

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту коробок перемикування
передач Renault JH3 з дослідженням характеристик синхронізатора

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Євген

КРУШЕЛЬНИЦЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Тетяна НАВРОЦЬКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

12 листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

студенту Крушельницькому Євгену Зіновійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для ремонту коробок перемикання передач Renault JH3 з дослідженням характеристик синхронізатора

Керівник роботи Навроцька Тетяна Дем'янівна., к.т.н., ст. викл.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від 12 листопада 2024 року № 4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту коробок перемикання передач Renault JH3

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Стойка трансмісійна – 1А1. Коробка передач автомобіля – 1А1.

Стенд для розбирання та складання КПП – 1А1.

Знімач для розбирання КПП – 1А1.

Технологічна карта на заміну куліси перемикання передач – 1А1.

Стенд для випробування коробок перемикання передач

Результати наукових досліджень – 1А1.

План дільниці для ремонту КПП – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	29.12.24р	

Студент _____
(підпис)

Крушельницький Євген Зіновійович _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Навроцька Тетяна Дем'янівна _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: Проект ділянки ремонтного цеху для ремонту коробок перемикання передач Renault JH3 з дослідженням характеристик синхронізатора.

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н. Навроцька Т.Д.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 68 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 2 сторінки додатків.

Ключові слова: шестерня, надійність, довговічність, відновлення, технологія.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Класифікаційні особливості конструкцій трансмісійних систем.....	7
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	17
2.1 Розробка технологічної схеми зборки.....	17
2.2 Формування переліку складальних операцій.....	20
2.3 Розробка маршрутної технології та проєктування процесів збірки.....	30
2.4 Розрахунок штатних робітників дільниці технічного обслуговування та діагностики.....	34
2.5 Підбір технологічного обладнання для дільниці.....	36
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1 Технічна характеристика стенда для ремонту КПП.....	38
3.2 Розрахунок конструкції стенда.....	40
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	47
4.1 Елементи синхронізаційного механізму.....	47
4.2 Етапи синхронізації.....	50
4.3 Визначення різниці у швидкості обертання $\Delta\omega$ під час перемикавання з першої на другу передачу.....	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	56
5.1 Організація робочого місця в зоні ТО і ПР.....	56
5.2 Організація і проведення евакуаційних заходів.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Коробка передач Renault JH3, використовувана в різних моделях автомобілів Renault, вимагає особливої уваги через свою складність і важливість у трансмісійній системі. Ця магістерська робота спрямована на створення проекту ділянки ремонтного цеху, що спеціалізуватиметься на ремонті цих коробок передач, з особливим фокусом на вивчення та вдосконалення синхронізаторів.

Головною метою роботи є аналіз та оптимізація процесів ремонту, що дозволить підвищити якість і надійність ремонтних робіт, а також зменшити час, необхідний для відновлення функціональності коробок передач. Дослідження характеристик синхронізатора допоможе у виявленні типових несправностей та розробці рекомендацій для їх усунення, що є важливим для забезпечення безперебійної роботи трансмісії.

Проектування ділянки ремонтного цеху передбачає не лише технічне оснащення місця для ремонту, а й розробку оптимальних логістичних та ергономічних рішень для робочих просторів, що сприятиме створенню безпечних та ефективних умов праці.

Результати цієї магістерської роботи зможуть слугувати важливим внеском у покращення процесів ремонту коробок передач на автомобільних підприємствах та забезпечення високої якості обслуговування автомобілів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Класифікаційні особливості конструкцій трансмісійних систем

Система трансмісії забезпечує регулювання потужності на колесах автомобіля за незмінних обертів двигуна під час руху. Механічні коробки передач, які на протязі багатьох десятиліть застосовуються в автопромисловості, продовжують бути найчастіше використовуваним видом трансмісії. Така популярність зумовлена незамінною роллю цих систем в передачі крутного моменту від двигуна до коліс, без чого сучасні автомобілі просто не могли б ефективно функціонувати. Для глибшого розуміння принципів роботи механічної коробки передач, включаючи режим заднього ходу, необхідно спочатку ознайомитися з основними функціями та необхідністю самої коробки передач у транспортному засобі.

Давайте детальніше ознайомимося з внутрішньою структурою коробки передач, представленої на рисунку 1.1. Основою конструкції є первинний вал, який інтегровано з двигуном через механізм зчеплення. Він тісно пов'язаний з вторинним валом, який, у свою чергу, фіксовано з'єднаний з валом коробки і відповідає за передачу крутного моменту до задніх або передніх коліс, а також до роздаткової коробки у випадку повнопривідних транспортних засобів. Це з'єднання між первинним і вторинним валами критично важливе для ефективності передачі сили від двигуна до коліс. Вторинний вал, який є нерозривно пов'язаним з приводним валом, забезпечує передачу крутного моменту, що важливо для забезпечення руху задніх, передніх коліс або повної трансмісійної системи повнопривідного автомобіля.

У складі коробки передач знаходяться шестерні, задіяні у виконанні різноманітних операцій залежно від обраної комбінації передач. Ці шестерні відповідають за адаптацію швидкості обертання в механізмі коробки передач, відрізняючись розмірами та кількістю зубців. Кожен зубець налаштовує механізм на конкретну швидкість, при цьому загальна кількість зубців на шестерні визначає передавальне відношення. У разі однакового числа зубців на

шестернях швидкість обертання залишається сталою. Однак, якщо одна шестерня удвічі більша за іншу, основна шестерня обертатиметься вдвічі повільніше, що призводить до зниження загальної швидкості обертання на половину. Таке збільшення розміру шестерні при стабільному обертанні, що зачіпає за ведучу шестерню, дозволяє шестерні обертатися з різними швидкостями. "Довжина важеля", який діє на певний вал шестерні, посилює крутний момент і підвищує тягову силу автомобіля. Коли передача перебуває в нейтральному стані, з'єднання між двигуном і ведучими колесами розмикатиметься, а активація заднього ходу змушує колеса обертатися у протилежний бік, внаслідок чого автомобіль рухається заднім ходом.

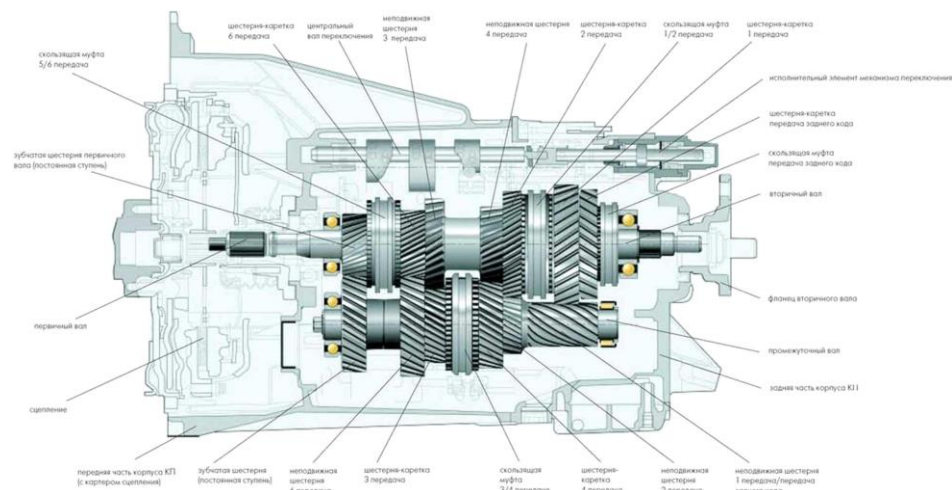


Рисунок 1.1 – Структурна схема шестиступеневої коробки передач.

Механічна трансмісія функціонує на засадах елементарної передачі, де ключовими елементами є вхідний і вихідний вали, які пов'язані між собою через проміжний вал. Адаптація передавальних співвідношень можлива через зміщення шестерень в коробці з трьома передачами. Така система трансмісії, відома як коробка передач, регулює швидкість транспортного засобу. Однак, перехід між різними передачами не є легким: на першій передачі швидкість коліс низька, що зумовлює повільний рух автомобіля вперед; з переходом на другу передачу ведучі колеса починають обертатися швидше, на третій вони набирають ще більшу швидкість, а на четвертій - максимальну, що зробить обертання коліс ще швидшими, складаючи непросту роботу коробки передач.

Редуктор із постійним зачепленням забезпечує стабільність зубців шестерень, що постійно перебувають у фіксованому контакті. Втім, особливість полягає в тому, що коли одна передача жорстко з'єднана з валом, швидкість

обертання валу буде визначатися саме цією передачею. Це уможливорює використання різноманітних передавальних чисел. Вибір коефіцієнта передачі коробки передач залежить від дорожніх умов. У нейтральному положенні ведома шестерня обертається вільно, не взаємодіючи з вихідним валом, який залишається нерухомим. Зацеплення ведомої шестерні з вихідним валом забезпечується за допомогою додаткової шестерні з муфтою перемикавання. Переміщення муфти по зубчастому венцю створює нерозривне з'єднання з зубцями ведучої шестерні, ініціюючи її обертання як єдиного цілого. Однак, це вирівнювання швидкості обох компонентів за рахунок тертя дозволяє вихідному валу та шестерні обертатися з різними швидкостями в процесі руху, забезпечуючи плавний перехід завдяки спеціальному синхронізаційному кільцю.

На першій передачі спостерігається найвище передавальне число, внаслідок чого вхідна шестерня (розташована на первинному валу) має найменший розмір, тоді як вихідна шестерня – найбільший. Зміна швидкостей у механічній коробці передач вимагає активації педалі зчеплення для тимчасового припинення передачі потужності від двигуна. Запуск руху автомобіля з механічною коробкою передач зазвичай розпочинається з першої передачі, хоча важкі вантажівки можуть рушати і з другої. Для цього водій має ручним способом перемістити селектор важеля у потрібне положення. Перехід на вищі передачі здійснюється за допомогою послідовного перемикавання передач. Саме час для зміни передачі визначається за показниками спідометра та тахометра, адже кожна передача оптимізована для роботи в специфічному діапазоні обертів двигуна. [5]

Класифікація механічних коробок передач включає декілька категорій за кількістю передач. Виробники пропонують механічні коробки передач із чотирма, п'ятьма та шістьма ступенями. Серед них найбільшу популярність здобула п'ятиступінчаста коробка передач, відома як 5MT.

Крім того, механічні трансмісії класифікують за кількістю валів. Для легкових передньопривідних автомобілів зазвичай використовують двовальні механічні трансмісії. Трьохвальні механічні коробки передач застосовують

переважно в задньопривідних легкових авто та вантажівках, забезпечуючи надійність та довговічність передачі крутного моменту.



Рис. 1.2. Будова механічної КПП.

Структура механічної коробки передач включає наступні ключові компоненти: привідний (первинний) вал, ведений (вторинний) вал, проміжний вал (для конструкцій з трьома валами), шестерні первинного та вторинного валів, механізм перемикання передач, синхронізаційні муфти (синхронізатори), корпус (картер), головну передачу та диференціал. Конструкція та принцип дії коробок передач з двома і трьома валами мають істотні відмінності.

У двовальній коробці передач потужність від зчеплення передається на первинний вал. В залежності від конструкції певної моделі коробки передач, деякі шестерні на первинному і вторинному валах жорстко закріплені, а інші можуть вільно обертатися. На кожному з валів обов'язково розміщено принаймні один синхронізатор. Шестерні первинного та вторинного валів знаходяться в постійному зачепленні, і визначити, які з них зафіксовані, а які вільно обертаються, можна за їх положенням відносно синхронізаторів – ті, що розташовані ближче до синхронізаторів, завжди можуть обертатися на валу.

Шестерня головної передачі нерухомо закріплена на веденому валу. Трансмісія крутного моменту від вторинного вала до коліс автомобіля відбувається за допомогою головної передачі та диференціала, який дозволяє

колесам обертатися з різними швидкостями на поворотах. Механізм перемикання передач у двовальній коробці передач розміщений усередині корпусу і складається з рухомих вилок і штоків, що управляють синхронізаторами. Цей механізм має захист від одночасного включення декількох передач.

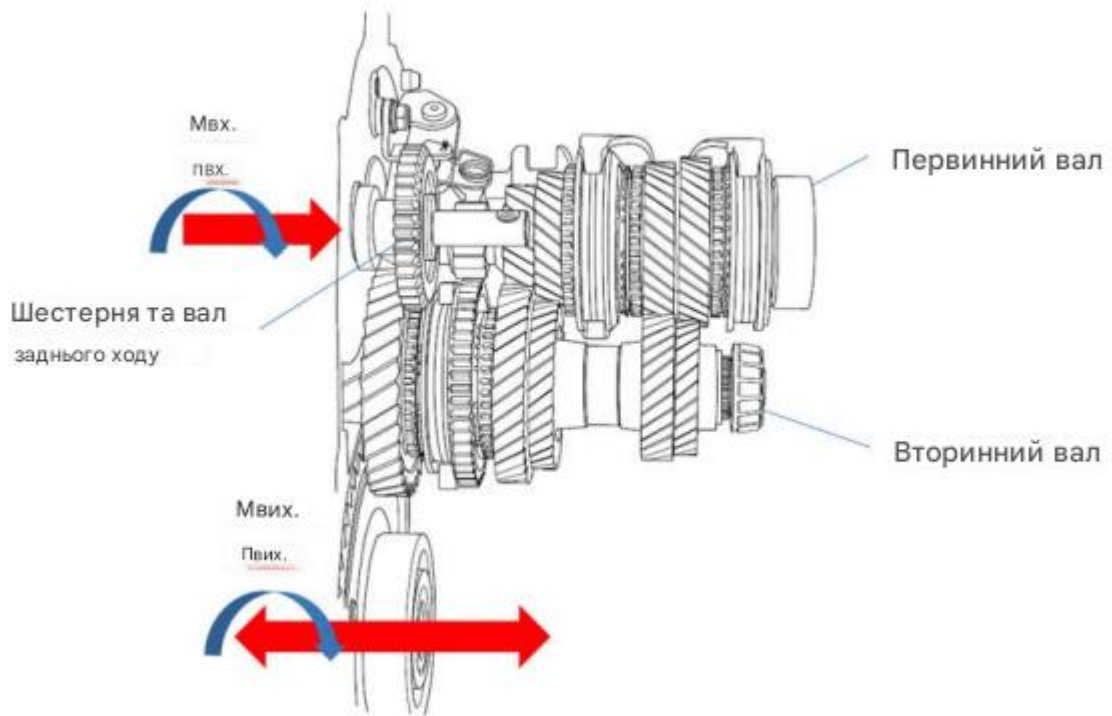


Рис. 1.3. Схема двохвальної МКПП.

Принцип роботи двовальної трансмісії полягає в наступному: у нейтральному положенні важеля перемикання передач крутний момент від двигуна не передається на привідні колеса, шестерні на валах вільно обертаються. Коли водій переміщує важіль, за допомогою вилки через систему тросів або тяг він зміщує муфту синхронізатора. Муфта синхронізує обертові швидкості шестерні та вала, на якому вона розташована, та входить у зачеплення з шестернею. Це забезпечує передачу крутного моменту з первинного вала на вторинний, відтак крутний момент передається від двигуна до ведучих коліс з обраною передавальною характеристикою.

Особливістю тривальної коробки передач порівняно з двовальною є наявність трьох основних валів: первинного, вторинного, та проміжного. Первинний вал, який прямо з'єднаний із зчепленням, передає крутний момент на проміжний вал через спеціалізовану шестерню, що забезпечує постійне зачеплення між валами. Така конфігурація дозволяє ефективно розподіляти

навантаження і забезпечує стабільність передачі крутного моменту під час роботи трансмісії.

