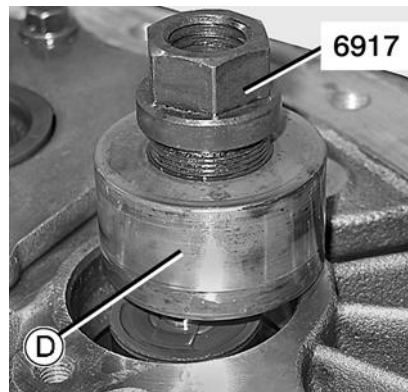
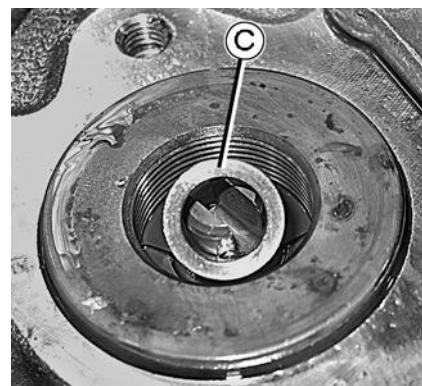
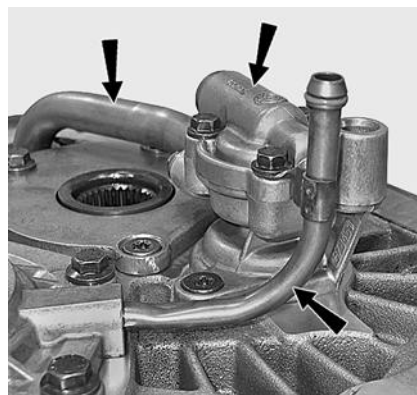


Застереження: Потрібно контролювати, щоб штоки поршнів не заклинило в корпусі базової коробки, щоб уникнути їх деформації.

Використовуючи інструмент № 0027, демонтують масляну розподільну трубку (А) та знімають прокладки (В).

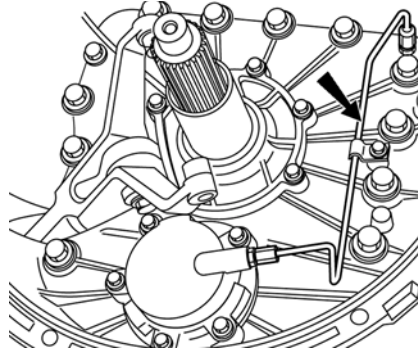


Повністю знімають масляний насос разом із трубками. Виймають муфту (С) та розпірну втулку (D) за допомогою знімача № 6917 (попередньо змастивши його нарізь оливою).

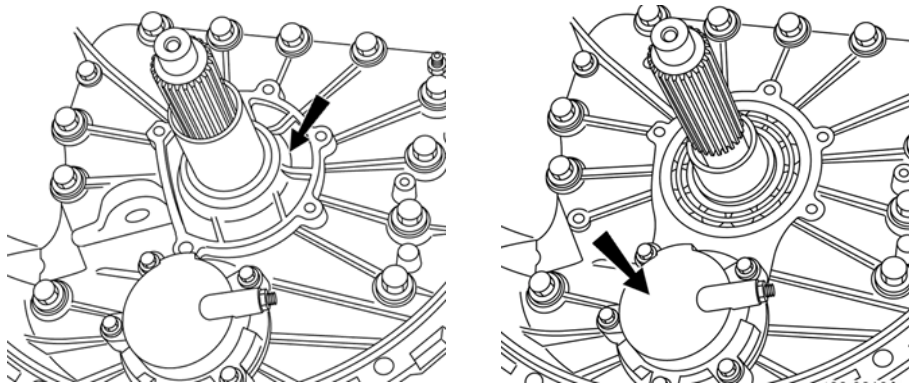


4. Демонтаж дискового гальма проміжного вала та картера зчеплення

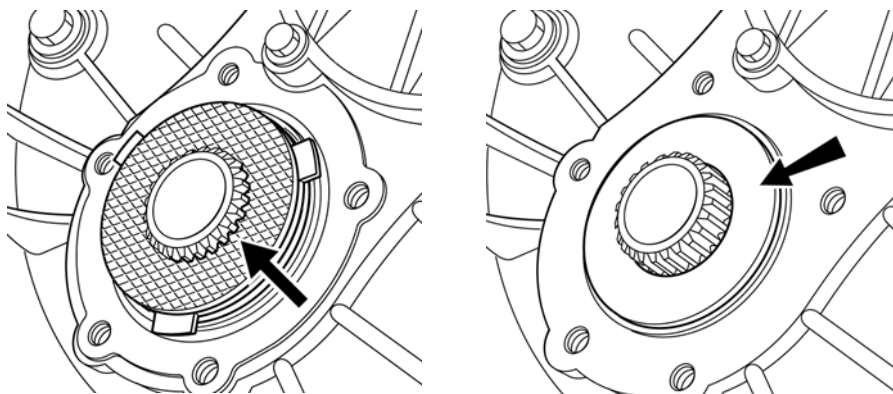
Після зняття вилки вимикання зчеплення від'єднують повітряну трубку гальма проміжного вала.



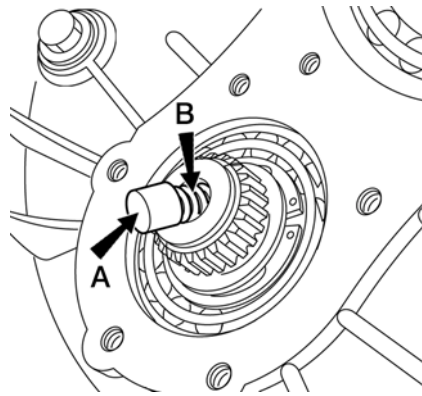
Знімають кришку первинного вала з прокладкою та демонтують кришку дискового гальма.



Послідовно виймають пакет гальмівних дисків, шайбу, ущільнення, поршень (А) та поворотну пружину (В).

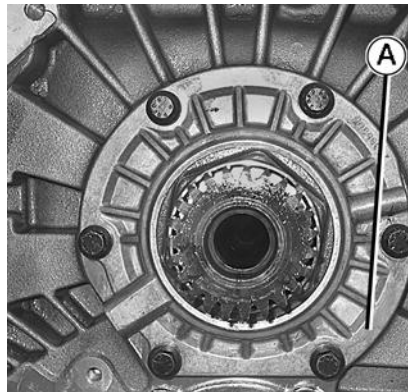
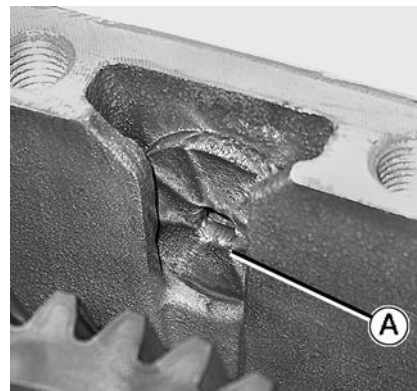
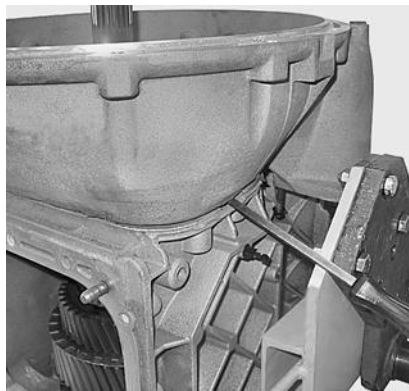


Відкручують та відокремлюють від основного корпусу картер зчеплення (Clutch casing). Виймають уловлювальний магніт (А) з картера і ретельно очищають його від металевих пилю.

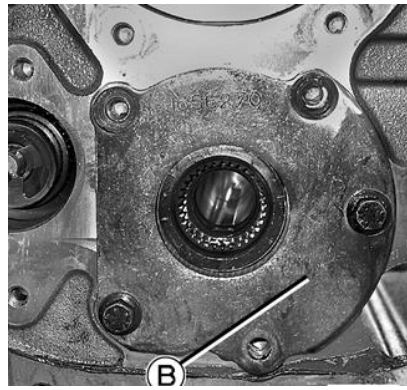
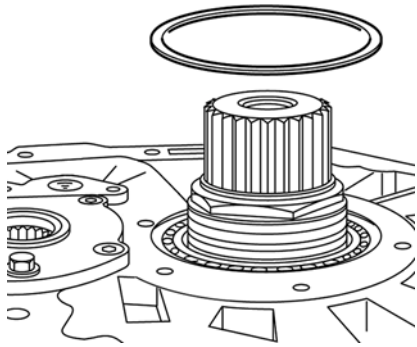


5. Вилучення каскаду валів трансмісії

Коробку повертають на стенді. Знімають задню кришку (А), виймають регулювальну шайбу та відкручують болти (В).