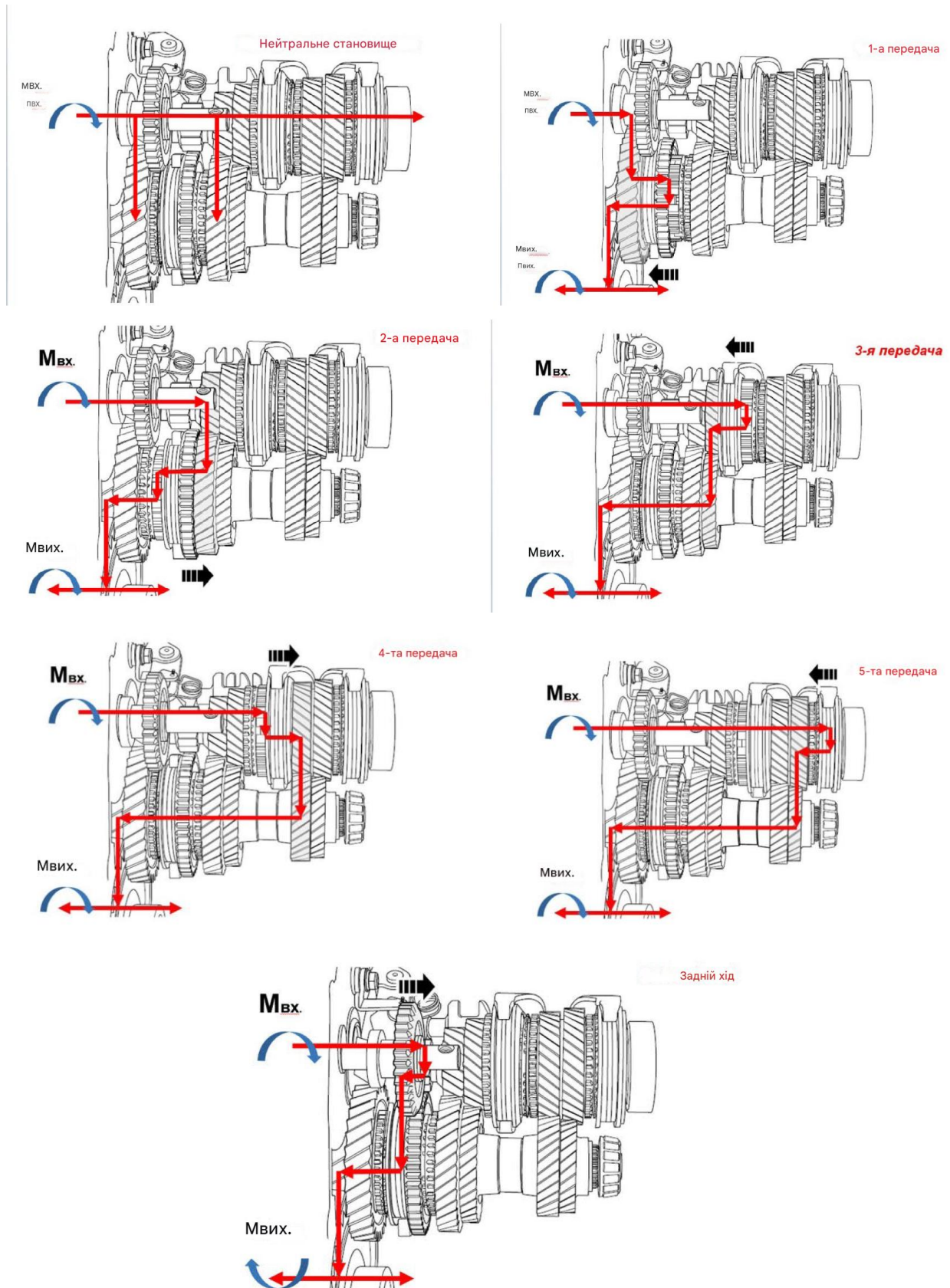


Рис. 1.4. Схеми передачі крутного моменту на кожній з передач.

Тривальна механічна коробка передач: структура та механізм дії.

Проміжний вал встановлений паралельно первинному валу, і всі шестерні

на ньому нерухомо закріплені. Вторинний вал розміщений на одній осі з первинним валом, а з'єднання між ними забезпечує упорний підшипник, розташований на первинному валу, куди входить вторинний вал. Шестерні на вторинному валу можуть вільно обертатися, оскільки вони не закріплені на валу нерухомо. Ці шестерні постійно зачеплені з шестернями проміжного валу. Таким чином, у нейтральному стані коробки передач крутний момент з первинного вала передається на проміжний вал і далі на шестерні вторинного валу, але оскільки ці шестерні вільно обертаються, автомобіль залишається нерухомим.



Рис. 1.5. Будова трьохвальної МКПП.

Синхронізатори, розташовані між шестернями вторинного вала, виконують функцію узгодження кутових швидкостей шестерень і самого вала завдяки силам тертя. Ці пристрої фіксовані на валу і можуть осьово переміщуватися завдяки шліцевому з'єднанню. У відміну від двовальної коробки передач, механізм перемикання в тривальній трансмісії інтегрований безпосередньо у корпус і складається з важеля управління та штоків із вилками. Цей механізм також обладнаний блокувальним пристроєм, щоб уникнути одночасного включення кількох передач. Додатково, механізм перемикання може бути оснащений дистанційним управлінням через кулісу або шарнірні троси. Принцип активації передач у тривальній КПП залишається подібним до

того, що використовується у двовальній трансмісії.

Усі сучасні типи коробок передач, включаючи механічні, автоматичні та роботизовані, оснащені синхронізаторами. Синхронізатор у коробці передач - це складний механізм, який забезпечує узгодження швидкостей обертання валів та шестерень перед зміною передач. Завдяки синхронізатору здійснюється плавне перемикання швидкостей, що значно знижує знос механічних елементів, шум під час перемикання та подовжує термін служби трансмісії.

Синхронізація здійснюється для всіх передач, включаючи реверсивну передачу. Принцип роботи синхронізатора базується на використанні тертя для урівнювання швидкостей обертання. Чим більша розбіжність у частотах обертання між валом та шестернею, тим більша має бути сила тертя для їхньої синхронізації. Ефективність синхронізації підвищується за рахунок збільшення площі контакту, що досягається за допомогою додаткових фрикційних кілець.

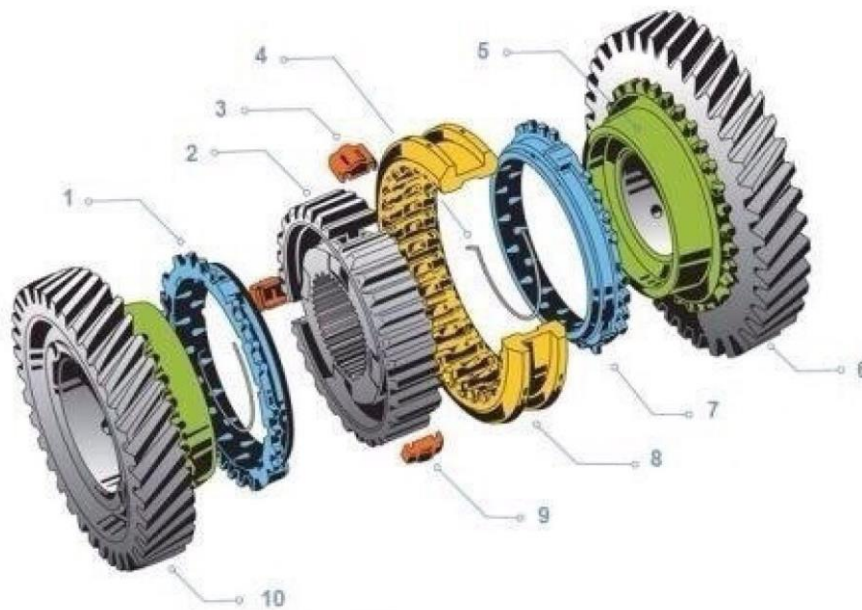


Рис. 1.6. Будова синхронізатора.

1- Блокуюче кільце, 2 - Маточина, 3 - Сухар, 4 - Кільцева пружина, 5 - Фрикційний конус шестерні, 6 - Шестерня, 7 - Блокуюче кільце, 8 - Муфта синхронізатора, 9 - Сухар, 10 – Шестерня.

Управління коробкою передач вимагає дотримання вказівок, які зазвичай нанесені на рукоятку важеля. У нейтральному положенні важіль автоматично фіксується в позиції, з якої можливо включення третьої або четвертої передачі, звідки його можна легко зрушити вперед чи назад. Для активації першої або

другої передачі необхідно спочатку перемістити важіль до крайнього лівого положення, а потім відповідно вперед або назад. Щоб включити реверс, потрібно підняти кільце блокування, пересунути важіль до крайнього лівого положення і потім вперед.

Задню передачу слід включати тільки тоді, коли автомобіль повністю зупинений, щоб уникнути пошкодження трансмісії. [10]

Види трансмісій: доступні механічні, роботизовані, автоматичні та варіаторні коробки передач (див. рисунок 2). Механічна коробка передач вимагає від водія ручного перемикавання передач. Автомобілі з таким типом трансмісії відомі як "автомобілі з механічною коробкою" і є популярним вибором серед ентузіастів швидкої їзди завдяки безпосередньому контролю над автомобілем та відчуттям водійської залученості, яке вони забезпечують.

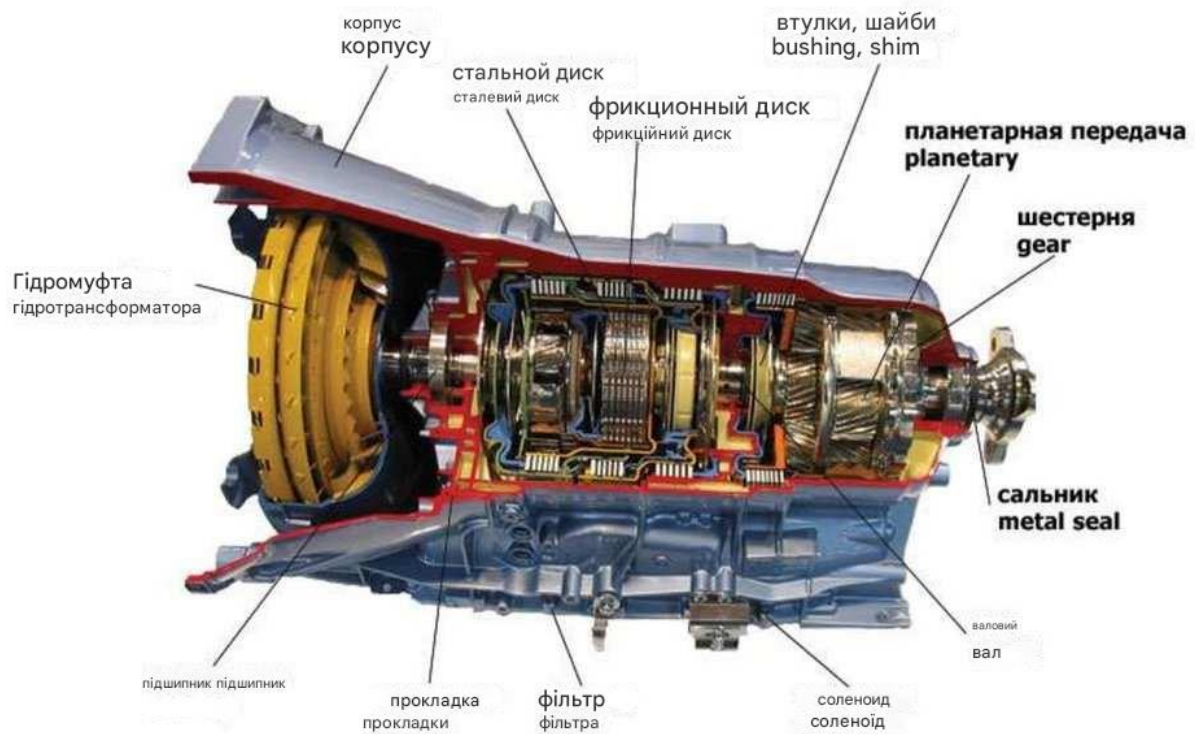


Рис. 1.7. Основна структура традиційної механічної коробки передач. Інший популярний тип трансмісії - це автоматична коробка передач. Жителі як великих, так і малих населених пунктів все більше обирають автомати, і це можна вважати вдалим рішенням. Основною причиною є часті дорожні затори, які змушують водіїв безперервно використовувати зчеплення та перемикати передачі, що є виснажливим. Основні переваги автоматичної коробки передач полягають у тому, що вона не має ручного блокування, не потребує заднього ходу, що робить її ідеальною для новачків; крім того, автоматична коробка

обладнана електронними системами контролю, які допомагають уникнути помилок водія та запобігти перевантаженню двигуна. [15]

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

У рамках кваліфікаційної роботи магістра в галузі автомобільної інженерії вам необхідно розробити комплексний проєкт, що охоплює технологічний, конструкторський та науково-дослідний розділи. Проєкт повинен демонструвати глибоке розуміння процесів зборки, проєктування та аналізу синхронізаційних механізмів у трансмісіях.

Створити детальний план зборки трансмісійної системи, враховуючи всі необхідні компоненти та їх взаємозв'язки. Визначити послідовність дій та операцій, які необхідні для ефективної зборки системи. Розробити маршрутної технології та проєктування процесів зборки. Опишіть маршрут, по якому будуть просуватися деталі на виробництві, включаючи всі вузлові точки та контрольні етапи. Визначити необхідну кількість персоналу з урахуванням обсягів виробництва та специфіки роботи. Обрати оптимальне обладнання для виробничих потреб, що забезпечить високу якість та ефективність зборки.

Розробити технічні параметри та характеристики стенда, який буде використовуватися для діагностики та ремонту коробок передач. Виконати необхідні розрахунки міцності та стійкості конструкції стенда, забезпечивши його надійність та довговічність.

Дослідити компоненти механізму, що забезпечують синхронізацію швидкостей у коробці передач. Описати детально процеси та етапи, які відбуваються під час синхронізації передач. Провести аналіз і розрахунок зміни швидкостей обертання під час перемикавання, визначте фактори, що впливають на цей процес. [1]

2ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка технологічної схеми зборки

Ключові вимоги до технологічності конструкції продукту включають: а) здатність до модульної збірки, з огляду на наявність незалежно збірних модулів у конструкції; б) можливість синхронного і самостійного приєднання модулів до основного елемента продукту; в) можливості для автоматизації збірних процесів; г) доступність для застосування інструментів; д) легкість контролю якості збірки; е) використання простих у застосуванні збірних пристроїв; ж) впровадження методів для забезпечення високої точності складання.

Конструкція відповідає наступним критеріям:

здійснення збірки за модульним принципом,

доступність для використання інструментів,

можливість контролю якості,

застосування простих у використанні складальних інструментів.

Технологічний процес збірки охоплює дії, спрямовані на монтаж та створення з'єднань між компонентами виробу. Збірна операція передбачає технологічний процес монтажу та встановлення з'єднань компонентів заготовки або готового виробу.

Технологічний перехід визначається як заключний етап технологічної операції, який проводиться з використанням однакових засобів технологічного обладнання при сталих технологічних умовах та налаштуваннях. В рамках збіркового технологічного процесу можна виділити такі основні види діяльності:

Підготовчі операції, включаючи розконсервацію, миття, сортування та інші підготовчі дії;

Слюсарно-припасувальні роботи;

Збірочні операції, що включають складання деталей в збірні одиниці та готові вироби методами звинчування, запресовування, клепаання, зварювання, паяння та інші;

Регулювальні роботи;

Контрольні операції;

Демонтажні дії, які виконуються для підготовки продукції до упаковки та транспортування.

Організація процесу збірки визначається конструктивними особливостями виробу та рівнем розподілу складальних операцій. Детальні схеми збірки надають комплексне розуміння характеристик виробу, його адаптації до виробничих процесів та оптимізації збірки. Виріб систематизується на групи, підгрупи та окремі деталі. Основною складовою, що входить безпосередньо в структуру виробу, є група. Підгрупа - це частина, що інтегрована в групу. В тому випадку, коли елемент є частиною групи, він відомий як підгрупа першого порядку. Елемент, що входить безпосередньо в підгрупу першого порядку, класифікується як підгрупа другого порядку, та інші подібні. На технічних схемах компоненти зображуються у вигляді прямокутника, який поділений на три частини: в верхній частині зазначається назва компоненту, в нижній лівій - номер компоненту, а в нижній правій - кількість таких компонентів. [11] [12]

Схема збірки виробу представляється у формі графічних символів, які відображають послідовність монтажу продукту та його компонентів. Під час розробки складальних процесів визначають послідовність дій та можливості їх інтеграції у часі, вибирають необхідне обладнання, засоби та інструменти, розробляють схеми настройки обладнання, встановлюють робочі режими, а також встановлюють норми часу для виконання технологічних операцій та кваліфікаційні розряди для збирачів.