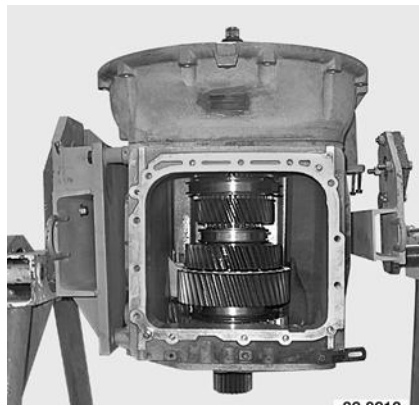


Технологічний нюанс: Один болт залишають злегка наживленим на кілька обертів, щоб при перевертанні КПП не випало зовнішнє кільце підшипника.

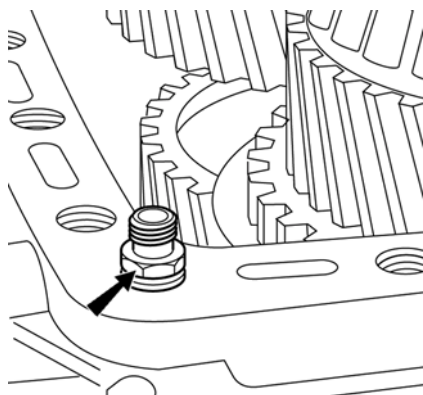


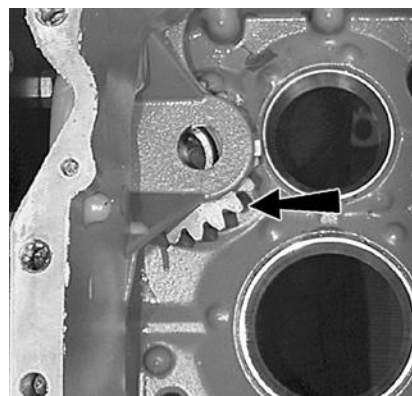
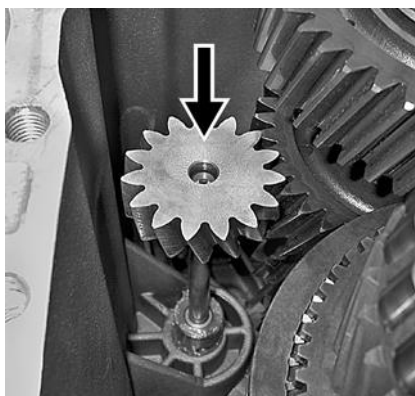
Коробку передач знову повертають на 180°.

Застереження: При перевертанні є ризик випадіння голчастих підшипників вала заднього ходу на підлогу, що призведе до їх руйнування.

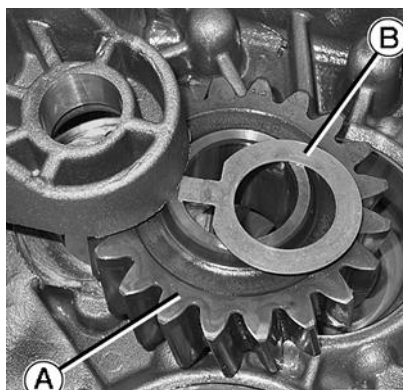
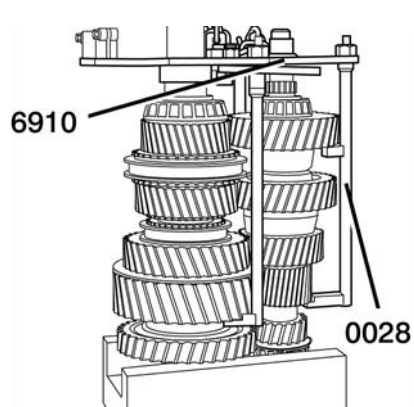
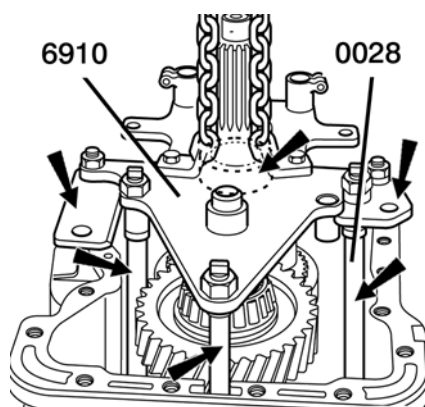


Демонтують кришку доступу до шестерні заднього ходу. Випресовують Drive-вал масляного насоса разом із шайбою та акуратно вибивають вал заднього ходу (Reverse gear shaft). Шестірню заднього ходу (A) зміщують всередину картера, щоб вона не зачепила проміжний вал, і виймають її разом із шайбою (B).

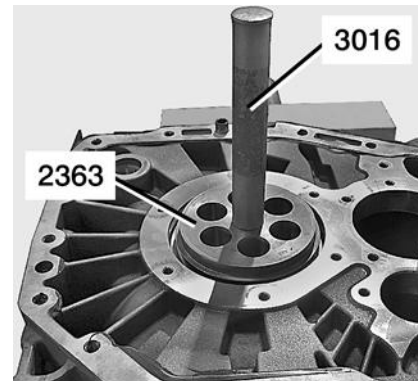
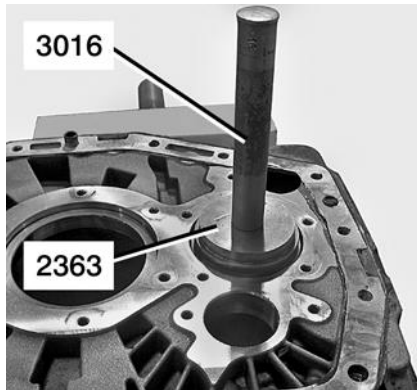
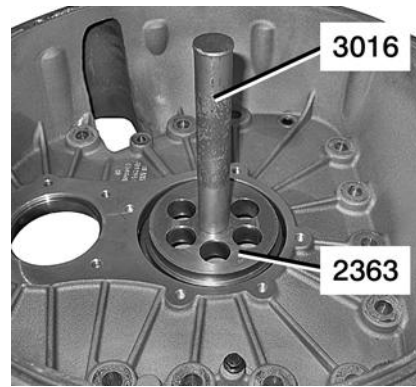
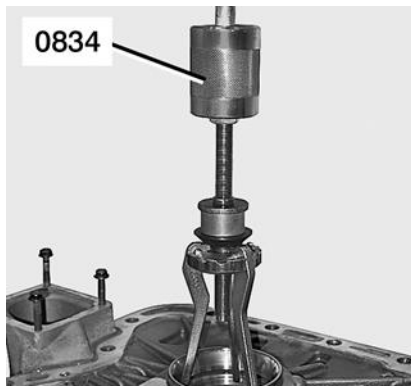




На каскад основних валів встановлюють спеціальне захоплююче пристосування (траверсу) № 6910 + № 0028, чіпляють до крана і єдиним блоком витягують з основного картера всі валі одночасно (первинний, вторинний та проміжний).



У разі необхідності їх заміни (через знос або викришування), за допомогою знімачів № 3016 + № 2363 (та № 0834 для переднього підшипника) з гнізд картерів випресовують зовнішні кільця підшипників усіх трьох валів.



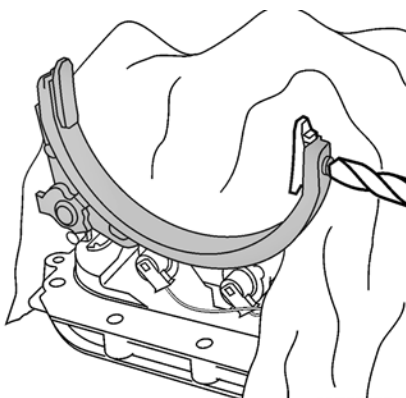
2.3. Технологія дефектування, ремонту та складання вузлів валів, елементів TCU та Інтардера

Ремонт механічної та електронно-пневматичної частини блока TCU виконується на чистому спеціалізованому верстаті агрегатної дільниці після його повного демонтажу з КПП.

2.3.1. Технологічний процес заміни накладок, вилок перемикання

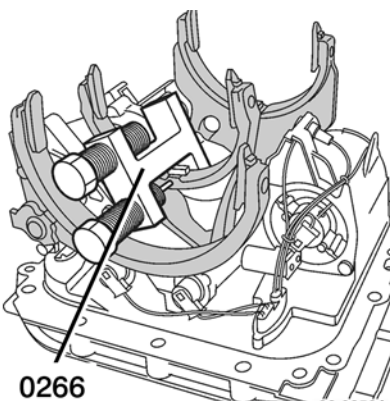
В процесі експлуатації пластикові накладки вилок підлягають природному зносу. Порядок їх заміни:

Для зняття зношених накладок вилок використовують свердло діаметром 12 мм, за допомогою якого акуратно висвердлюють місця фіксації.

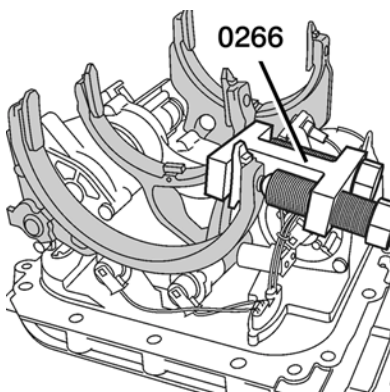


Важливо під час механічної обробки та висвердлювання корпусу блоку TCU необхідно ретельно захистити від потрапляння стружки.

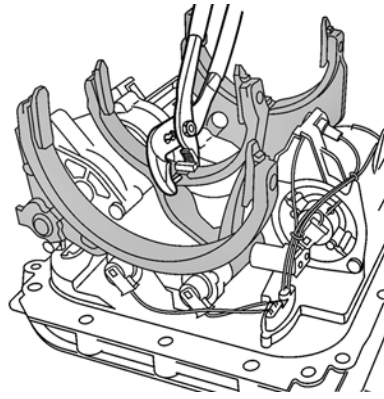
За допомогою спеціальної виколотки (інструмент № 0266) випресовують центральні фіксуючі штифти вилок циліндрів 1/R та 2/3.



Встановлюють нові накладки на вилки та виконують їх обтискання (клепання) за допомогою фірмового пристосування № 0266.



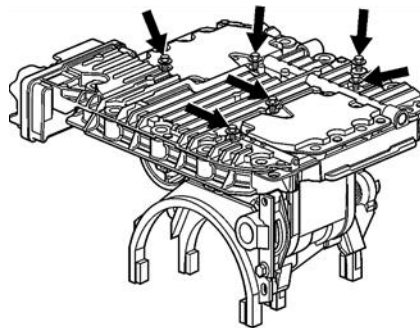
Нові штифти циліндрів 1/R та 2/3 затискають пасатижами.



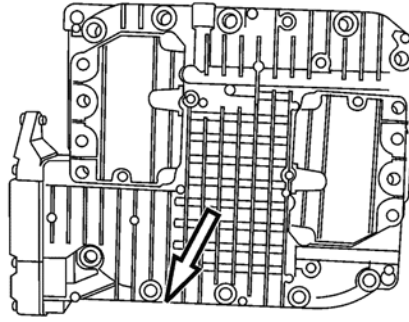
Заміна датчиків частоти обертання та джгута електропроводки

При виявленні обривів ліній або відмови датчиків за результатами вхідної діагностики (підрозділ 2.1), виконують заміну всього внутрішнього шлейфа.

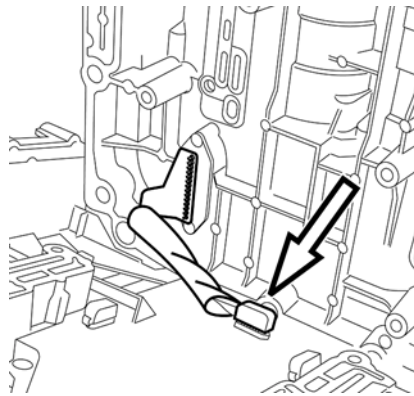
Відкручують кріпильні болти кришки блока TCU. Блок кладуть на бік, акуратно піднімають та нахиляють кришку (за потреби використовують викрутку як важіль). Джгут проводки від'єднують від роз'ємів кришки, намагаючись не пошкодити контакти.



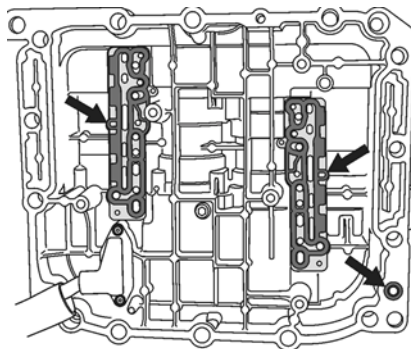
Знімають одноразові прокладки кришки. Відключають індукційні датчики положення чотирьох пневмоциліндрів. Демонтують датчики швидкості проміжного та вторинного валів.



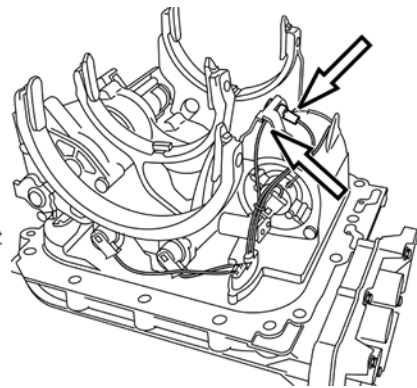
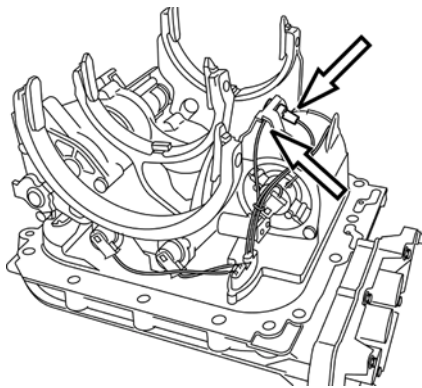
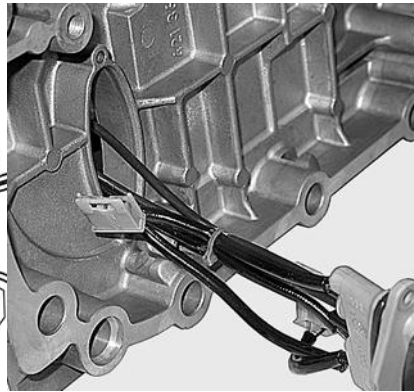
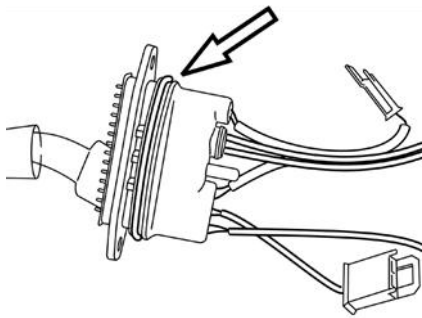
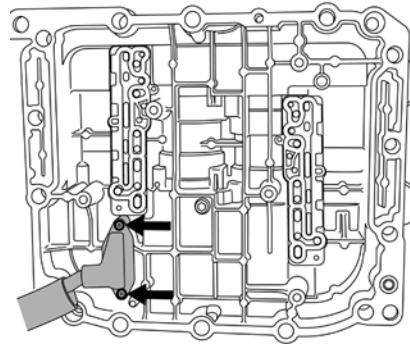
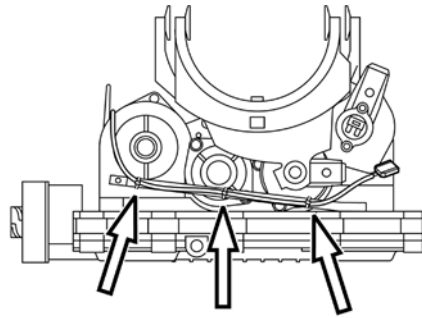
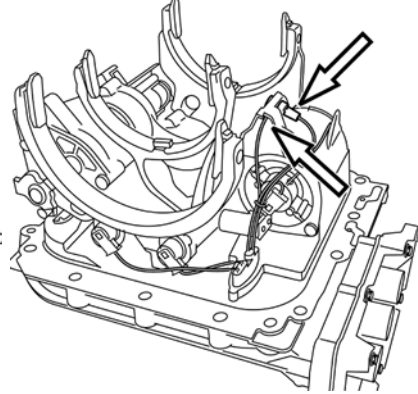
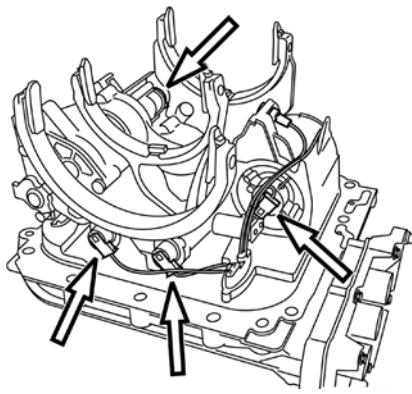
Гострогубцями зрізають пластикові хомути-стяжки, що фіксують проводку до напрямного лотка.