Збіркові процеси організовуються згідно з принципами диференціації та концентрації дій. Диференціація дозволяє одночасно здійснювати збірку окремих вузлів і загальну асамблею, використовуючи при цьому високоефективне збіркове обладнання, що сприяє скороченню часу виробничого циклу та підвищенню продуктивності праці. Такий підхід зазвичай застосовується в потокових збірках, тоді як концентрація дій передбачає виконання технологічних переходів послідовно, паралельно чи поєднано, залежно від конкретних виробничих умов.

Організація складальних процесів базується на детально розроблених схемах, що визначають послідовність збірки виробів та конфігурацію робочих станцій, згідно з такими принципами: 1) жодна з попередніх операцій не має ускладнювати виконання наступних; 2) при потоковій збірці поділ процесу на окремі операції повинен відповідати встановленому такту збірки; 3) операції, що включають регулювання або припасування, а також операції, в ході яких можливий брак, вимагають введення контрольних процедур.

За способом переміщення збираемого виробу розрізняють стаціонарну та мобільну збірку. Щодо організації виробничих процесів, збірка може бути потоковою чи груповою. Потокова збірка реалізується в рамках поточного виробництва, де збираємий об'єкт переміщується між робочими станціями за допомогою спеціальних транспортних систем. Групова збірка передбачає меншу мобільність і частіше використовується в умовах групового виробництва. У автомобільній промисловості узлова та загальна збірка зазвичай виконується поточним способом, використовуючи конвеєрні системи. Об'єкти при цьому передаються від одного монтажного місця до іншого через спеціалізовані транспортні механізми, які призначені лише для переміщення в межах виробничих ліній. У певних випадках, зокрема при узловій збірці, передача компонентів з одного місця на інше може здійснюватися за допомогою роликів доріжок.

Потокова збірка визначається стабільним ритмом, що диктує часові рамки для регулярного випуску готової продукції. Процес збірки може бути класифікований як ручний, механізований, автоматизований або повністю автоматичний в залежності від рівня використання технічних засобів. Механізація складальних процедур, таких як застосування пневматичних, гідравлічних і електричних інструментів, сприяє зменшенню основного та допоміжного часу, необхідного для збірки. Використання принципу взаємозамінності дозволяє мінімізувати час, потрібний для пригоняльних робіт, що знижує загальну трудомісткість і покращує продуктивність.

Якість технологічного процесу збірки визначається сукупністю властивостей, які забезпечують здатність процесу відповідати заданим вимогам якості готової продукції і виконання плану виробництва в рамках встановлених

бюджетних обмежень. Важливими показниками є собівартість і трудомісткість процесу збірки. Механізація та автоматизація є ключовими методами для зниження трудомісткості, а значне покращення ефективності досягається за рахунок впровадження на автоматизованих лініях різноманітних транспортних систем, таких як бункери, магазини, роздільники потоків і інші пристрої.

2.2 Формування переліку складальних операцій

Перелік операцій збірки складається у вигляді структурованої таблиці, де вказуються назви технологічних операцій у послідовності, що відповідає схемі загальної та вузлової збірки. Крім цього, у таблиці наводяться норми часу та інші параметри, необхідні для виконання кожного етапу робіт [5]. Визначення конкретних складальних операцій є результатом аналізу умов виробництва, таких як точність та завершеність механічної обробки деталей, що надходять на складання, застосовані методи досягнення точності замикальних з'єднань та технологічні підходи до виконання монтажних робіт.

Залежно від функціонального призначення, збіркові роботи поділяються на такі основні групи:

- а) Механічна обробка - операції з додаткової обробки деталей у межах збіркового цеху;
- б) Підготовчі роботи - операції з розпакування, очищення та розконсервації елементів;
- в) Виготовлення простих деталей - створення нескладних елементів, необхідних для подальшої збірки;
- г) Монтажні роботи - процес з'єднання деталей та вузлів за допомогою різних методів (звинчування, запресовування, зварювання тощо);
- д) Пригонка та регулювання - операції, що забезпечують точність стикування та налаштування з'єднань;
- е) Контрольні операції - перевірка якості та точності зібраних з'єднань у процесі виконання складальних робіт;

ж) Додаткові роботи - операції, які не належать до жодної з вищезазначених категорій, але необхідні для завершення складання.

Таблиця 2.1. Детальний перелік складальних робіт.

№ опер	Перелік основних та допоміжних операцій	Час $t_{оп}$, хв.
1	Зняти картер коробки передач у зібраному стані.	0,02
2	Провести візуальний огляд картера з усіх сторін для виявлення дефектів.	0,01
3	Закріпити картер у спеціальному монтажному пристосуванні, що забезпечує надійну фіксацію для подальших операцій.	0,07
4	Зняти вторинний вал коробки передач у зібраному вигляді.	0,02
5	Перевірити стан вала, ретельно оглянувши всі його поверхні.	0,01
6	Нанести машинне масло на всі контактні та сполучені поверхні для зменшення тертя та забезпечення плавності роботи.	0,03
7	Встановити вторинний вал у підготовлений картер коробки передач.	0,15
8	Зняти проміжний підшипник вторинного вала.	0,02
9	Обробити всі сполучені поверхні машинним маслом для запобігання зносу під час експлуатації.	0,03
10	Встановити проміжний підшипник у посадочне місце картера коробки передач, забезпечуючи його щільну фіксацію.	0,1
11	Зняти упорне кільце.	0,02
12	Встановити кільце у відповідний паз або посадочне місце з дотриманням геометричної точності.	0,07
13	Зняти голчастий підшипник.	0,02
14	Нанести мастильний матеріал на всі поверхні підшипника для оптимізації роботи під час обертання.	0,03
15	Встановити голчастий підшипник на задану позицію у картері коробки передач.	0,1
16	Зняти первинний вал коробки передач у зібраному стані.	0,02
17	Провести перевірку первинного вала, оглянувши його поверхні	0,01

	на предмет пошкоджень.	
18	Обробити всі сполучені поверхні машинним маслом для захисту від передчасного зношування.	0,03
19	Встановити первинний вал у відповідний отвір картера коробки передач, забезпечуючи правильне розташування вала.	0,15
20	Зняти вісь шестерень заднього ходу. Підготувати вісь до встановлення, перевіривши її на відповідність геометричним параметрам.	0,02
21	Обробити всі контактні поверхні деталей машинним маслом для забезпечення оптимальних умов змащування.	0,03
22	Встановити вісь шестерень заднього ходу у посадочне місце картера коробки передач у зібраному стані.	0,15
23	Підготувати пружинну конічну шайбу діаметром 12 мм.	0,02
24	Встановити пружинну конічну шайбу на своє місце відповідно до технічних вимог.	0,02
25	Зняти гайку з різьбою M12x1,25.	0,02
26	Накрутити гайку M12x1,25 на вісь до попередньої фіксації.	0,05
27	Затягнути гайку моментом 78 Н·м за допомогою динамометричного ключа для досягнення необхідної фіксації.	0,05
28	Зняти стопорну пластину, яка виконує функцію додаткового фіксувального елемента.	0,02
29	Встановити стопорну пластину у відповідне положення на вузол для забезпечення надійності з'єднання.	0,07
30	Підготувати стопорну шайбу діаметром 8 мм	0,02
31	Встановити стопорну шайбу діаметром 8 мм у передбачене посадочне місце.	0,04
32	Підготувати гвинт з різьбою M8x25.	0,02
33	Вкрутити гвинт у посадочний отвір до попередньої фіксації.	0,02
34	Затягнути гвинт M8x25 за допомогою динамометричного ключа з моментом 80 Н·м, забезпечивши надійне з'єднання	0,05

35	Зняти вилку перемикавання 1-ї та 2-ї передач.	0,02
36	Ретельно перевірити вилку з усіх боків для виявлення можливих дефектів або пошкоджень.	0,01
37	Встановити вилку у картер коробки передач, дотримуючись вимог щодо її правильної орієнтації та посадки.	0,02
38	Зняти шток 1-ї та 2-ї передач.	0,01
39	Провести огляд штока на предмет механічних дефектів або пошкоджень поверхні.	0,03
40	Обробити всі сполучені поверхні штока машинним маслом для забезпечення плавного переміщення.	0,15
41	Встановити шток у відповідний отвір картера коробки передач, забезпечивши його правильну фіксацію.	0,02
42	Зняти вилку перемикавання 3-ї та 4-ї передач.	0,01
43	Виконати візуальний огляд вилки з усіх сторін для підтвердження її технічної придатності.	0,15
44	Встановити вилку у картер коробки передач, забезпечуючи правильне положення для взаємодії з елементами механізму.	0,02
45	Зняти шток для 3-ї та 4-ї передач.	0,01
46	Перевірити шток на відсутність механічних пошкоджень і дефектів.	0,03
47	Нанести машинне масло на всі контактні поверхні для зменшення тертя та зносу під час роботи.	0,15
48	Встановити шток у картер коробки передач з дотриманням правильної посадки та фіксації.	0,02
49	Підготувати прокладку кришки для герметизації з'єднання.	0,12
50	Встановити прокладку на попередньо підготовлену поверхню картера коробки передач, забезпечивши рівномірне прилягання.	0,02
51	Підготувати кришку у зібраному вигляді.	0,12
52	Встановити кришку на передбачене посадочне місце у картері коробки передач, забезпечуючи щільне прилягання.	0,02

53	Зняти стопорну шайбу діаметром 6 мм.	0,07
54	Укласти стопорну шайбу у відповідне посадочне місце з урахуванням технологічних допусків.	0,02
55	Підготувати гвинт з різьбою М6х12.	0,02
56	Вкрутити гвинт М6х12 у посадочний отвір, забезпечуючи його попередню фіксацію.	0,05
57	За допомогою динамометричного ключа затягнути гвинт з обертальним моментом 25 Н·м, дотримуючись заданих параметрів для надійного з'єднання.	0,02
58	Зняти проміжний вал коробки передач у зібраному стані.	0,01
59	Виконати візуальний огляд валу зі всіх боків для виявлення можливих пошкоджень чи дефектів поверхні.	0,03
60	Нанести машинне масло на всі сполучені поверхні для зменшення тертя та забезпечення плавної роботи механізму.	0,15
61	Встановити проміжний вал у картер коробки передач, орієнтуючись на технічні вимоги та геометричні допуски.	0,02
62	Зняти передній підшипник проміжного вала.	0,03
63	Ретельно обробити всі контактні поверхні підшипника машинним маслом для забезпечення його надійної роботи під навантаженням.	0,1
64	Встановити підшипник у посадочне місце картера коробки передач, забезпечивши правильну посадку та фіксацію відповідно до інструкцій.	0,02
65	Підготувати установочне кільце для монтажу.	0,03
66	Встановити кільце у відповідне посадочне місце, забезпечивши його правильну орієнтацію та фіксацію відповідно до технічних вимог.	0,02
67	Зняти затискну шайбу.	0,03
68	Встановити затискну шайбу у визначене місце, забезпечуючи її щільне прилягання до поверхні.	0,02

69	Підготувати пружинну шайбу діаметром 12 мм для фіксації елемента.	0,02
70	Зняти болт розміру M12x1,25x30.	0,03
71	Наживити болт разом із шайбою у відповідний отвір, попередньо забезпечивши правильне суміщення різьбових з'єднань.	0,07
72	За допомогою динамометричного ключа затягнути болт з моментом 27 Н·м, щоб досягти необхідного рівня фіксації.	0,02
73	Зняти задній підшипник проміжного вала.	0,03
74	Ретельно змастити всі контактні та сполучені поверхні підшипника машинним маслом для мінімізації тертя та продовження його експлуатаційного ресурсу.	0,1
75	Встановити задній підшипник у посадочне місце картера коробки передач, забезпечивши правильну посадку та надійне фіксування.	0,02
76	Підготувати шестерню заднього ходу для встановлення.	0,03
77	Нанести машинне масло на всі робочі поверхні шестерні для забезпечення її плавного обертання в процесі роботи.	0,12
78	Встановити шестерню заднього ходу у передбачену позицію за віссю заднього ходу відповідно до вимог технічної документації.	0,02
79	Зняти стопорне кільце для шестерні заднього ходу.	0,07
80	Встановити стопорне кільце у посадочний паз, перевіривши його правильну фіксацію для запобігання осьовому переміщенню шестерні під час роботи механізму.	0,11
81	Перевірити правильність встановлення та надійність фіксації стопорного кільця за допомогою калібра, щоб підтвердити відповідність технічним вимогам.	0,02
82	Зняти проміжну шестерню заднього ходу.	0,03
83	Нанести машинне масло на всі сполучені поверхні для забезпечення зменшення тертя та зносу під час експлуатації.	0,12

84	Встановити проміжну шестерню заднього ходу у посадочне місце картера коробки передач, дотримуючись вимог технічної документації.	0,02
85	Підготувати вилку зі втулкою у зібраному стані.	0,15
86	Встановити вилку у картер коробки передач, забезпечивши точне позиціонування та фіксацію для подальшої роботи механізму.	0,02
87	Зняти блок шестерень у зібраному вигляді.	0,03
88	Ретельно обробити машинним маслом усі контактні поверхні для оптимізації умов роботи та зменшення зносу.	0,15
89	Встановити блок шестерень у картер коробки передач, суворо дотримуючись технічних вимог до посадки та точності складання.	0,02
90	Зняти шток перемикавання 5-ї передачі та заднього ходу.	0,12
91	Встановити шток у передбачене посадочне місце картера коробки передач, забезпечивши його надійну фіксацію та вільний хід для функціонування перемикального механізму.	0,02
92	Зняти шестерню приводу спідометра.	0,03
93	Змастити контактні поверхні машинним маслом для забезпечення довговічності роботи елемента.	0,15
94	Встановити шестерню у відповідне посадочне місце картера коробки передач, забезпечивши точність розташування.	0,02
95	Підготувати прокладку для герметизації з'єднання. Встановити прокладку на відповідну поверхню картера коробки передач для запобігання витокам робочих рідин та забезпечення герметичності конструкції.	0,03
96	Установить прокладку	0,02
97	Взять кришку заднюю коробки передач в сборе	0,01
98	Провести візуальний огляд задньої кришки коробки передач у зібраному вигляді зі всіх боків для виявлення механічних	0,07

	пошкоджень або виробничих дефектів.	
99	Встановити задню кришку коробки передач у підготовлене посадочне місце, дотримуючись точності позиціонування та герметичності з'єднання.	0,02
100	Підготувати пружинну шайбу діаметром 8 мм для компенсації навантажень і запобігання ослабленню з'єднання.	0,02
101	Зняти гайку з різьбою М8.	0,03
102	Встановити пружинну шайбу на кріпильний елемент та наживити гайку М8 вручну у різьбовий отвір.	0,05
103	За допомогою динамометричного ключа затягнути гайку М8 із моментом 25 Н·м для забезпечення надійної фіксації.	0,02
104	Підготувати задній підшипник вторинного вала.	0,03
105	Обробити всі сполучені поверхні підшипника машинним маслом для зниження тертя та забезпечення стабільної роботи елемента у процесі експлуатації.	0,1
106	Встановити підшипник у відповідне посадочне місце картера коробки передач, забезпечивши правильну посадку та відсутність перекосів.	0,02
107	Підготувати сальник для забезпечення герметизації та запобігання витокам мастильного матеріалу.	0,03
108	Ретельно змастити контактні поверхні сальника мастилом Літол-24 для зниження тертя та продовження ресурсу елемента	0,06
109	Встановити сальник у посадочне місце картера коробки передач, дотримуючись точності монтажу для досягнення надійної герметичності.	0,02
110	Зняти ущільнювач для остаточного забезпечення герметичності конструкції. Встановити ущільнювач у передбачене місце, перевіривши рівномірність його прилягання до поверхонь.	0,04
111	Встановити ущільнювач у підготовлене посадочне місце для досягнення необхідної герметичності з'єднання та запобігання витокам.	0,02