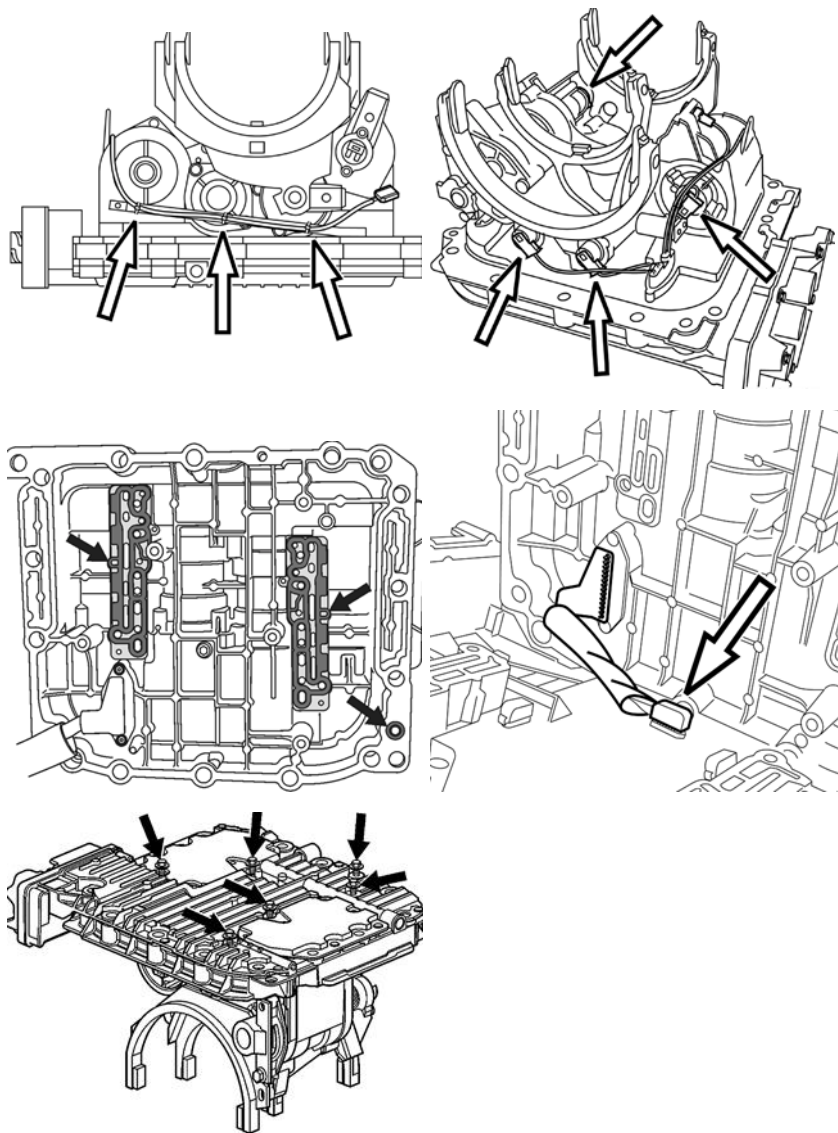


Відкручують гвинти кріплення зовнішнього роз'єму до кришки та повністю виймають увесь шлейф у зборі з датчиками.



На ущільнювальне кільце нового роз'єму наносять тонкий шар чистої трансмісійної оливи. Джгут протягують крізь корпус і фіксують роз'єм гвинтами. Встановлюють на свої місця датчики швидкості валів (момент затяжки болтів згідно з табличними даними). Проводку кріплять новими хомутами до напрямної, підключають датчики положення циліндрів, встановлюють нові прокладки, з'єднують шлейф із кришкою і закручують її болтами.





Відновлення та переборка виконавчих пневмоциліндрів

Ця операція виконується при виявленні внутрішніх витоків повітря крізь манжети поршнів. Процес передбачає послідовне або одночасне розбирання чотирьох контурів: дільника, 1/R, 2/3 та демультиплікатора.

Знімають напрямний лоток джгута проводки, демонтують 3 фіксатори (кулькові уловлювачі).

Під час зняття опорних втулок необхідно контролювати зворотні пружини фіксаторів, які перебувають під натягом.

Виймають усі 4 індукційні датчики положення циліндрів разом із їхніми ущільнювальними кільцями.

Розбирання циліндра дільника (Splitter): Відкручують болти кришки датчика положення дільника, знімають кришку, демонтують обмежувальну пластину ходу поршня. Потім відкручують болти основних кришок циліндра дільника, одночасно знімають обидві кришки разом із вилкою та виймають поршень.

Розбирання циліндрів 1/R та 2/3: Процес аналогічний – послідовно відкручують болти кришок датчиків положення, за допомогою викрутки підважують і знімають кришки, відкручують кріплення кришок циліндрів і одночасно виймають кришки разом із відповідними вилками та поршнями.

Розбирання циліндра демультіплікатора: Відкручують болти кріплення кришки циліндра вибору діапазонів, знімають її викруткою і виймають поршень.

За допомогою спеціального знімача № 8588 демонтують вилки з пальців поршнів, після чого знімають стопорні кільця (А) та робочі манжети поршнів (В).

Очищення, дефектування та зворотне складання

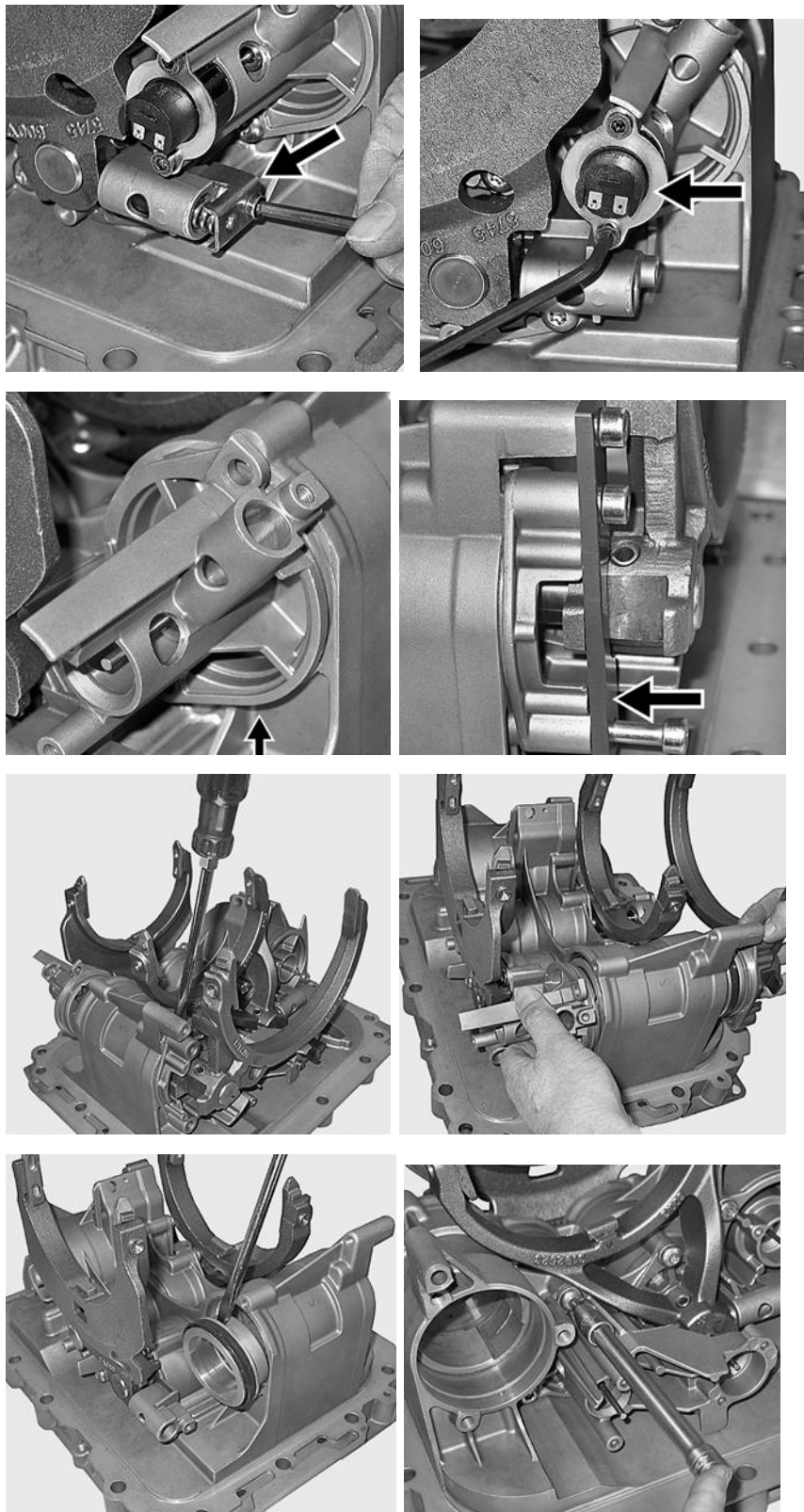
Всі демонтовані металеві деталі та порожнини циліндрів ретельно промивають в очисному розчині, після чого всі внутрішні канали та отвори блока TCU обов'язково продувають стисненим повітрям під тиском.