112	Підготувати центруюче кільце муфти.	0,04
113	Встановити кільце у передбачене положення, забезпечивши точне центрування та щільне суміщення з контактними поверхнями для належної роботи вузла.	0,02
114	Зняти гайку відповідного розміру.	0,07
115	Накрутити гайку вручну на різьбовий елемент для попередньої фіксації.	0,02
116	За допомогою динамометричного ключа затягнути гайку з моментом 80 Н·м, дотримуючись встановлених технічних параметрів для надійної фіксації з'єднання.	0,07
117	Зняти стопорне кільце для фіксації вузла.	0,07
118	Встановити кільце у передбачений паз, перевіряючи його точну посадку та фіксацію для запобігання осьовому переміщенню деталей.	0,02
119	Забезпечити її використання для герметизації конструкції та мінімізації ризику витоків робочих рідин.	0,03
120	Встановити прокладку у підготовлене посадочне місце, забезпечивши рівномірне прилягання для герметичності з'єднання та запобігання витокам робочих рідин.	0,02
121	Підготувати вимикач ліхтарів заднього ходу у зібраному стані.	0,15
122	Встановити вимикач у картер коробки передач, дотримуючись правильного позиціонування та забезпечивши його надійну фіксацію для стабільної роботи системи.	0,02
123	Підготувати нову прокладку для ущільнення з'єднання.	0,03
124	Встановити прокладку у визначене посадочне місце, контролюючи точність її розташування для досягнення максимального рівня герметизації.	0,02
125	Зняти привід спідометра у зборі.	0,15
126	Встановити привід у картер коробки передач, забезпечивши точне прилягання та правильне суміщення з посадковими	0,02

	поверхнями для належної передачі обертання.	
127	Підготувати прокладку картера для встановлення.	0,03
128	Розташувати прокладку у посадочному місці таким чином, щоб усі з'єднання були надійно герметизовані, виключивши можливість витоків мастильних матеріалів або робочих рідин.	0,02
129	Зняти картер зчеплення у зборі.	0,08
130	Встановити картер у підготовлене посадочне місце, дотримуючись технічних вимог щодо точності монтажу та забезпечуючи надійну фіксацію для подальшої роботи механізму.	0,02
131	Підготувати пружинну шайбу діаметром 10 мм.	0,02
132	Зняти гайку з різьбою M10x1,25.	0,04
133	Встановити пружинну шайбу на відповідний елемент для забезпечення рівномірного розподілу навантаження та запобігання ослабленню з'єднання.	0,08
134	Наживити гайку M10x1,25 вручну до попередньої фіксації	0,02
135	Використовуючи динамометричний ключ, затягнути гайку з моментом 50 Н·м, дотримуючись технічних вимог до з'єднання.	0,09
136	Підготувати нижню кришку у зібраному стані.	0,02
137	Встановити кришку у передбачене посадочне місце, забезпечивши її точну орієнтацію та рівномірне прилягання до поверхні для уникнення деформації або витоків.	0,02
138	Підготувати пружинну шайбу діаметром 6 мм. Зняти гайку з різьбою M6.	0,02
139	Встановити пружинну шайбу на фіксуючий елемент для забезпечення стабільності та надійності з'єднання.	0,05
140	Наживити гайку M6 вручну для попереднього закріплення. Використовуючи динамометричний ключ, затягнути гайку з моментом 23 Н·м, дотримуючись стандартів якості для забезпечення безпеки та довговічності вузла.	0,02

	Всього	6,62
--	--------	------

2.3 Розробка маршрутної технології та проєктування процесів збірки

Маршрутна технологія деталізована у таблиці 2.2, де наведено послідовність та основні етапи виконання збіркових операцій. [6]

Таблиця 2.2. Маршрутна технологія.

№ назва операції		Зміст операцій та технологічних переходів	Використовуване обладнання та інструмент	Загальний час, хв.
	Монтаж вторинного вала у коробку передач у зібраному вигляді	Встановлення картера коробки передач у монтажне положення Встановити картер коробки передач у зібраному вигляді в монтажне положення. Нанести моторне масло на всі монтажні поверхні для зниження тертя та забезпечення належної роботи елементів. Монтаж вторинного вала та підшипників. Встановити вторинний приводний вал у зібраному вигляді в трансмісію. Встановити проміжний підшипник вторинного вала в трансмісію. Вставити упорний буртик. Встановити голчастий підшипник на відповідне місце. Встановлення первинного вала коробки передач Встановити первинний вал трансмісії на його місце. Вставити первинний вал коробки передач у коробку передач.		
005	Встановлення підшипників вторинного вала коробки передач Встановлення вилок 1-ї, 2-ї та 3-ї, 4-ї передач разом зі штоками	Монтаж осі заднього ходу Вставити вісь заднього ходу в коробку передач. Фіксація гайки та стопорної пластини. Взяти гайку M12x1,25 і затягнути її вручну. Затягнути гайку M12x1,25 з моментом 78 Н·м. Вставити стопорну	Стакан, втулка технологічна, зажим, пуансон, ємність для масла, кисть, стол слюсарний, калібр для стопорного кільця, гайковерт.	3,52

	Встановлення шестерні заднього ходу	пластину. Затягування шайби та гвинта Вставити шайбу 8, потім встановити винт М8х25. Затягнути винт М8х25 з моментом 80 Н·м. Монтаж вилок і штоків коробки передач. Під'єднати вилку 1-ї та 2-ї передач до корпусу коробки передач і під'єднати штоки 1-ї та 2-ї передач до корпусу коробки передач. Під'єднати вилки 3-ї та 4-ї передач у зібраному вигляді до корпусу коробки передач, а штоки 3-ї та 4-ї передач – до корпусу коробки передач. Передача картера коробки передач на наступну операцію. Передати картер коробки передач у зібраному вигляді для подальших операцій.		
	Встановлення вторинного вала коробки передач у зібраному стані Встановлення підшипників вторинного вала коробки передач	Встановлення прокладки кришки та монтаж кришки в зібраному вигляді Встановити прокладку кришки. Встановити кришку у зібраному вигляді, забезпечивши її правильне позиціонування та фіксацію. Монтаж стопорної шайби та гвинта Встановити стопорну шайбу діаметром 6 мм.		
010	Встановлення вилок 1-ї, 2-ї та 3-ї, 4-ї передач разом зі штоками	Затягнути гвинт М6х12 з моментом 25 Н·м для надійного закріплення. Встановлення проміжного вала коробки передач Встановити проміжний вал коробки передач у картер коробки передач у зібраному вигляді. Запресувати передній підшипник проміжного вала в картер коробки передач у зібраному вигляді.	Стакан, втулка технологічна, зажим, пуансон, ємність для масла, кисть, стол слюсарний, калібр для стопорного кільця, гайковерт.	4,52
	Встановлення шестерні заднього ходу	Монтаж установочного кільця та затягування болта Встановити установочне кільце. Встановити зажимну шайбу. Наживити болт і шайбу. Затягнути болт М12х1,25х30 з моментом 27 Н·м для належної фіксації. Запресування заднього підшипника проміжного вала Запресувати задній підшипник проміжного вала в картер коробки передач у зібраному вигляді. Встановлення шестерні заднього ходу та стопорного кільця		

		Встановити шестерню заднього ходу за вісь заднього ходу. Встановити стопорне кільце шестерні заднього ходу, перевіrivши правильність його розташування. Перевірити якість монтажу стопорного кільця за допомогою калібра. Завершальний контроль та передача на наступну операцію Перевірити якість виконаних робіт на відповідність технічним вимогам. Передати компонент на наступну операцію для подальшої обробки.		
015	Встановлення шестерні заднього ходу Встановлення вилки заднього ходу та 5-ї передачі разом зі штоком Встановлення підшипника вторинного вала	Обробка сполучених поверхонь і монтаж компонентів коробки передач Змащування сполучених поверхонь Ретельно обробити всі контактні поверхні машинним маслом для зменшення тертя та забезпечення належної роботи деталей під час експлуатації. Встановлення проміжної шестерні заднього ходу Встановити проміжну шестерню заднього ходу у передбачене посадочне місце в картері коробки передач, забезпечивши точність прилягання та відповідність технічним вимогам. Монтаж вилки зі втулкою Встановити вилку зі втулкою у зібраному стані в картер коробки передач, контролюючи правильність її позиціонування та фіксації для забезпечення коректного функціонування механізму перемикання. Встановлення блоку шестерень Встановити блок шестерень у зібраному стані в картер коробки передач, перевіrivши суміщення посадочних поверхонь та плавність обертання. Монтаж штока 5-ї передачі та заднього ходу Встановити шток 5-ї передачі та заднього ходу у відповідні канали картера коробки передач, забезпечивши правильність монтажу та фіксацію для подальшої безперебійної роботи вузла. Встановлення шестерні приводу	Пуансон, конічна оправка, ємність для масла, кисть, рукавички, слюсарний стіл, калібр для стопорного кільця, гайковерт.	3,49

		спідометра Розташувати шестерню приводу спідометра у передбачене посадочне місце в картері коробки передач, забезпечивши точне прилягання та надійність кріплення. Монтаж прокладки Встановити прокладку на відповідну поверхню для забезпечення герметичності з'єднання та запобігання витокам робочих рідин під час експлуатації.		
020	Встановлення картера зчеплення Встановлення кришки коробки передач Запресування сальника	Встановлення задньої кришки коробки передач Монтаж задньої кришки Встановити задню кришку коробки передач у зібраному стані у посадочне місце. Наживити пружинну шайбу діаметром 8 мм та гайку М8. Використовуючи динамометричний ключ, затягнути гайку М8 з моментом 25 Н·м, забезпечивши надійну фіксацію елемента. Запресування заднього підшипника вторинного вала Запресувати задній підшипник вторинного вала у картер коробки передач у зібраному стані відповідно до технічних вимог. Перед встановленням ретельно змастити контактні поверхні мастилом Літол-24 для зниження тертя та збільшення ресурсу роботи. Монтаж сальника та центруючих елементів Встановити сальник, ущільнювач та центруюче кільце муфти у відповідні посадочні місця. Наживити гайку вручну та затягнути її динамометричним ключем з моментом 80 Н·м. Встановити стопорне кільце у посадковий паз. Перевірити якість монтажу стопорного кільця за допомогою калібра для забезпечення відповідності технічним нормам. Встановлення прокладок та допоміжних елементів Встановити прокладку для герметизації з'єднання. Встановити вимикач ліхтарів заднього ходу у зібраному стані у картер коробки передач.	Пуансон, конічна оправка, ємність для масла, кисть, рукавички, слюсарний стіл, калібр для стопорного кільця, гайковерт.	6,62

		Додатково встановити ще одну прокладку для забезпечення герметичності з'єднань. Встановити привід спідометра у зібраному стані у картер коробки передач. Монтаж картера та кріпильних елементів Встановити прокладку картера та картер зчеплення у зібраному вигляді, контролюючи точність їх монтажу. Наживити пружинну шайбу діаметром 10 мм та гайку М10х1,25. Затягнути гайку з моментом 50 Н·м за допомогою динамометричного ключа. Встановлення нижньої кришки Встановити нижню кришку коробки передач у зібраному вигляді у передбачене посадочне місце. Встановити пружинну шайбу діаметром 6 мм, наживити гайку М6. Затягнути гайку М6 з моментом 23 Н·м, забезпечивши надійну фіксацію елементів. Завершальний контроль та передача на наступний етап Виконати перевірку якості монтажу на відповідність технічним вимогам. Передати вузол на наступний етап технологічного процесу для подальшого складання.		
--	--	--	--	--

2.4 Розрахунок штатних робітників дільниці технічного обслуговування та діагностики

Штат даного підрозділу компанії включає в себе виробничих та допоміжних робітників, інженерно-технічний персонал (ІТР), адміністративних працівників, молодший обслуговуючий персонал (МОП) та пожежно-сторожову охорону (ПСО). [22]

Для визначення явочної та спискової кількості основних виробничих робітників використовуються спеціалізовані методики розрахунку, які базуються на трудомісткості виконуваних робіт. Ці методики дозволяють розрахувати кількість персоналу для кожної спеціалізації з урахуванням специфіки виробничих завдань та потреб підприємства.

Загальна чисельність працівників на підприємстві оцінюється з урахуванням поточних виробничих потреб, плану розвитку діяльності та майбутніх проектів, що заплановані до впровадження.

$$P_{\text{я}} = \frac{T_{\text{ТО}}}{\Phi_{\text{н}} \cdot K} = \frac{17470}{2004 \cdot 1,1} = 7,9 \approx 8 \text{ чоловік}; \quad (2.1)$$

$$P_{\text{с}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}} \cdot K} = \frac{17470}{1716 \cdot 1,1} = 9,2 \approx 9 \text{ чоловік}, \quad (2.2)$$

$$K = 1,05 \dots 1,15.$$

Чисельність допоміжних робітників становить 10...15% від загальної кількості основних виробничих працівників. Частка інженерно-технічного персоналу (ІТР), службовців та молодшого обслуговуючого персоналу складає відповідно 8...10%, 2...3% та 2...4% від загальної чисельності виробничих і допоміжних робітників. Пожежно-сторожова охорона налічує 9 осіб, що відповідає кількості сторожових постів.

$$P_{\text{дон}} = 0,1 P_{\text{осн}} = 0,1 \cdot 9 \approx 1 \text{ чоловік.}$$

$$P_{\text{ІТР}} = 0,1 (P_{\text{дон}} + P_{\text{осн}}) = 0,1 \cdot (1 + 9) = 1 \text{ чоловік.}$$

$$P_{\text{сл}} = 0,02 (P_{\text{дон}} + P_{\text{осн}}) = 0,02 (1 + 9) = 0,2 \approx 1 \text{ чоловік.} \quad (2.3)$$

$$P_{\text{МОП}} = 0,04 (P_{\text{дон}} + P_{\text{осн}}) = 0,04 \cdot (1 + 9) = 0,4 \approx 1 \text{ чоловік.}$$

Виробничі простори мають бути розміщені компактно, пропонуючи достатньо місця для роботи з гарним природним та штучним освітленням, щоб забезпечити належні умови для здійснення роботи та підвищення продуктивності.

Для розрахунку площі виробничої зони технічного обслуговування використовують наступну формулу:

$$F_{\text{з}} = f_{\text{а}} \cdot x_{\text{н}} \cdot \kappa_{\text{н}} = 21,3 \cdot 9 \cdot 4,5 = 863 \text{ м}^2, \quad (2.4)$$

$$x_{\text{н}} = 9$$

Для зон ТО $\kappa_{\text{н}} = 4 \dots 5$, приймаємо $\kappa_{\text{н}} = 4,5$.

За встановленими нормами розміщення опорних колон визначаємо розміри ділянки технічного обслуговування як 48×18 метрів. Отже, площа ділянки становитиме: $F_{\text{д}} = 48 \times 18 = 864$ квадратних метри.

2.5 Підбір технологічного обладнання для дільниці

Згідно з технологічними вимогами, ми визначили набір обладнання, яке буде задіяно на дільниці для технічного обслуговування та діагностики. Детальний перелік обраного технічного устаткування представлено у таблиці 23.

Таблиця 2.3 – Обладнання для дільниці технічного обслуговування та діагностики автобусів.