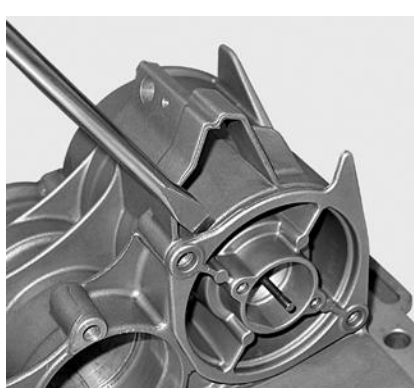
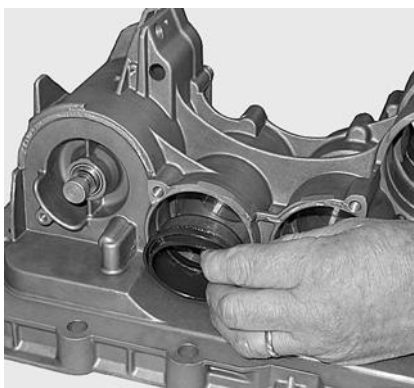
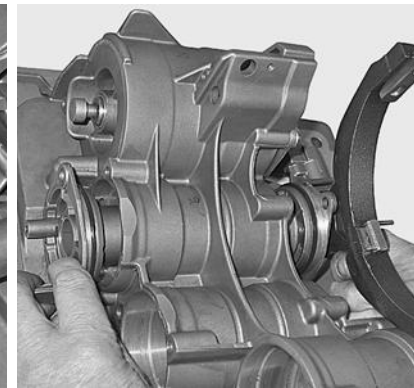
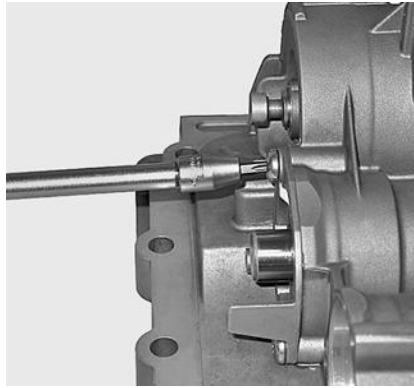
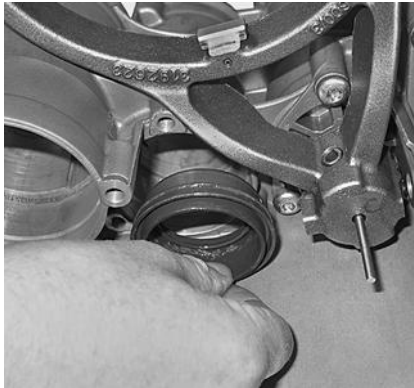
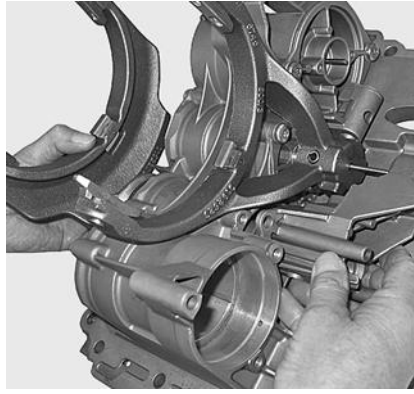
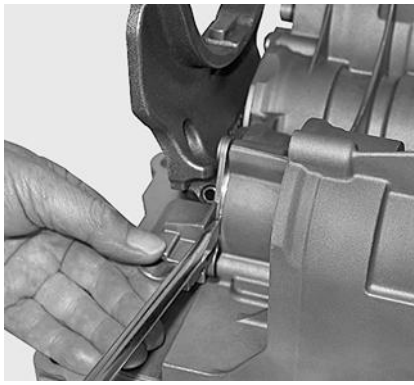
Під час складання, яке виконується у чіткій зворотній послідовності, діють суворі інженерні правила:

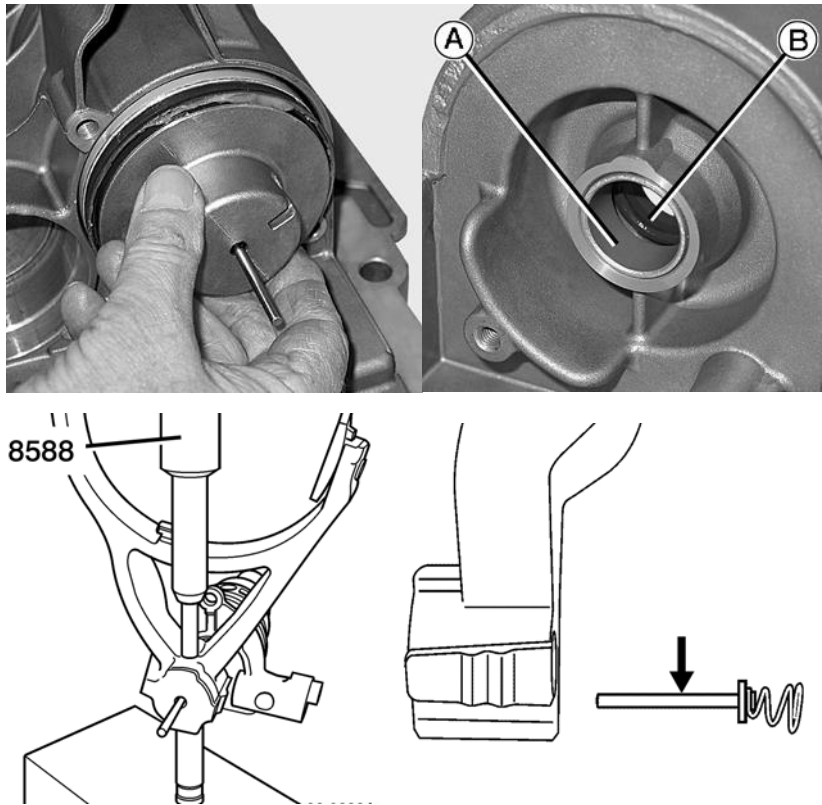
1. Одноразовість елементів: всі гумові манжети поршнів, ущільнювальні кільця датчиків та прокладки кришок підлягають обов'язковій заміні на нові зі спеціальних ремонтних комплектів.

2. Змащування: перед встановленням усі нові манжети та гумові кільця пальців поршнів ретельно змащують спеціальним високотемпературним мастилом без вмісту силікону – GRAISSE GRIPCOTT NF (для забезпечення плавності ходу та виключення заклинювання пневматики).

3. Контроль зусилля: всі нарізні з'єднання кришок циліндрів та корпусів затягують динамометричним ключем із чітким дотриманням регламентних моментів затяжки (параметри забираємо з таблиці специфікацій).







2.4. Техніко-економічний розрахунок параметрів агрегатної ділянки

Для впровадження розробленого техпроцесу ремонту КПП Renault Magnum DXI 480 проведемо повний інженерний розрахунок виробничої ділянки АТП.

2.4.1. Розрахунок річної трудомісткості робіт

Річний обсяг робіт на ділянці:

$$T_{agr} = N_{рем} \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.1)$$

$$T_{agr} = 60 \cdot 18 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 918 \text{ люд.} - \text{год.}$$

2.4.2. Розрахунок чисельності виробничих робітників

Кількість технологічно необхідних робітників для виконання цього обсягу:

$$P_{mex} = \frac{T_{agr}}{\Phi_n}, \quad (2.2)$$

$$P_{mex} = \frac{918}{2070} = 0,44 \text{ чол.}$$

Штатна (середньосписочна) кількість робітників з урахуванням відпусток та лікарняних:

$$P_{um} = \frac{T_{agr}}{\Phi_o}, \quad (2.3)$$

$$P_{um} = \frac{918}{1820} = 0,50 \text{ чол.}$$

Отже, роботи виконуються 1 слюсарем-агрегатником 5-го розряду із завантаженням на 50% його робочого часу (інші 50% часу він залучається до ремонту інших елементів трансмісії АТП).

2.4.3. Розрахунок площі агрегатної ділянки

Площа ділянки розраховується за сумарною площею горизонтальної проекції всього технологічного обладнання:

$$F_o = f_{ob} \cdot K_{ц}, \quad (2.4)$$

$$F_o = 7,5 \cdot 4,0 = 30 \text{ см}^2.$$

Приймаємо стандартну сітку будівельних колон для цеху, розміри ділянки становитимуть 6 × 5 м.

2.4.4. Основні техніко-економічні показники ділянки

На основі проведених розрахунків формуємо фінальну таблицю економічної ефективності проектованої ділянки.

Таблиця 2.2 – Техніко-економічні показники роботи агрегатної дільниці

№ з/п	Найменування показника	Одиниці вимірювання	Значення показника
1	Річна виробнича програма з ремонту КПП	шт.	60
2	Річна трудомісткість технологічних робіт	люд.-год	918
3	Чисельність штатних робітників дільниці	чол.	1
4	Загальна площа проєктованої дільниці	м ²	30
5	Питомий річний виробіток на одного робітника	шт. / чол.	60
6	Знімання продукції з 1 м ² площі дільниці за рік	шт. / м ²	2,0

2.4.5. Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження техпроцесу

Економічна ефективність від модернізації технологічного процесу ремонту КПП базується на зниженні собівартості однієї ремонтної операції.

1. Розрахунок заощадження витрат на оплату праці

За рахунок використання стендового обладнання трудомісткість ремонту одного агрегату знизилась із $t_1 = 21$ люд.-год (при базовому варіанті ремонту без спеціалізованих стендів) до $t_2 = 18$ люд.-год (за проєктованим варіантом).

Заощадження витрат на заробітну плату робітників на весь річний обсяг робіт визначається:

$$E_{zn} = N_{рем} \cdot (t_1 - t_2) \cdot Z_{год} \cdot \left(1 + \frac{H_g}{100}\right), \quad (2.5)$$

$$E_{zn} = 60 \cdot (21 - 18) \cdot 120 \cdot (1 + 0,22) = 26352 \text{ грн.}$$

2. Розрахунок заощадження на накладних (загальновиробничих) витратах

Скорочення часу перебування агрегату в ремонтній зоні дозволяє пропорційно знизити загальновиробничі витрати (освітлення, вентиляція, утримання площі).

Економію накладних витрат визначають:

$$E_{\text{накл}} = E_{\text{зн}} \cdot \frac{H_{\text{накл}}}{100}, \quad (2.6)$$

$$E_{\text{накл}} = 26352 \cdot 0,90 = 23716,8 \text{ грн.}$$

3. Розрахунок річного економічного ефекту

Загальний річний економічний ефект визначається як сума заощаджень за вирахуванням нормативних амортизаційних відрахувань на нове обладнання:

$$E_{\text{річ}} = (E_{\text{зн}} + E_{\text{накл}}) - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доо}} \quad (2.7)$$

$$E_{\text{річ}} = (26352 + 23716,8) - 0,15 \cdot 40000 = 44068,8 \text{ грн}$$

4. Термін окупності капітальних вкладень

Термін окупності витрат на модернізацію ділянки становитиме:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доо}}}{E_{\text{зн}} + E_{\text{накл}}}, \quad (2.8)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{40000}{50068,8} \approx 0,8 \text{ року (близько 10 місяців),}$$

Отже, впровадження проектного технологічного процесу є економічно доцільним, оскільки забезпечує річний ефект у розмірі понад 44 тис. грн., а витрати на придбання стендового обладнання повністю окупляться менш ніж за один рік експлуатації.

Тепер ми розширимо нашу підсумкову таблицю ТЕП (табл. 2.3), додавши туди ці нові економічні показники.

Таблиці 2.3 – Техніко-економічні показники

<i>№ з/п</i>	<i>Найменування показника</i>	<i>Одиниці вимірювання</i>	<i>Значення показника</i>
7	Капітальні витрати на модернізацію дільниці	грн	40 000
8	Річне заощадження на собівартості ремонтів	грн	50 068,8
9	Річний економічний ефект	грн	44 068,8
10	Термін окупності додаткових інвестицій	років (міс.)	0,8 (10 міс.)

Проведений комплексний інженерно-економічний розрахунок параметрів та показників ефективності роботи агрегатної дільниці АТП підтверджує високу доцільність впровадження розробленого технологічного процесу діагностики, технічного обслуговування та ремонту роботизованих коробок передач автомобілів Renault Magnum DXI 480 з інтегрованим сповільнювачем *ZF Intarder*.

Завдяки оптимізації послідовності розбирально-складальних операцій, застосуванню універсального поворотного кантувача (стенда № 1000) та спеціалізованого комплексу фірмових оправок і знімачів, вдалося досягти таких результатів:

Зниження трудомісткості: Нормативна місткість виконання капітального ремонту одного складного трансмісійного агрегату зменшилася на 14,3% (з 21 до 18 люд.-год), що дозволяє істотно скоротити загальний час простою багатотонного магістрального автопоїзда в ремонтній зоні та підвищити коефіцієнт технічної готовності рухомого складу підприємства.

Економія фонду оплати праці: Пряме річне заощадження на заробітній платі виробничого персоналу агрегатного цеху (з урахуванням обов'язкових відрахувань на єдиний соціальний внесок ЄСВ) для заданої виробничої програми у 60 ремонтів становить 26,352 грн.

Зниження собівартості: За рахунок інтенсифікації виробництва та раціонального використання площі ділянки (30 м²), річна економія на накладних (загальновиробничих) витратах цеху становить 23716,8 грн, що сумарно забезпечує зменшення собівартості ремонтних послуг АТП на суму 50068,8 грн/рік.

Річний економічний ефект: Чистий приведений річний економічний ефект від модернізації ділянки з урахуванням амортизаційних відрахувань на реновацію та обслуговування купленого стендового обладнання становить 44068,8 грн.

Капітальні вкладення, необхідні для придбання, доставки та пусконаладження додаткового технологічного оснащення (в обсязі 40000 грн), характеризуються високою швидкістю повернення інвестицій. Розрахунковий термін окупності капіталовкладень становить 0,8 року (менше 10 місяців), що суттєво нижче нормативного значення для автотранспортної галузі $T_n < 6,7$ року, що відповідає $E_n = 0,15$).

Таким чином, запропоновані інженерно-технологічні рішення є повністю виправданими як з технічної, так і з фінансово-економічної точок зору, забезпечуючи високу якість відновлення працездатності КПП, підвищення виробітку на одного робітника та швидку окупність витрачених коштів.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Аналіз існуючих конструкцій стендів для розбирання агрегатів трансмісії

У практиці авторемонтного виробництва для розбирання та збирання коробок передач вантажних автомобілів застосовують кілька типів технологічного обладнання:

1. Стаціонарні верстаки з дерев'яними або металевими ложементами. Найпростіший варіант, де агрегат лежить нерухомо. Його головні недоліки – відсутність доступу до нижніх і бічних частин КПП без перевертування вручну (що небезпечно через вагу агрегату понад 300 кг) та висока ймовірність пошкодження алюмінієвих картерів.

2. Стаціонарні одностійкові стенди-кантувачі з черв'ячним редуктором. Забезпечують поворот агрегату, але мають консольне закріплення. При роботі з важкими багатомодульними КПП магістральних тягачів (наприклад, КПП разом із ретардером/інтардером) консольне навантаження створює великий згинальний момент на валу стенда, що призводить до люфтів і швидкого зношення механізму повороту.

3. Двоопорні рамні стенди. Найнадійніші за розподілом навантаження, але громіздкі та часто обмежують підхід слюсаря до торцевих частин коробки передач (зокрема, до дільника чи планетарного демультіплікатора).

3.2. Обґрунтування вибору та опис конструкції розробленого стенда з адаптером

Для розробки було обрано маневрене та ергономічне інженерне рішення Стенд для розбирання і збирання коробок передач з монтажним адаптером Bracket 2731. Удосконалення та унікальність цієї конструкції полягає в її модульно-просторовій структурі, яка базується на триногій стійці

(поз. 3, 4) з регульованими опорами (поз. 5) та маневровим поворотним колесом із гальмом (поз. 6).

Замість класичної однобічної консольної фіксації, розроблений П-подібний кронштейн 2731 (поз. 7) має просторову зварну структуру підвищеної жорсткості шириною 420 мм та висотою 200 мм. Він охоплює важкий картер коробки передач з обох боків через 4 монтажні отвори діаметром 14 мм, рівномірно розподіляючи вектори сил ваги КПП та інтегрованого інтардера.