№ п/п	Найменування	Кільк.	Габаритні розміри	Тип або модель
1	Підйомник двухстіковий електромеханічний	6	2,5х3,5	СЕ-205
2	Домкрат гідравлічний	6	1,25х0,37	БС-162
3	Підставка під обладнання	1	0,81х0,58	
4	Стаціонарна маслороздаточна колонка	1	0,5х0,4	RAASM 32065
5	Пересувна установка для збору відпрацьованого масла	1	0,72х0,54	С-508
6	Змащувальна установка	1	0,49х0,54	Комплекта
7	Колонка для роздачі повітря	7	0,49х0,54	С-413
8	Верстат слюсарний	7	1,57х0,78	В1
9	Шафа для інструменту та інвентарю	5	1,0х0,5	Ф42
10	Ларь для відходів	3	0,4х0,32	932
11	Стелаж полковий	1	1,5х0,56	
12	Верстат свердлильний	1	0,8х0,4	2М 112
13	Ванна для миття деталей	1	0,66х0,51	RAASM- 70365
14	Верстат точильно- шліфувальний	1	0,5х0,6	УЗ-3
15	Бак для заправки гальмівною	1	0,3х0,3	326

	рідиною			
16	Стенд для перевірки кутів встановлення передніх коліс	1	1x1,5	Visualiner-901
17	Стенд для перевірки гальм	1		BSA 250
18	Стенд для перевірки фар	1		Siria S183 BTH
19	Прилад для перевірки рульового керування	1	0,2x0,2	K-402
20	Прилад для перевірки циліндро-поршневої групи	1	0,3x0,2	K-69 M
21	Прилад для перевірки контрольно вимірювальних приладів	1	0,4x0,2	3-204

Відповідно до специфікацій вибраного обладнання, загальна площа якого становить 22,4 м², здійснимо розрахунок площі ділянки для розміщення цього обладнання та забезпечення достатнього робочого простору для персоналу.

$$f_{\partial} = \sum f_{об} \cdot k_{щ} = 22,4 \cdot 3,5 = 78,4 \text{ м}^2, \quad (2.5)$$

Згідно [1], $k_{щ} = 3,5$.

Призначаємо кількість співробітників згідно з ремонтним циклом та мережевим графіком, що складає 9 осіб. Робота ділянки ведеться в однозмінному режимі.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічна характеристика стенда для ремонту КПП

Проектування та експлуатація автомобілів на створення конструкторської документації для виробництва стенду для ремонту коробок передач автомобіля Renault не вимагає жодних додаткових уточнень, за винятком затвердження моделей коробок передач, що планується встановлювати на цей стенд: JH3, JR5, 21807, 21827, JF015E. [14]

Перед створенням конструкції власного стенда ми провели глибокий аналіз наявних на ринку стендів, що відповідають схожим функціональним вимогам. Це дало нам змогу оцінити різноманітність компоновочних рішень, а також позитивні та негативні аспекти вже відомих моделей. Такий підхід забезпечує обґрунтований вибір конструкції для стенда, враховуючи всі можливі варіанти і вдосконалення. Надалі ми розглянемо різні типи стендових конструкцій, щоб вибрати найбільш оптимальний варіант для розроблюваного стенда, який забезпечить ефективність та надійність у використанні.

Для закріплення великогабаритних вузлів від вантажних автомобілів і автобусів використовуються стійки двосторонньої конструкції, які забезпечують їх кріплення з обох сторін. Таке рішення дозволяє надійно утримувати масивні елементи і запобігти їх можливому перекиданню. Дві стійки підвищують стабільність стенду. У нашому випадку, коробки передач важать приблизно 35 кг. Для ремонту легкових авто достатньо використовувати простіші одностійкові стенди, які фіксують двигун тільки з фронтальної сторони. Таке рішення дозволяє забезпечити стабільність конструкції без компромісу у експлуатаційних характеристиках, знижуючи вагу і вартість стенду.

Більшість наявних на ринку стендів обладнані механізмами для закріплення коробок передач і забезпечення їх обертання, що робить процес обслуговування легшим. На численних моделях стендів інстальовані черв'ячні редуктори, котрі вважаються витратними компонентами. Враховуючи, що обертання коробок передач легкових авто не вимагає значних зусиль,

використання таких редукторів стає непрактичним. Відтак, вибір падає на більш економічні та прості конструкції, що все ще забезпечують необхідну функціональність. [3] [7] [20]

Деякі стенди виготовлені з великої кількості металу, що збільшує їх вартість та масу. У розробці запропонованої конструкції в якості основних несучих елементів використовуються труби з квадратним перетином, що значно знижує металоємність без компромісу з міцністю.

Для розробки нового стенду було використано аналогічний стенд моделі Nordberg N30057. Універсальні адаптери, якими оснащений стенд, забезпечують легке кріплення коробки передач різних типів. Легка вага конструкції дозволяє з легкістю переміщувати стенд по робочій зоні, а в разі необхідності колеса можна зафіксувати. Поворотний механізм гарантує можливість регулювання положення стенда для зручності при ремонтних роботах. Загальний обрис розробленого стенду для сервісу та ремонту трансмісій автомобілів Renault представлений на ілюстрації 3.1.

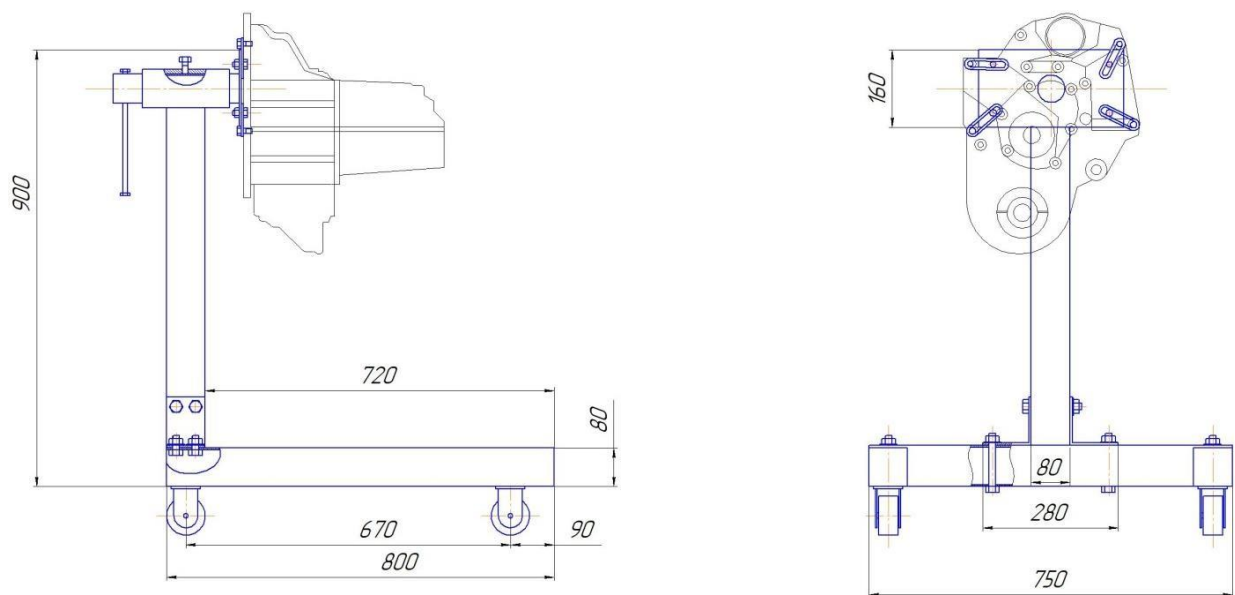


Рис. 3.1. Проект стенду.

Проект стенду, зображений на малюнку 3.1, базується на конструкції з рамою квадратного перерізу, що служить основою для установки стійки. Особливість цієї моделі полягає у наявності вала з важелем, що дозволяє обертати коробку передач на 360° , з можливістю її фіксації в будь-якому положенні за допомогою спеціального гвинта. Однією з головних переваг даного стенду є його конструктивна простота.

Коробка передач, демонтована з автомобіля, монтують на стенд за допомогою грузопідйомного обладнання, а для закріплення ремонтного агрегата використовуються спеціальні адаптери. Після завершення усіх необхідних ремонтних процедур, агрегат знімається зі стенду. Рама стенду повинна бути міцною і без дефектів, таких як тріщини, зігнуті стійки чи пошкодження різьблення, гарантуючи надійне кріплення в ремонтного агрегата. [18]

Пропонована конструкція стенду має безліч переваг: вона універсальна в обслуговуванні, відрізняється низькою вартістю, простотою конструкції, але водночас забезпечує високу міцність та зручність у використанні. Компактні розміри стенду спрощують його експлуатацію та скорочують час, необхідний для роботи з обслуговуваними агрегатами. Ці переваги роблять цей проект актуальним для автосервісних підприємств.

3.2 Розрахунок конструкції стенда

Відповідно до технічного завдання, вантажопідйомність стаціонарного стенда має бути 150 кг. Визначення цієї вантажопідйомності впливає з вимог, що стенд призначений для демонтажу та монтажу КПП легкових авто, вага яких не перевищує 150 кг. На малюнку 8 представлені сили, що діють на стенд під час монтажу коробки передач. Проведіть розрахунки, поділивши конструкцію на три розрахункові сегменти. Почнемо з аналізу нерухомого плеча - верхньої балки стенда.

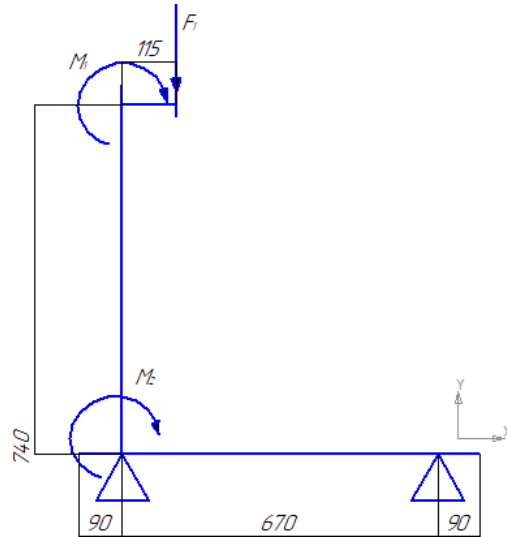


Рис. 3.2. Схема активних сил

Діаграма сил, що впливають на верхнє плече, зображена на рисунку 3.3.

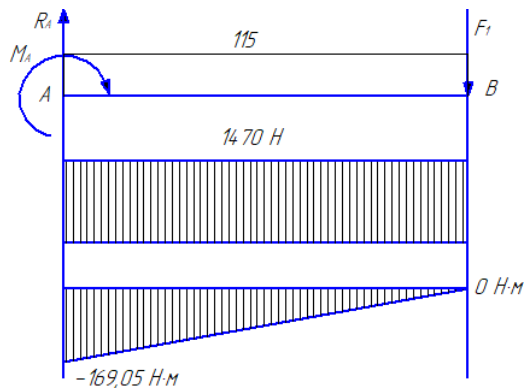


Рис. 3.3. Епюра статичного плеча (верхньої балки).

Для визначення сили, яка виникає під час монтажу відремонтованого вузла, застосовується наступна формула:

$$F = m \cdot g, \quad (3.1)$$

$$F = 150 \cdot 9,8 = 1470 \text{ Н.}$$

Забезпечення рівноваги конструкції вимагає, аби загальний момент сил відносно точки А був нульовим:

$$\sum M_A = -M_A - F_1 \cdot 0,115.$$

$$\sum M_A = -M_A - 1470 \cdot 0,115.$$

$$M_A = -1470 \cdot 0,115 = -169,05 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Аналогічно, алгебраїчна сума проекцій усіх діючих сил на вертикальну вісь також має становити нуль, що забезпечує статичну рівновагу системи в вертикальному напрямку.

$$\sum Y = R_A - F_A.$$

$$\sum Y = R_A - 1470 = 0.$$

$$R_A = 1470 \text{ Н.}$$

Для перевірки стійкості конструкції необхідно провести розрахунок суми моментів сил відносно іншої контрольної точки, наприклад точки В.

$$\sum M_B = -M_A - R_A \cdot 0,115 + F_1 \cdot (0,115 - 0,115).$$

$$\sum M_B = 169,05 - 1470 \cdot 0,115 + 1470 \cdot (0,115 - 0,115) =$$

$$= 169,05 - 169,05 + 0 = 0.$$

Окрім цього, важливо визначити поперечну силу Q :

$$Q_I = 1470 \text{ Н.}$$

$$Q_{II} = 1470 \text{ Н.}$$

та згинальний момент M ,

$$M_I = 1470 \cdot 0 - 160,9 = -169,05 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$M_{II} = 1470 \cdot 0,115 - 160,9 = 0.$$

Розраховуємо напруги для одного з плечей конструкції. Критичним стане той перетин, де спостерігається пікове значення згинального моменту. В цьому випадку піковий момент досягає $M_{\max}=169,05 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Плечо виробляється із руглої сталеві прямошовної труби, виробленої згідно з ГОСТ 10704-91, з діаметром 60 мм і товщиною стінки 3 мм, використовуючи сталь марки 25. Для цієї марки сталі, межа текучості складає $\sigma_T=280 \text{ МПа}$. [21]

Для відповідності вимогам міцності при конструкції кільцевого перерізу, зовнішній діаметр визначається відповідно до наступної формули:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot |M_{\max}|}{\pi \cdot [\sigma] \cdot (1 - c^4)}}, \quad (3.2)$$

Пропорція між внутрішнім діаметром кільця d та його зовнішнім діаметром D вказує на особливості конструкції.

$$c = \frac{57}{60} = 0,95.$$

Розрахунок мінімально допустимого зовнішнього діаметра кільця здійснюється на основі цієї пропорції.

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 169,05}{3,14 \cdot 280 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,95^4)}} = 0,032 \text{ м}$$

В даному контексті:

$$D = 0,06 \text{ м} > 0,032 \text{ м}.$$

Таким чином, критерій міцності для стрижня в заданому перетині вважається виконаним. Це підтверджує, що перетин вала здатен витримати передбачуване навантаження. Визначення параметрів стійки. На рисунку 3.4 демонструється розміщення сил, що впливають на стійку. Загальна сума моментів всіх сил відносно точки С повинна бути нульовою:

$$\sum M_C = -R_A \cdot 740 - M_1 = -R_A \cdot 0,74 - 169,05 = 0.$$

$$R_A = -169,05/0,74 = 228,44 \text{ Н}.$$

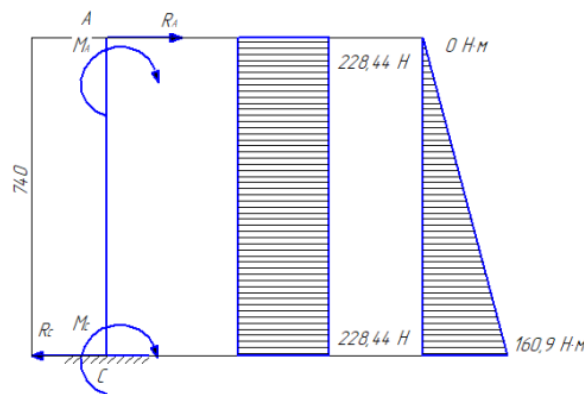


Рис. 3.4. Діаграма розподілу навантажень стійки.

Для досягнення рівноваги системи сума моментів усіх прикладених сил відносно точки А повинна дорівнювати нулю.

$$\sum M_A = R_C \cdot 740 - M_2 = R_C \cdot 0,74 - 169,05 = 0.$$

$$R_C = 169,05/0,74 = 228,44 \text{ Н}.$$

З метою перевірки рівноваги проводимо обчислення алгебраїчної суми проекцій усіх діючих сил на горизонтальну вісь.

$$\sum Y = R_A + R_C = 228,44 - 228,44 = 0.$$

Поперечна сила Q :

$$Q_I = 228,4 \text{ Н.}$$

$$Q_{II} = 228,4 \text{ Н.}$$

Згинальний момент M :

$$M_I = 228,4 \cdot 0 - 160,9 = -160,9 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$M_{II} = 228,44 \cdot 0,74 - 160,9 = 0.$$

Розглянемо визначення напружень у стійці. Критичним є переріз, де згинальний момент M досягає свого максимального значення. У цьому випадку пікове значення моменту становить $M_{\max} = 169,05 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Стійка виготовлена з квадратної сталеві труби, із розміром сторони 80 мм та товщиною стінки 4 мм. Матеріалом труби є сталь марки 25. Для балок із симетричним поперечним перерізом, що має не менше двох осей симетрії, і виготовлених з матеріалу, здатного однаково протидіяти розтягуванню та стиску, оптимальні параметри перерізу визначаються на основі умов міцності, які забезпечують надійність та стійкість конструкції під дією робочих навантажень. [17]

$$W_z \geq \frac{|M_{\max}|}{[\sigma]}, \quad (3.3)$$

Розрахунок площі поперечного перерізу балки проводиться за наступною формулою:

$$W_z = a_1^2 - a_2^2, \quad (3.4)$$

$$W_z = 0,80^2 - 0,76^2 = 0,0624 \text{ м}^2.$$

$$W_z \geq \frac{169,05}{280 \cdot 10^6} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Отже, умова забезпечення міцності стійки у цьому перерізі виконується. Це свідчить про те, що стійка здатна витримати задане навантаження.

Розрахунок нижньої балки. Схема сил, що діють на балку, наведена на рисунку 3.5. На балку діє навантаження, яке складається з маси коробки передач та маси самої балки.

$$F_2 = (150 + 11) \cdot 9,8 = 1577,8 \text{ Н.}$$

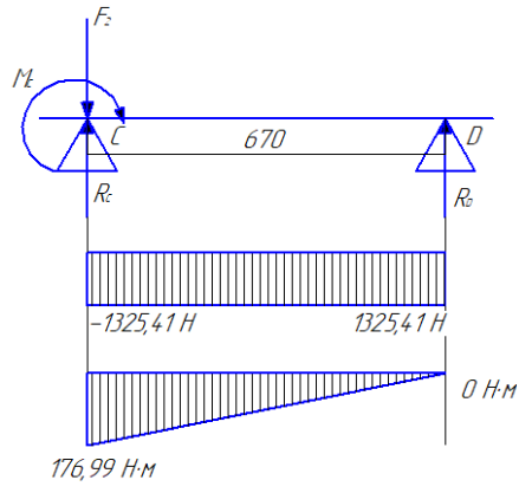


Рис. 3.5. Діаграма епюри нижньої балки.

Значення моменту відносно точки С визначається за наступним співвідношенням:

$$M_C = 1,1 \cdot M_1 = -176,99 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Рівновага системи передбачає, що сума моментів усіх діючих сил відносно точки D має дорівнювати нулю.

$$\sum M_D = -F_2 \cdot 0,67 + R_C \cdot 0,67 - M_C = 0.$$

$$R_C = \frac{(-F_2 \cdot 0,67 - M_C)}{-0,67} = \frac{(-1577,8 \cdot 0,67 + 176,99)}{-0,67} = 1313,64 \text{ кН}.$$

Аналогічно, сума моментів сил відносно точки С також повинна дорівнювати нулю.

$$\sum M_C = -F_2 \cdot 0 + R_D \cdot 0,67 + M_C = 0.$$

$$R_D = \frac{(F_2 \cdot 0 + M_C)}{0,67} = \frac{(0 + 176,99)}{0,67} = 264,16 \text{ кН}.$$

Крім того, алгебраїчна сума проєкцій усіх прикладених сил на вертикальну вісь повинна дорівнювати нулю,

$$\sum Y = R_D + R_C - F_2 = 0.$$

$$R_D = \frac{(F_2 \cdot 0 + M_C)}{0,67} = \frac{(0 + 176,99)}{0,67} = 264,16 \text{ кН}.$$

що є необхідною умовою для досягнення стійкого стану конструкції.

$$\sum Y = R_D + R_C - F_2 = 0.$$

$$\sum Y = 264,16 + 1313,64 - 1577,8 = 0.$$

Поперечна сила Q :

$$Q_I = -1325,41 \text{ Н.}$$

$$Q_{II} = -1325,41 \text{ Н.}$$

Згинальний момент M :

$$M_I = 176,99 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$M_{II} = 1313,64 \cdot 0,67 - 1577,8 + 264,16 = 0.$$

Розраховуємо напруження у нижній балці. Критичним є переріз, де згинальний момент M досягає свого максимального значення. У цьому випадку пікове значення моменту становить $M_{\max}=176,99\text{Н}\cdot\text{м}$. Нижня балка виготовлена з квадратної сталеві труби. Геометричні параметри балки: довжина сторони профілю – 80 мм, товщина стінки – 4 мм, матеріал – сталь марки 25.

Площа поперечного перерізу нижньої балки визначається за формулою:

$$W_z = 0,80^2 - 0,76^2 = 0,0624 \text{ м}^2.$$

$$W_z \geq \frac{176,99}{280 \cdot 10^6} = 0,63 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Таким чином, перевірка міцності нижньої балки у розглянутому перерізі підтвердила її здатність витримувати розрахункове навантаження без перевищення допустимих значень напружень.

У межах даного розділу було спроектовано спеціалізований стенд для виконання ремонтних робіт коробки перемикачів передач автомобіля. Розроблений стенд відповідає вимогам щодо забезпечення безпечної та ефективної роботи. Вибір стенда базувався на порівняльному аналізі існуючих аналогів, серед яких за технічними характеристиками оптимальним виявився стенд Nordberg N30057. Крім того, для підвищення зручності експлуатації та полегшення процесу складання було створено детальне керівництво з користування обладнанням. Ця розробка сприятиме підвищенню продуктивності ремонтних робіт та забезпеченню їх високої якості. [16]

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Елементи синхронізаційного механізму

Механізм перемикання швидкостей імплементовано синхронізовану систему перемикання швидкостей. Це означає, що шестерні завжди зачеплені та обертаються у форматі ведуча-ведена пара, крім випадків, коли у взаємодію вступають синхронізатори. Шестерні обертаються без перешкод, а активація потрібної передачі відбувається через синхронізатор, який забезпечує передачу крутного моменту. Синхронізатор функціонує як фрикційне зчеплення, що дозволяє синхронізувати швидкості двигуна, шестерні і диску зчеплення, тим самим фасилітуючи процес перемикання передач. Синхронізація відбувається за сталою схемою. Вилка перемикання зміщує втулку в напрямку до шестерні, яка має бути активована. Поки існує різниця у швидкостях між втулкою/ступичною системою та шестернею, втулка залишається заблокованою блокувальним кільцем, при цьому кільця синхронізатора виробляють фрикційний момент. Коли швидкості стають синхронізованими, втулка може просуватися далі та входити в зачеплення з шліцом кільця включення на шестерні.

Конструкція синхронізаційного механізму розробляється згідно із специфічними навантаженнями, які він має витримувати під час експлуатації. Типово, така конструкція вмонтовується між двома шестернями та за допомогою зсувної взаємодії активує потрібну передачу. Синхронізаційний механізм включає декілька ключових компонентів, кожен з яких має особливі конструктивні рішення, що коротко описані нижче.

Втулка оснащена внутрішніми та зовнішніми шліцами і обертається у з'єднанні з вихідним валом, до якого кріпиться завдяки внутрішнім шліцам. На її зовнішньому діаметрі розташовано три однаково віддалені пази для установки механізмів фіксації. [23]

Ковзна муфта оснащена внутрішніми шліцами і встановлюється на зовнішні шліци ступиці, переміщаючись під час синхронізації для зчеплення з зубами передавальної шестерні.



Рис. 4.1. Втулка.

Внутрішні шліци муфти містять три рівномірно розподілені кільцеві углиблення для розміщення фіксуючих елементів. На зовнішній поверхні муфти передбачений спеціальний канал для ніжок перемикальної вилки, що дозволяє їй ковзати вліво чи вправо за допомогою зовнішнього впливу на важіль перемикання швидкостей, сприяючи зміні передач.



Рис. 4.2. Вчтулка.

У кожному синхронізаторі використовується три комплекти стрижневих засувок; стрижні або кульки засувок знаходяться у трьох кільцевих прорізах муфти в нейтральному положенні. Ці компоненти активізують роботу механізму, забезпечуючи первинне навантаження для індексації та підготовки фрикційного (блокувального) кільця до контакту з муфтою.

Блокувальне фрикційне кільце, виготовлене з бронзи із спеціальними нитками для очищення від олії, оснащене трьома симетрично розміщеними пазами, що приймають навантаження від стрижневих засувок. Вирішуючи питання високих навантажень, було розроблено нові матеріали і технології виробництва, зокрема, порошкові металеві кільця, покриті різними видами міцних фрикційних матеріалів, що забезпечують належний і стабільний

коефіцієнт тертя за визначеною силою перемикавання. Окрім того, особлива увага приділяється довговічності і ефективності фрикційних матеріалів. Внутрішня поверхня кільця має різьблення для кращого зчеплення з конусом, виконуючи функцію гальма. [2]

Конусне фрикційне з'єднання стандартно входить до складу шестерні. Цей елемент задіяний у створенні необхідного конусного крутного моменту для синхронізації, коли він знаходиться в контакті з фрикційним кільцем.



Рис. 4.3. Фрикційне кільце.

В процесі перемикавання передач ковзна муфта спочатку переміщується з нейтральної позиції, витісняючи фрикційне кільце, яке у свою чергу виробляє фрикційний момент. Після завершення синхронізації, генерується конусний момент, що дозволяє муфті вільно проходити крізь кільце, тим самим завершуючи процес перемикавання передач.

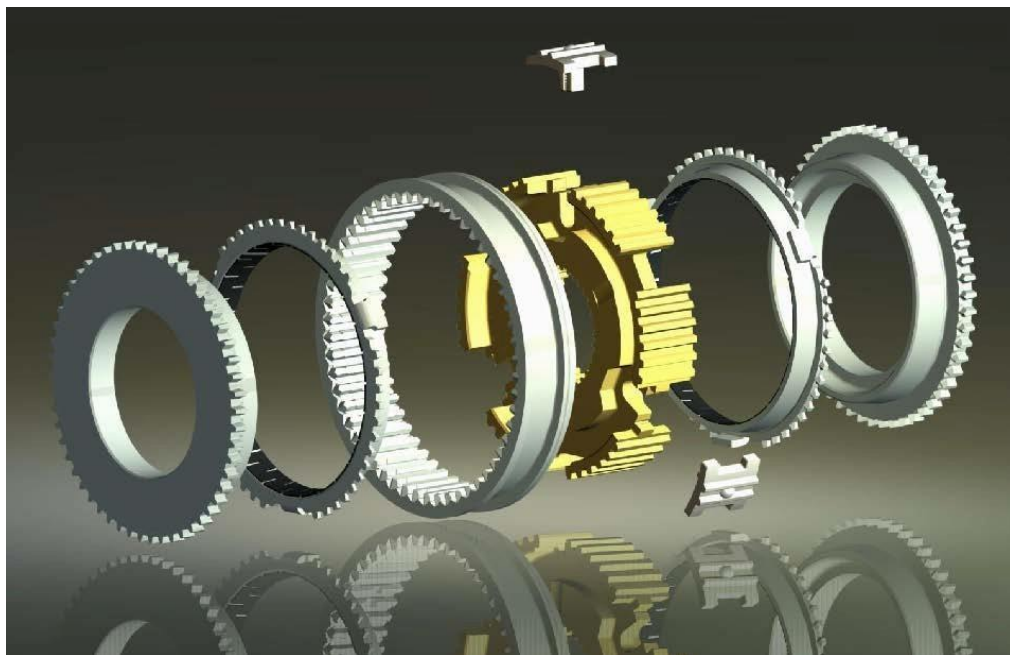


Рис. 4.4. Компоненти синхронізатора.

4.2 Етапи синхронізації

Вихідна позиція механізму синхронізації - нейтральна, у цей час не зачеплена жодна передача, що ілюструється на діаграмі. [4]

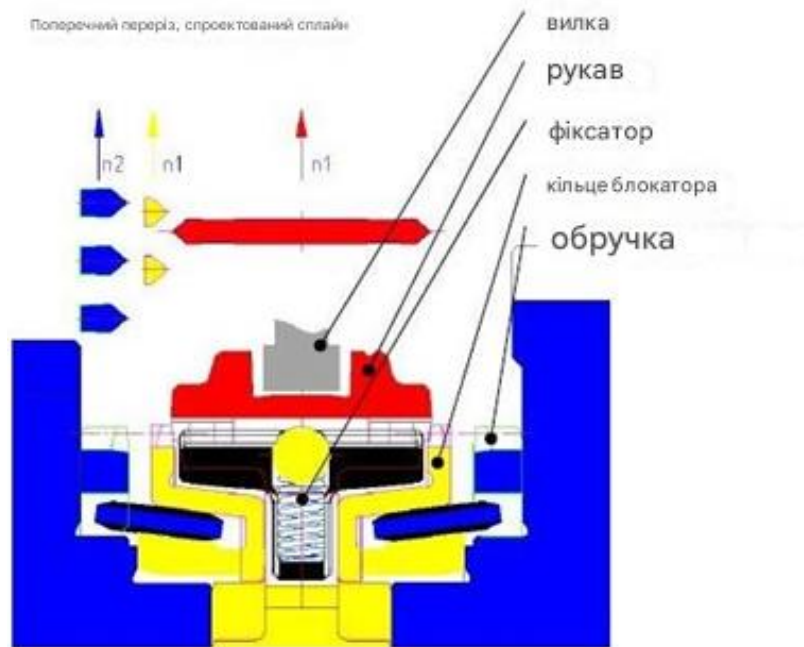


Рис. 4.5. Положення "нейтраль".

Ініціація синхронізації Ініціаційний етап синхронізації розпочинається з активізації вилкою, яка переміщає муфту по осі до моменту контакту її фіксаторів з фрикційним кільцем. Цей контакт генерує фрикційний момент у синхронізаторі, який в свою чергу правильно позиціонує блокувальне кільце для подальшого включення передачі.

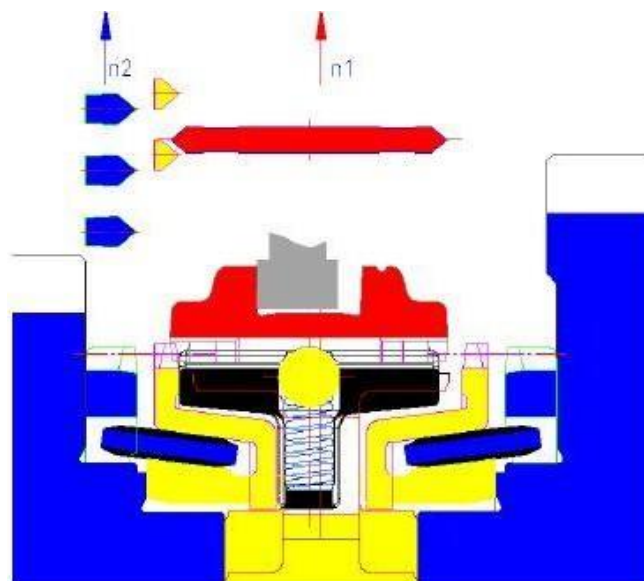


Рис. 4.6. Положення до синхронізації.

Коли сила зростає, муфта зсувається в бік зубців блокувального кільця, що спричиняє її контакт із блокувальними зубами. Це контактування призводить до уменшення різниці в швидкостях, що дозволяє швидкостям n_1 і n_2 стати однаковими.

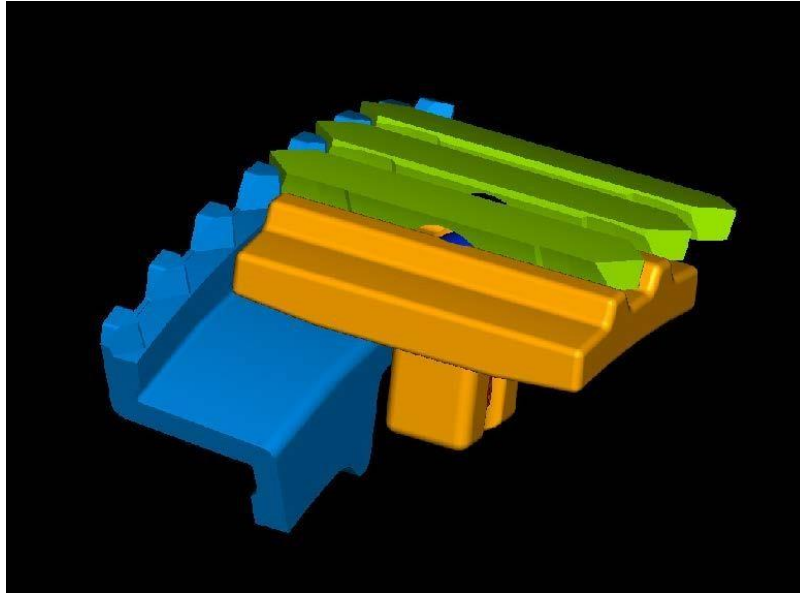


Рис. 4.7. Положення блокування.