Кронштейн інтегрується у поворотну цапфу (поз. 2), яка встановлюється в опорну плиту (поз. 1) на стійці (поз. 3). Фіксація кронштейна у потрібному просторовому положенні здійснюється за допомогою фіксуючого пальця (поз. 8) та ручки фіксації (поз. 9). Це дозволяє слюсарю-агрегатнику плавно повертати важку коробку передач на кут 360° і надійно блокувати її під час розбирально-складальних операцій.

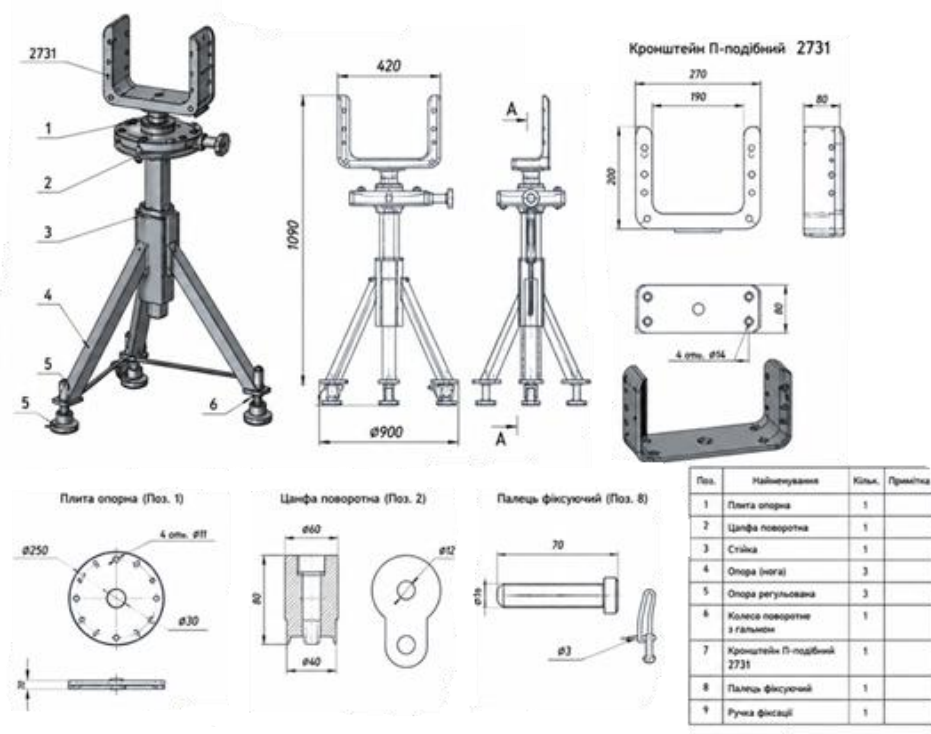


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд розробленого станда

Технічні характеристики розробленого станда:

Максимальне навантаження: 300 кг (проте розрахунки нижче доводять міцність і при пікових навантаженнях до 350 кг);

Висота станду: 1090 мм;

Діаметр установки (по опорних ніжках): 900 мм;

Поворот кронштейна: 360°;

Загальна маса станду (без агрегату): 48 кг.

3.3. Інженерно-конструкторські розрахунки елементів пристосування на міцність

Виконаємо перевірочні розрахунки на міцність для деталей, креслення яких наведено у графічній частині (поз. 1, поз. 2 та поз. 8).

3.3.1. Розрахунок фіксуєчого пальця на зріз

Палець фіксуєчий (поз. 8) безпосередньо утримує поворотну цапфу з кронштейном від прокручування під дією крутного моменту та ваги агрегату. За даними креслення, палець має діаметр $d = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}$ і виготовлений зі Сталі 45. Розрахункова вага коробки передач з інтардером становить $G = 350 \text{ кг} = 3500 \text{ Н}$. З урахуванням динамічних ривків при роботі ключем, вводимо коефіцієнт динамічності $k_d = 1,5$. Повне зусилля становить:

$$P = G \cdot k_d, \quad (3.1)$$

$$P = 3500 \cdot 1,5 = 5250 \text{ Н}$$

Умова міцності пальця на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau_{зр}] \quad (3.2)$$

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot 5250}{3,14 \cdot (0,016)^2} = \frac{21000}{0,00080384} \approx 26124599 \text{ Па} = 26,12 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на зріз для Сталі 45 становить $[\tau_{зр}] = 90 \text{ МПа}$

Оскільки $26,12 \text{ МПа} < 90 \text{ МПа}$, умову міцності пальця повністю виконано, зріз штифта у процесі роботи виключений.

3.3.2. Розрахунок поворотної цапфи на згин

Цапфа поворотна (поз. 2) сприймає основне консольне навантаження від ваги підвішеної КПП. За кресленням, її верхня посадкова частина під кронштейн має зовнішній діаметр $D = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$ та внутрішній технологічний отвір діаметром $d_{вн} = 30 \text{ мм} = 0,03 \text{ м}$ (поз. 1, 2). Виліт консолі (плече сили) становить $L = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$.

Максимальний згинальний момент:

$$M_{зг} = P \cdot L, \quad (3.3)$$

$$M_{зг} = 5250 \cdot 0,15 = 787,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору для порожнистого круглого перерізу цапфи обчислюється за формулою:

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot \left[1 - \left(\frac{d_{вн}}{D} \right)^4 \right], \quad (3.4)$$

$$W_x = \frac{3,14 \cdot (0,06)^3}{32} \cdot \left[1 - \left(\frac{0,03}{0,06} \right)^4 \right] \approx 0,00001987 \text{ м}^3.$$

Розрахункове напруження згину у небезпечному перерізі цапфи:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_x}, \quad (3.5)$$

$$\sigma_{зг} = \frac{787,5}{0,00001987} \approx 39632611 \text{ Па} = 39,63 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження на згин для Сталі 45 становить $[\sigma_{зг}] = 140 \text{ МПа}$.

Перевіряємо умову міцності:

$$\sigma_{32} \leq [\sigma_{32}] \rightarrow 39,63 \text{ МПа} \leq 140 \text{ МПа}.$$

Отже, геометричні розміри цапфи забезпечують майже трикратний запас міцності матеріалу.

3.3.3. Розрахунок опорної плити на зминання

Плита опорна (поз. 1) товщиною 20 мм фіксується до фланця стійки через 4 отвори діаметром 11 мм. Навантаження на зминання стінок отворів під дією вертикальної сили $P = 5250 \text{ Н}$ становить:

$$\sigma_{зм} = \frac{P}{n \cdot d_{отв} \cdot s}, \quad (3.6)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{5250}{4 \cdot 0,011 \cdot 0,020} \approx 5965909 \text{ Па} = 5,97 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження на зминання для конструкційних сталей $[\sigma_{зм}] = 180 \text{ МПа}$. Умова міцності ($5,97 \text{ МПа} \leq 180 \text{ МПа}$) виконується з величезним запасом.

Виконані перевіірочні розрахунки на міцність ключових деталей вузла (фіксуючого пальця поз. 8, поворотної цапфи поз. 2 та опорної плити поз. 1) за реальними геометричними розмірами підтвердили повну працездатність та безпечність пристосування під робочим навантаженням. Запас міцності металоконструкції за напруженнями згину та зрізу складає більше ніж 2.5 рази, що гарантує тривалий термін експлуатації стенду в умовах агрегатної дільниці АТП.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Технічне обслуговування та капітальний ремонт роботизованих коробок передач магістральних тягачів Renault Magnum DXi 480 (зокрема трансмісії Optidriver II) супроводжуються специфічними ризиками, які виходять за межі стандартної комп'ютерної діагностики. Маніпуляції з масивними металевими деталями, постійна робота з високими моментами затягування (380 Н·м і більше) та утворення значної кількості токсичних відходів вимагають окремого інженерного проектування системи безпеки.

Згідно з вимогами Закону України «Про охорону праці», цей розділ розкриває заходи мінімізації психофізіологічних і фізичних навантажень на персонал АТП, а також регламентує екологічну безпеку виробничого циклу.

4.1. Дослідження психофізіологічних навантажень, ергономіки та біомеханіки робочих процесів при ремонті важких КПП

Капітальний ремонт коробки передач вантажного автомобіля належить до робіт із високим коефіцієнтом важкості праці (згідно з Наказом МОЗ України № 248). Основне навантаження на слюсаря-агрегатника припадає на опорно-руховий апарат через специфіку біомеханіки рухів.

Статичне перенапруження при демонтажі. Під час відкручування болтів картера зчеплення та елементів кріплення коробки безпосередньо під автомобілем в оглядовій канаві, робітник змушений тривалий час перебувати у позі з піднятими вгору руками. Це призводить до гострого порушення кровообігу в плечовому поясі та швидкого фізичного виснаження.