Коли відмінності у швидкостях зникають, муфта може здійснити переміщення вперед по шліцях блокувального кільця.

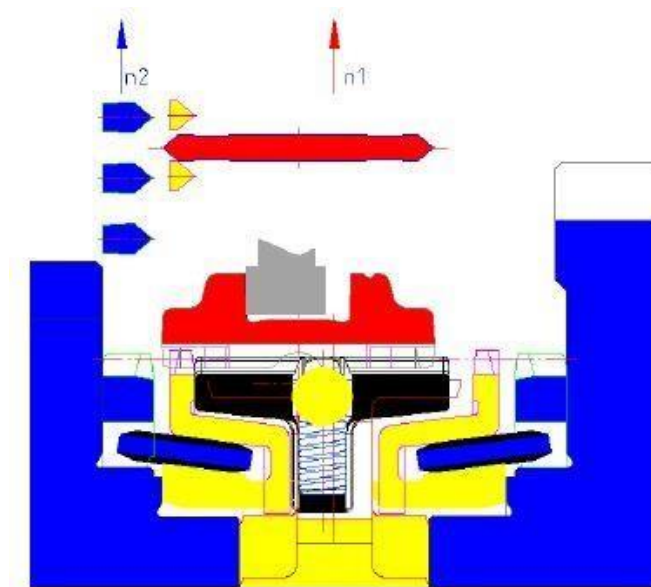


Рис. 4.8. Позиція розблокування.

Муфта здійснює подальший рух до шліців кільця зчеплення, що може призвести до виникнення нових різниць у швидкостях. [13]

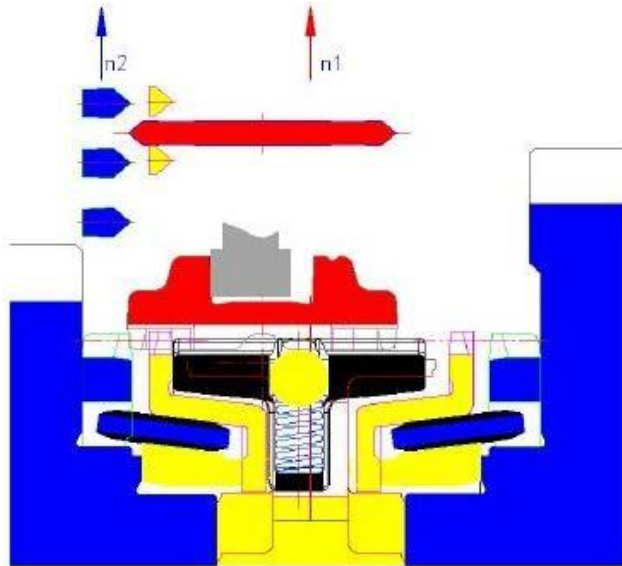


Рис. 4.9. Положення вільного пересування.

На цьому етапі муфта вступає в зчеплення з кільцем, де різниця швидкостей може викликати небажані струси.

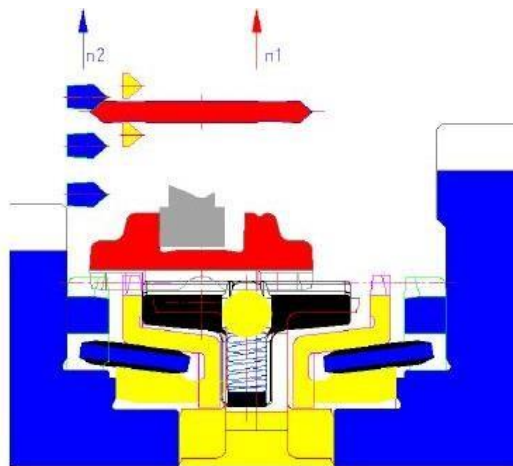


Рис. 4.10. Позиція перемикання передач.

Коли муфта повністю заходить у кільце зчеплення, це означає завершення процесу перемикання передач.

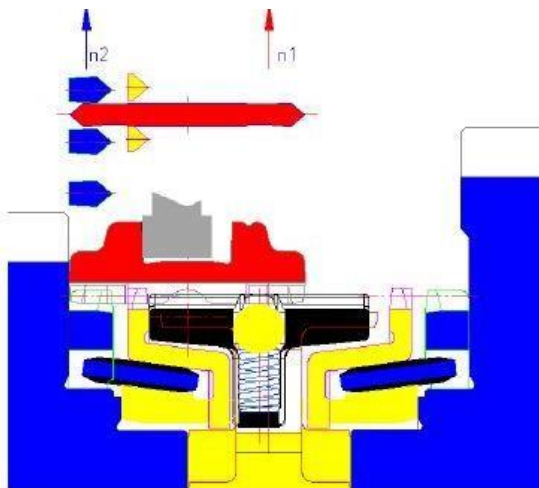


Рис. 4.11. Завершене положення перемикання.

Диференціал швидкостей $\Delta\omega$ між обертанням шестерні, яка має бути активована, та швидкістю обертання валу, на якому вона розташована, є вирішальним у проектуванні та добірї розмірів синхронізатора, а також у визначенні його точного положення. Синхронізатор може бути встановлений як на первинному, так і на вторинному валу. На початковому етапі можна констатувати, що зі збільшенням різниці в обертовій швидкості $\Delta\omega$ зростають фрикційні втрати в синхронізаторі, а час зчеплення tr схильний до збільшення. Отже, з підвищенням різниці обертових швидкостей $\Delta\omega$, ефективність муфти знижується. Оскільки шестерня, на якій монтований синхронізатор, не є інтегрованою з валом, синхронізатор повинен адаптувати швидкості обертання ω валу. Для консервативного підходу до розмірування синхронізатора потрібно визначити максимальну диференціацію обертової швидкості $\Delta\omega_{max}$, з якою синхронізатор мусить справлятися під час фази перемикування. З огляду на ці вимоги, важливо врахувати час активації шестерні та визначити різницю обертових швидкостей $\Delta\omega$, яка виникає в таких умовах експлуатації: при зміні передач вгору і вниз, з синхронізатором, розташованим на первинному або вторинному валу. [8]

4.3 Визначення різниці у швидкості обертання $\Delta\omega$ під час перемикування з першої на другу передачу

Розташування синхронізатора на первинному валу Перед тим як проводити зміну передач, активована є перша передача, отже це можна описати наступним чином:

$$\tau_1 = \frac{\omega_{1,input}}{\omega_{1,output}} \quad (4.1)$$

Прийнято вважати, що швидкість обертання шестерні на первинному валу першої передачі ω_1 , вхідна, відповідає швидкості обертання двигуна. Відповідно, визначається швидкість обертання шестерні, розміщеної на вторинному валу першої передачі ω_1 , вихідна. Оскільки синхронізатор монтується на первинному валу, швидкість обертання шестерні на вторинному

валу другої передачі ω_2 , вихідна, співпадає зі швидкістю обертання шестерні на вторинному валу першої передачі ω_1 , вихідна:

$$\omega_{1,output} = \omega_{2,output} = \frac{\omega_{engine}}{\tau_1} \quad (4.2)$$

Отже, швидкість обертання шестерні на первинному валу другої передачі ω_2 , вхідна, визначається наступним чином:

$$\omega_{2,input} = \tau_2 \omega_{2,output} = \frac{\tau_2}{\tau_1} \omega_{engine} \quad (4.3)$$

Обертова швидкість цієї шестерні на первинному валу для другої передачі ω_2 , вхідна, відрізняється від швидкості обертання самого первинного валу ω_{shaft} , вхідна, тому що шестерня не є нерозривно з'єднаною з валом. Розбіжність у швидкостях обертання, яку необхідно нівелювати синхронізатором, розміщеним на первинному валу, у процесі зчеплення при переході з першої на другу передачу:

$$\Delta \omega_{synchronizer} = |\omega_{shaft,input} - \omega_{2,input}| = \left| \omega_{engine} - \frac{\tau_2}{\tau_1} \omega_{engine} \right| = \left| \omega_{engine} \left(1 - \frac{\tau_2}{\tau_1} \right) \right| \quad (4.4)$$

Розташування синхронізатора на другому валі. Перед переключенням передач зараз активовано першу передачу, що дозволяє нам зазначити наступне:

$$\tau_1 = \frac{\omega_{1,input}}{\omega_{1,output}} = \frac{\omega_{engine}}{\omega_{1,output}} \quad (4.5)$$

приймається, що швидкість обертання шестерні на первинному валі першої передачі ω_1 , вхідна, є рівною швидкості обертання двигуна ω_{engine} . Відповідно, можна визначити швидкість обертання шестерні, яка знаходиться на вторинному валі першої передачі ω_1 , вихідна:

$$\omega_{2,input} = \omega_{1,input} = \omega_{engine} \quad (4.6)$$

Отже, швидкість обертання шестерні, розташованої на вторинному валу другої передачі ω_2 , вихідна, становитиме:

$$\omega_{2,output} = \frac{\omega_{1,input}}{\tau_2} = \frac{\omega_{engine}}{\tau_2} \quad (4.7)$$

Далі, формула для обчислення різниці між обертовими швидкостями буде наступною:

$$\omega_{shaft,output} = \omega_{1,output} = \frac{\omega_{engine}}{\tau_1} \quad (4.8)$$

$$\Delta\omega_{synchronizer} = \left| \omega_{shaft,output} - \omega_{2,output} \right| = \left| \frac{\omega_{engine}}{\tau_1} - \frac{\omega_{engine}}{\tau_2} \right| = \left| \omega_{engine} \left(\frac{1}{\tau_2} - \frac{1}{\tau_1} \right) \right| \quad (4.9)$$

Ці обчислення застосовні при переході з першої на другу передачу; у випадку зниження передач можливе використання аналогічного підходу, що також інтегрується у програмний код, при цьому в кінцевому підсумку береться максимальне значення з обох сценаріїв - при перемиканні вгору та вниз. [19]

У механізмі синхромеш всі шестерні обертаються, отже, необхідно подолати інерцію кожної з них для вибору потрібної передачі. Синхронізатор може бути розташований як на первинному, так і на вторинному валу. Залежно від місця розташування синхронізатора змінюється еквівалентна інерція елементів трансмісії, що потребують синхронізації. Під час синхронізації важливо пам'ятати, що синхронізатор вирівнює швидкості обертання ω шестерні та вала до тих пір, поки різниця в швидкостях обертання $\Delta\omega$ не зведеться до нуля на завершенні фази включення бажаної передачі. Також слід врахувати, що еквівалентна інерція елементів трансмісії, які мають бути синхронізовані, суттєво впливає на продуктивність зчеплення синхронізатора: збільшення інерції збільшує час зчеплення t_r та погіршує ефективність роботи синхронізатора. Ефективною практикою для визначення оптимального розташування синхронізатора є його монтаж на валу, де мінімізується максимальна різниця швидкостей, яку синхронізатор повинен ліквідувати. Однак, для цього потрібно, аби шестерні та вал, на яких встановлюється синхронізатор, не були єдиним цілим, а монтувалися на підшипниках, що забезпечує можливість синхронізації та коректне зчеплення вибраної передачі. [9]

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація робочого місця в зоні ТО і ПР

Робоче місце – одиниця структури підприємства, де розміщені виконавці роботи, технологічне обладнання, частина конвеєра, оснащення і предмети праці. Це первинна і основна ланка виробництва. Правильна організація робочого місця передбачає чітке визначення обсягу і характеру виконуваних на ньому робіт, необхідне оснащення, раціональне планування, систематичне обслуговування, сприятливі та безпечні умови праці.

На кожне робоче місце складається паспорт, в якому зазначаються: зміст виконуваної роботи, річне завдання в людино-годинах, режим та умови роботи, планування, оснащення та порядок обслуговування робочого місця, порядок розміщення на ньому оброблюваних виробів.

Оснащення робочого місця здійснюється по затвердженій технічній документації на виконання робіт. Воно включає організаційну і технологічну оснастку.

Технологічне оснащення включає устаткування і оснащення, вимірювальний, ріжучий, монтажний й допоміжний інструмент, а також технічну документацію. Засоби технологічного оснащення на робочому місці повинні розміщуватися в певному, зручному для роботи порядку з тим, щоб виключити втрати часу на пошуки і перекладання з місця на місце.

Вимоги техніки безпеки, при обслуговуванні та ремонті автомобілів, заключаються головним чином у правильній організації робочого місця, оснащенні його необхідними пристосуваннями і інструментами, що забезпечують безпечну роботу.

Потрібно користуватися тільки справними інструментами і пристосуваннями, використовувати їх тільки за призначенням.

Забороняється класти інструменти на устаткування і на огороження.

По закінченні роботи необхідно ретельно прибрати робоче місце, скласти інструмент, пристосування і деталі на відповідні місця.

Обладнання в ремонтній зоні розміщене згідно технологічного процесу. Переміщення деталей здійснюється вручну або транспортними візками, якщо вага деталей велика.

Стіни приміщення – цегляні, поштукатурені та пофарбовані в білий колір вогнестійкою фарбою.

Усі транспортні роботи, які найбільш важкі – механізовані.

Передбачено заземлення усіх каркасів електрообладнання, а також виключена можливість одночасного дотику до незаземлених частин обладнання. На всіх стендах передбачена захисна огорожа частин, що обертаються.

На робочих місцях передбачені міцні дерев'яні решітки. Споруда має блискавковідвід. На значній частині обладнання передбачений релейний захист.

Санітарно-гігієнічні умови. У проекті передбачені заходи, скеровані на покращення виробничої санітарії і гігієни праці. У цеху передбачено центральне водяне опалення для забезпечення необхідної температури повітря у приміщенні в холодну пору року.

У виробничому приміщенні є комбінована система повітряного обміну. Місцева вентиляція передбачена у місцях виділення пилу та газів. Для усіх робочих передбачаються спецодяг та індивідуальні засоби захисту.

Пожежна безпека споруди забезпечується підбором і компоновкою вогнестійких будівельних конструкцій. В зоні є центральна водяна система опалення і примусово-витяжна вентиляція, що відповідає вимогам пожежної профілактики. Теплоносієм є вода з температурою до 120°C. У витяжних вентиляційних пристроях передбачені елементи, які не допускають утворення іскор. На усіх електроустановках передбачені автоматичні вимикачі, які спрацьовують у випадку короткого замикання.

На дільницях є спеціальні місця, на яких розміщуються аптечки з медикаментами. Об'єм і площа на одного працюючого відповідає санітарним нормам.

В зоні ТО і ПР передбачені щити для заочної агітації. Для створення максимальних зручностей у роботі матеріали, інструменти і приспособлення передбачені у найбільш доступних для працюючих місцях.

На підприємстві, згідно системи стандартів безпеки праці приділяється багато уваги захисту довкілля, що пов'язано з охороною праці. Більший розвиток отримали автоматизація і механізація виробничих процесів, і в першу чергу тих, які пов'язані з шкідливими умовами для праці людини.

Для захисту органів дихання служать фільтруючі засоби, які очищують повітря, яке вдихається людьми від часток пилу і які ізолюють органи дихання від навколишнього повітря промислового середовища.

Велике значення по попередженню отруєнь має регулярний контроль стану повітряного середовища, який повинні проводити санітарні лікарі.

Для очищення повітря від шкідливих твердих і газових речовин використовується різне обладнання: ротаційні прилади, різні фільтри, камерні пиловловлювачі та інші.

Норми допустимих концентрацій отруйних речовин, що використовуються в виробництві, або які є продуктом технологічних процесів, числяться в санітарних нормах ДСП 176-96 “Санітарні норми проектування промислових приміщень” і ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

Розрахунок освітлення зони ТО і ПР проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку за формулою 5.1 [5]:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}, \quad (5.1)$$

де: F – світловий потік, необхідний для забезпечення нормативної освітленості, лм;

E – нормативна освітленість, $E = 300$ лк;

K - коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку $K = 1,5$);

S – площа освітлюваного приміщення, m^2 – 108;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,1$;

η – коефіцієнт використання освітлювальної установки, залежить від висоти підвісу світильника, розміру освітлюваного приміщення, коефіцієнтів

відбиття стін і стелі. Для визначення η знаходять індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{H \cdot (a + b)}, \quad (5.2)$$

де: a – ширина приміщення, $a = 12$ м;

b – довжина приміщення, $b = 9$ м;

H – висота підвісу світильника, $H = 6,0$ м.

$$i = \frac{12 \cdot 9}{6 \cdot (12 + 9)} = 0,9.$$

Визначивши індекс приміщення i вибираємо з таблиць значення η [5] в залежності від коефіцієнтів відбиття стелі і стін. Результати зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення коефіцієнта використання в залежності від коефіцієнтів відбиття

$\rho_{\text{стін}}, \%$	$\rho_{\text{стелі}}, \%$	$i, \%$	$\eta, \%$
50	60	0,9	0,35

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 108 \cdot 1,1}{0,35} = 83315 \text{ лм.}$$

Для максимальної ефективності використання електроенергії в зоні ТО і ПР – джерелом світла вибираю світильники із світлодіодними лампами Led Fit 40W з потужністю 40 Вт та світловим потоком $F_{\text{л}} = 5700$ лм).

Потрібна кількість світильників N визначається за формулою 5.3:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}; \quad (5.3)$$

$$N = \frac{83315}{5700} = 7,3.$$

Виходячи з результатів розрахунку для зони ТО і ПР передбачається використання 8-ми світильників.

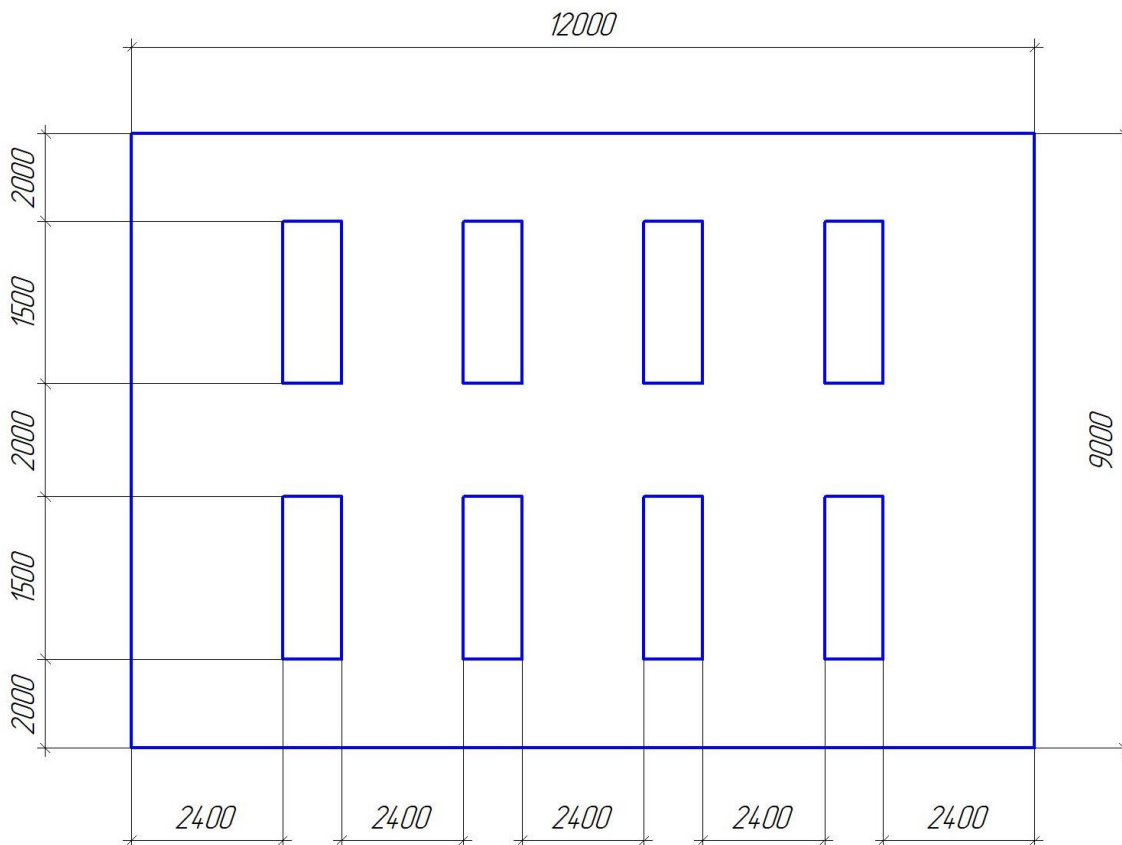


Рисунок 5.1 – Схема розташування світильників в приміщенні

5.2 Організація і проведення евакуаційних заходів

Залежно від обстановки, яка склалася на час надзвичайної ситуації, може бути проведено *загальну* або *часткову* евакуацію населення тимчасового або безповоротного характеру.

Загальна евакуація проводиться в окремих регіонах за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення і планується на випадок:

- 1) небезпечного радіоактивного забруднення навколо АЕС (якщо виникає безпосередня загроза життю та заподіяння шкоди здоров'ю населення, яке проживає в зоні забруднення);
- 2) загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням хвилі прориву;
- 3) загрози або виникнення збройного конфлікту в районах 50-ти кілометрової прикордонної смуги.

Часткова (завчасна) евакуація здійснюється, як правило, в умовах переведення, за рішенням Кабінету Міністрів України, системи захисту

населення і територій на воєнний стан до початку застосування агресором сучасних засобів ураження, а в мирний час – у разі загрози або виникнення стихійного лиха, аварії, катастрофи.

Під час проведення часткової евакуації завчасно вивозиться незайняте у виробництві і сфері обслуговування населення (студенти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків, пенсіонери та інваліди, які утримуються у будинках для осіб похилого віку, разом з викладачами та вихователями, обслуговуючим персоналом і членами їхніх сімей). [24]

У мирний час евакуація населення планується на випадок:

1. загальної аварії на АЕС;
2. усіх видів аварій з викидом сильнодіючої отруйної речовини (СДОР);
3. загрози катастрофічного затоплення місцевості;
4. великих лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геофізичних і гідрометеорологічних явищ з тяжкими наслідками, що загрожують населеним пунктам.

Здійснення організованої евакуації, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей своєчасно забезпечується шляхом:

планування евакуації населення;

визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;

підготовки уповноважених органів управління з питань незвичайних ситуацій (НС) та цивільного захисту населення (ЦЗН) до виконання евакуаційних заходів;

організації оповіщення керівного складу і населення про початок евакуації;

організації управління евакуацією;

всебічного життєзабезпечення евакуйованого населення у районах заміської зони;

навчанням населення діям під час проведення евакуації.

Метою планування і здійснення евакуаційних заходів є:

1. зменшення ймовірних втрат населення;

2. забезпечення стійкого функціонування об'єктів економіки;
3. організація і створення сил і засобів в заміській зоні з метою проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках НС.

Евакуаційні заходи здійснюються за рішенням місцевих органів виконавчої влади, виконавчих органів рад, уповноважених органів з питань НС та ЦЗН відповідного рівня.

У мирний час вивезення основної частини населення з міст і небезпечних районів усіма видами наявного транспорту, а у воєнний час - транспортом, який не передається до складу Збройних Сил України, у поєднанні з виведенням найбільш витривалої частини населення пішим порядком.

Розосередження - це організоване вивезення (виведення) із міст та інших населених пунктів і розміщення в заміській зоні вільної від роботи зміни працівників об'єктів, які продовжують роботу в умовах НС. Розосереджені працівники, після вивезення їх у заміську зону, позмінно приїжджають для роботи на свій об'єкт, після чого знову повертаються в заміську зону.

На відміну від розосереджених, евакуйовані постійно проживають у заміській зоні до особливого розпорядження.

В обстановці загрози населенню особливого значення набувають строки евакуації людей за межі небезпечних зон.

Розосередження і евакуація працюючого населення і членів їх сімей проводиться за виробничим принципом, тобто через об'єкти народного господарства. Евакуація населення, не пов'язаного з виробництвом, проводиться за територіальним принципом — за місцем проживання, через домоуправління і житлово-експлуатаційні органи. Діти евакуюються разом з батьками, але можливе вивезення їх зі школами і дитячими садками.

Проведенням евакуаційних заходів займаються начальники і штаби ЦО об'єктів, керівники домоуправлінь і житлово-експлуатаційних органів, а також міські і районні евакуаційні комісії.

Основним документом, який визначає обсяг, зміст, строки проведення розосередження і евакуації населення є план ЦО з розділом про захист населення. На основі плану розосередження і евакуації для допомоги штабам

ЦО у містах, районах і на об'єктах створюються евакуаційні комісії, а у сільській місцевості – евакоприймальні комісії.

Рішенням начальника ЦО об'єкта створюється об'єктова евакуаційна комісія. До її складу входять представники профспілок, відділу кадрів, штабу ЦО, начальники цехів та інших виробничих підрозділів. Очолює комісію один із заступників керівника об'єкта.

Обов'язками евакуаційної комісії є облік працюючих і членів їх сімей, які підлягають розосередженню й евакуації, визначення складу піших колон і уточнення маршрутів їх руху, вирішення питань транспортного забезпечення, підготовка проміжних пунктів евакуації, районів розосередження і евакуації, пунктів посадки і висадки, організація зв'язку і взаємодії з районною евакуаційною комісією і збірним евакуаційним пунктом, встановленням зв'язку з евакоприймальною комісією і приймальним евакопунктом сільської місцевості та вирішення разом з ними питань розміщення, працевлаштування, матеріального забезпечення, медичного і побутового обслуговування розосередженого і евакуйованого населення.

Міські евакуаційні комісії створюють збірні евакуаційні пункти (ЗЕП). Кожному ЗЕП присвоюється державний реєстраційний номер. Розміщуються ЗЕП у громадських будівлях.

Розосередження і евакуація проводяться за особливим розпорядженням управління з питань НС та ЦЗН відповідного рівня (області, міста, районів міста). Про початок евакуації населення повідомляють на підприємствах, в установах, навчальних закладах, а також через радіотрансляційну мережу і місцеве телебачення.

Дізнавшись про початок евакуації, люди повинні негайно підготуватися до неї: скласти необхідні речі, засоби індивідуального захисту, медикаменти, продукти, документи і гроші. У будинку (квартирі) зняти фіранки з вікон, прибрати предмети і речовини, які легко спалахують.

Під час евакуації брати із собою потрібно лише необхідні речі (одяг, взуття, білизну). В комплекті одягу бажано мати плащ і спортивний костюм, взуття гумове або на гумовій основі. Обов'язково потрібно взяти теплі речі, навіть якщо евакуація проводиться влітку.

Продукти харчування (на 2-3 доби) треба брати ті, які зручно зберігати і які не потребують тривалого приготування (консерви, концентрати, сухарі і т. ін.). Воду доцільно налити у фляжку.

Обов'язково необхідно взяти документи: паспорт, військовий квиток, трудову книжку або пенсійне посвідчення, диплом (атестат про закінчення навчального закладу), свідоцтва про одруження і народження дітей.

Всі речі і продукти повинні бути упаковані в рюкзаки, мішки, сумки, валізи або зав'язані у вузли. При евакуації пішки їх доцільно складати в рюкзаки і речові мішки, зручні для перенесення. При розрахунку кількості речей і продуктів потрібно враховувати, що людині самій доведеться їх нести (при евакуації транспортом загальна маса на одну дорослу людину не повинна перевищувати 50 кг). До кожної валізи обов'язково кріпиться бірка із зазначенням на ній прізвища, ім'я і по батькові, адреси постійного проживання і кінцевого пункту евакуації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Загально-технічний розділ складається з аналізу класифікаційних особливостей трансмісійних систем, що дає змогу глибше зрозуміти предмет дослідження, а також з висновків, які визначають завдання для подальшої роботи. Це закладає міцний фундамент для всього дослідження.

Технологічний розділ включає розробку технологічної схеми зборки, перелік складальних операцій, маршрутну технологію, розрахунок штатних робітників та підбір обладнання. Цей розділ відображає практичний аспект застосування теоретичних знань, що вказує на високий рівень професіоналізму автора в розробці та оптимізації виробничих процесів.

Конструкторський розділ демонструє розробку і розрахунки конструкції стенда для ремонту КПП, що підкреслює здатність автора інтегрувати технічні та інженерні навички для створення ефективних технічних рішень.

Науково-дослідний розділ зосереджений на аналізі елементів синхронізаційного механізму та визначенні різниці у швидкості обертання під час перемикання передач, що свідчить про вміння автора проводити детальні наукові дослідження та аналітику.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях включає організацію робочого місця та проведення евакуаційних заходів, що важливо для забезпечення безпеки на виробництві. Цей розділ показує знання автора з норм та стандартів безпеки, що є невід'ємною частиною інженерної діяльності.

Кваліфікаційна робота магістра є всебічним дослідженням, яке охоплює важливі аспекти розробки, дослідження та застосування трансмісійних систем в автомобільній галузі. Робота відображає глибоке розуміння тематики, практичний підхід до вирішення інженерних завдань та компетентність у забезпеченні безпеки робочих процесів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт галузі знань 27 Транспорт. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
4. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
5. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
6. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.
7. Курніков І. П. Технологічне проектування підприємств автомобільного транспорту : навчальний посібник / І. П. Курніков, М. К. Корольов, В. М. Токаренко. – К. : Вища школа, 1993. – 191 с.
8. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. -. 8-те вид. - К.: Либідь, 2018. - 400 с.
9. Кисликов В.Ф. Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.
10. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.
11. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M.

Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258. (Scopus).

12. Sakhno, V.P., Yashchenko, D.M., Marchuk, R.M., Marchuk, N.M., Lyashuk, O.L.. Research of a truck train movement when driving semi-trailer by slow downing wheels of one axis pin on the mode. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering Open Access Volume 17, Issue 1, 1 January 2020, Pages 7749-7757 <https://www.scopus>.

13. Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. Lyashuk O., Stashkiv M., Lytvynenko Iaroslav, Sakhno V., Khoroshun R. CEUR Workshop Proceedings. 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2023. Ternopil 22 November 2023 до 24 November 2023. 3628, с. 370-381. <https://www.scopus>.

14. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

15. 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.

16. Comprehensive Assessment Of Technical Condition Of Vehicles During Operation Based On Harrington's Desirability Function. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hryniv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology Center. Ukraine. Том 1. Випуск 3(127), 2024. с. 37-46.

17. Rogatynskyi, R., Lyashuk, O., Nevko I., Horoshyn, R., & Shevchuk, V. (2023). Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 28, 115-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.11>

18. Ляшук О. Л., Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Хорошун Р. В., Кашканова Г. Г., Антонюк О. П. Модель проходження повороту автомобілем . Вісник машинобудування та транспорту, ВНТУ.- No2(18) 2023.- С. 91-97.

19. Синтез підвіски автотранспортних засобів/ І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, А.Й. Матвіїшин, Р.В. Хорошун/ Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. -№ 8(39)_I, 2023.-С. 153-164.

20. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). С 93-103.

21. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>. (Scopus).

22. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.

23. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Міронов, Л.М. Слободян, Р.М. Рогатинський Оптимальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин Збірник наукових праць. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск № 8(39)_II. - Кропивницький. - 2023. - С. 175-189.

24. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.