Динамічні перевантаження при зриванні нарізних з'єднань. Фіксація силових елементів КПП вимагає застосування довгих важелів та динамометричних ключів. При раптовому зриванні ключа або руйнуванні

болта виникає ефект «віддачі», що є причиною розтягнень зв'язок, вивихів суглобів та травм хребта.

Травматизм при ручному кантуванні. Маса окремих валів у зборі з шестернями перевищує 40 кг. Спроби підняти або розвернути вал вручну на верстаку без застосування засобів малої механізації викликають критичні навантаження на поперековий відділ хребта.

Для оптимізації робочого простору та зниження важкості праці впроваджуються наступні рішення.

Використання поворотних стапелів. Розбирання та складання КПП виконується виключно на підлогових стендах-кантувачах з черв'ячним редуктором. Це дозволяє без зусиль обертати важкий картер на 360°, забезпечуючи слюсареві роботу в найбільш природній анатомічній позі (висота робочої зони 900×1100 мм від підлоги).

Механізація підйому. Транспортування валів від зони миття до верстака здійснюється консольно-поворотними кранами вантажопідйомністю 100 кг із вакуумними або магнітними захватами, що повністю виключає ручне піднімання важких металомістких деталей.

4.2. Нейтралізація виробничого шуму та локальної вібрації від механізованого інструменту агрегатної дільниці

Основним джерелом фізичного дискомфорту та довгострокових професійних захворювань на дільниці ремонту КПП є використання високопотужного пневматичного інструменту (ударних гайковертів для відкручування фланців карданного вала та гайок хвостовиків).

Локальна вібрація. Пневматичні ударні гайковерти генерують середньо- та високочастотну вібрацію, яка через долоні слюсаря передається на судини та нервові закінчення рук. Тривала експлуатація такого інструменту (понад 2 години за зміну) викликає розвиток ангіоспазму (синдром «білих пальців») та вібраційну хворобу.

Виробничий шум. У момент імпульсного удару гайковерта рівень звукового тиску безпосередньо біля вуха оператора може сягати 95...102дБА, що значно перевищує санітарну норму (80дБА згідно з ДСН 3.3.6.037-99). Наслідком є професійна туговухість та зниження концентрації уваги.

Впровадження режимів праці та відпочинку передбачає, що сумарний час роботи з віброінструментом не повинен перевищувати 40 хвилин від загальної тривалості зміни, з обов'язковими 10-хвилинними перервами після кожних 20 хвилин безперервного використання.

4.3. Екологічна безпека технологічних процесів та поводження з небезпечними відходами при капітальному ремонті трансмісії

Процес капітального ремонту КПП Renault Magnum DXi 480 пов'язаний з утворенням відходів, які становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища (забруднення ґрунтів та підземних вод нафтопродуктами).

Класифікація та менеджмент відходів на дільниці.

1. Відпрацьовані трансмісійні оливи (2-й клас небезпеки). Об'єм оливи в картері однієї КПП становить 14...16 літрів. Злив здійснюється за допомогою мобільних закритих маслзбірних установок хімістійкого типу. Категорично забороняється злив оливи у відкриту тару або загальну каналізацію. На підприємстві встановлюються герметичні резервуари для накопичення відпрацьованих нафтопродуктів з метою їх подальшої передачі на спеціалізовані заводи для регенерації.

2. Тверді промаслені відходи (3-й клас небезпеки). До цієї категорії належать демонтовані радіальні манжети, гумові ущільнення пневмоциліндрів, замінені паперові чи сітчасті масляні фільтри КПП та використане обтиральне ганчір'я. Збір цих матеріалів здійснюється в окремі металеві контейнери з маркуванням «Промаслені відходи». Вони підлягають

утилізації методом високотемпературного спалювання на спеціалізованих екологічних підприємствах.

3. Захист від проливів на дільниці. Підлога агрегатної дільниці повинна мати полімерне маслобензостійке покриття, що запобігає всмоктуванню нафтопродуктів у бетон. По периметру робочої зони верстака встановлюються металеві піддони з бортами заввишки не менше 50 мм для уловлювання залишків оливи при дефектуванні шестерень.

Обґрунтовано заходи з ергономіки, захисту від шуму та екологічної безпеки при капітальному ремонті КПП Renault Magnum DXi 480. Впровадження поворотних стапелів-кантувачів дозволило оптимізувати біомеханіку праці слюсаря та знизити статичні навантаження на хребет. Застосування засобів індивідуального антивібраційного та акустичного захисту мінімізує шкідливий вплив механізованого інструменту. Розроблено схему закритого збору та утилізації небезпечних відходів (відпрацьованих олив та промаслених фільтрів), що повністю виключає екологічне забруднення довкілля відповідно до вимог законодавства України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У КРБ розроблено та інженерно обґрунтовано прогресивний технологічний процес діагностики, обслуговування та ремонту роботизованих коробок передач автомобілів Renault Magnum DXI 480 з інтегрованим сповільнювачем ZF Intarder.

На основі аналізу сервісної документації сформовано чітку покрокову технологію розбирання, дефектування та складання трансмісійного комплексу. Впроваджено сучасні стандарти відновлення виконавчих пневмоциліндрів «робота» TCU, заміни датчиків та ущільнювальних елементів із застосуванням фірмових матеріалів і регламентованих моментів затяжки.

Запропоновано та розраховано на міцність спеціалізований стенд для розбирання і збирання коробок передач з монтажним адаптером Bracket 2731. Виконані перевірочні розрахунки поворотної цапфи, фіксуючого пальця та опорної плити за реальними геометричними розмірами довели надійність металоконструкції (Сталь 45), яка забезпечує понад 2,5-кратний інженерний запас міцності під дією критичних навантажень.

Техніко-економічні розрахунки проекрованої агрегатної ділянки площею 30 м² підтвердили високу ефективність рішень. За рахунок зниження трудомісткості ремонту з 21 до 18 люд.-год, чистий річний економічний ефект становить 44068, 8 грн, а капітальні витрати на модернізацію 40000 грн) повністю окупаються всього за 0,8 року (менше 10 місяців).

Розроблено комплекс організаційно-технічних заходів з охорони праці, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях. Передбачені інструкції та засоби індивідуального захисту повністю виключають виробничий травматизм при роботі з важкими вузлами трансмісії, хімічними речовинами та пневматичними системами високого тиску.

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 (моделі 400, 440, 480, 520) : Інструкція з ремонту, технічне обслуговування, характеристики валів, коробок передач Optidriver II та ZF Ecosplit. – Дніпро : Автомайстер, 2014. – 464 с.
3. Лудченко М. О. Технологія технічного обслуговування та ремонту автомобілів : підручник / М. О. Лудченко. – Київ : Знання, 2012. – 399 с.
4. Білоконь Я. Ю. Електронні та мікропроцесорні системи автомобілів : навч. посіб. / Я. Ю. Білоконь, О. І. Орел. – Житомир : ЖДТУ, 2016. – 288 с.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

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

11. Конспект лекцій (частина I) 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.

12. Конспект лекцій (частина II) 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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

$N_{рем}$ – річна програма ремонтів КПП (60 одиниць);

t – нормативна трудомісткість капітального ремонту однієї КПП з інтардером (18 люд.-год);

K_1 – коефіцієнт умов експлуатації (1,0);

K_2 – коефіцієнт підвищення продуктивності праці за рахунок стендового обладнання № 1000 (0,85).

Φ_n – номінальний річний фонд часу робочого місця (2070 год при 40-годинному тижні).

Φ_0 – дійсний річний фонд часу одного робітника (1820 год).

$f_{об}$ – сумарна площа проекції обладнання (стенд № 1000, верстат, стелажі, ванна, інструментальна шафа); за габаритами обладнання (7,5 м²);

$K_{щ}$ – коефіцієнт щільності розставлення обладнання для агрегатних діляниць вантажного транспорту (приймаємо за нормами ОНТП (4,0).

$N_{рем}$ – річна виробнича програма (60 ремонтів);

$Z_{год}$ – годинна тарифна ставка слюсаря-агрегатника 5-го розряду (прийmemo умовно 120 грн/год);

H_e – відсоток нарахувань на заробітну плату (єдиний соціальний внесок ЄСВ становить 22%).

$H_{накл}$ – коефіцієнт накладних витрат від прямої заробітної плати для агрегатних цехів (приймаємо= 90%).

$K_{дод}$ – капітальні вкладення на придбання та монтаж додаткового оснащення (стенда, адаптерів, оправок); прийmemo умовно 40000 грн

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень для автотранспортної галузі (0,15).