

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проектування технічного обслуговування та відновлення ступиці

автомобіля Skoda Octavia з дослідженням паливної економічності автомобіля

Виконав: студент

6 курсу, групи МАм-62

спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	Михайло МИХАЙЛЕЦЬКИЙ (підпис) (ім'я та прізвище)
Керівник	Іван ГЕВКО (підпис) (ім'я та прізвище)
Нормоконтроль	Михайло ЛЕВКОВИЧ (підпис) (ім'я та прізвище)
Зав. кафедри	Олег ЦЬОНЬ (підпис) (ім'я та прізвище)
Рецензент	(підпис) (ім'я та прізвище)

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

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

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

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

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

1. Тема роботи Проектування технічного обслуговування та відновлення ступиці автомобіля Skoda Octavia з дослідженням паливної економічності автомобіля

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-972

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи Базовий ТП відновлення ступиці автомобіля Skoda Octavia

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)

Задня підвіска – 1А1.

Пристосування для розбирання валів – 1А1.

Види наплавлення – 1А1.

Систематизація видів відновлення – 1А1.

Карта дефектації – 1А1.

Установка високошвидкісної наплавки

Операційні ескізи – 1А1.

Результати наукових досліджень – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 14.11.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	18.11.25	
2	Технологічний розділ	25.11.25	
3	Конструкторський розділ	02.12.25	
4	Науково-дослідний розділ	09.12.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.12.25	
6	Оформлення графічної частини	16.12.25	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра		

Студент

(підпис)

Михайло МИХАЙЛЕЦЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Іван ГЕВКО

(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проектування технічного обслуговування та відновлення ступиці автомобіля Skoda Octavia з дослідженням паливної економічності автомобіля».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н. професор Гевко Іван Богданович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 63 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: ресурс деталі, паливна економічність, опір коченню, ефективність, надійність.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Аналітичний огляд конструкції підвіски.....	7
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
2.1 Розрахунок технологічного процесу ремонту передньої підвіски.....	11
2.2 Розрахунок технологічного процесу ремонту задньої підвіски.....	17
2.3 Вибір обладнання та засобів технологічного оснащення.....	33
2.4 Технічне обслуговування ступиці автомобіля Skoda Octavia.....	35
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1 Визначення параметрів трансмісії автомобіля.....	38
3.2 Розрахунок ряду передавальних чисел коробки передач.....	42
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	45
4.1 Дослідження паливної економічності автомобіля.....	45
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
5.1 Організація освітлення робочих місць у транспортній галузі.....	54
5.2 Укриття населення в захисних інженерних спорудах.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62
ДОДАТКИ	

ВСТУП

В умовах зростання вимог до енергозбереження, безпеки дорожнього руху та зниження експлуатаційних витрат особливої актуальності набуває удосконалення технологій технічного обслуговування та відновлення деталей ходової частини транспортних засобів. Одним із таких критичних елементів є ступиця колеса, від технічної справності якої залежить плавність руху, точність керування транспортним засобом і загальна безпека руху.

Автомобілі родини Skoda Octavia широко застосовуються в Україні та у світі завдяки високим показникам надійності й економічності. Разом з тим, у процесі тривалої експлуатації вузли підшипникових опор ступиці піддаються значним змінним навантаженням, динамічним ударам та впливу агресивних зовнішніх факторів, що зумовлює прискорене зношування їх поверхонь, підвищення опору коченню коліс та, як наслідок, збільшення витрати пального.

Забезпечення своєчасного діагностування технічного стану ступиці та впровадження ефективних технологій її ремонту дозволяє істотно подовжити ресурс експлуатації як окремих деталей, так і автомобіля в цілому. Це сприяє зменшенню витрат на оновлення автопарку, оптимізації виробничо-технічної бази сервісних підприємств, а також підвищенню паливної економічності та екологічних показників транспортних засобів.

У даній кваліфікаційній роботі розглядаються питання аналізу конструкції ступиці автомобіля Skoda Octavia, дослідження типових дефектів і закономірностей їх утворення, розроблення технологічного процесу технічного обслуговування та відновлення зношених поверхонь. Окрему увагу приділено дослідженню взаємозв'язку між технічним станом вузла та паливною економічністю автомобіля, що дозволяє обґрунтувати доцільність відновлення деталей із позицій енергозбереження.

Виконання роботи має практичне значення, оскільки спрямоване на підвищення безпеки руху, зниження експлуатаційних витрат і підвищення ефективності технічного обслуговування автомобілів, що відповідає сучасним тенденціям у сфері автомобільного транспорту.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналітичний огляд конструкції підвіски

У конструкції задньої підвіски автомобіля-прототипа застосовано напівзалежну систему з торсійною балкою. Такий тип підвіски тривалий час залишався одним із найбільш поширених у компактному та середньорозмірному сегментах легкових автомобілів завдяки вдалому поєднанню конструктивної простоти, низької собівартості виготовлення, компактності компонування та достатнього рівня кінематичної ефективності.

Основним несучим елементом виступає торсійна балка профілю у вигляді перевернутої літери «U», що поєднує два поздовжні важелі. За рахунок власної крутильної жорсткості вона виконує роль стабілізатора поперечної стійкості, обмежуючи кутові перекоси кузова при маневруванні. Поздовжні важелі через еластичні шарніри (сайлентблоки) приєднані до кузова, забезпечуючи гасіння високочастотних коливань та зменшення передачі ударних навантажень на несучу структуру автомобіля.

Ступиці задніх коліс кріпляться безпосередньо до важелів, що дає можливість забезпечити точне направлення коліс у площині руху. Пружні елементи – спіральні циліндричні пружини – встановлені окремо від амортизаторів, що характерно для даної кінематичної схеми та дозволяє оптимізувати розміщення елементів у підпідлоговому просторі. Демпфування здійснюється телескопічними гідравлічними амортизаторами, також змонтованими окремо від пружин, що сприяє підвищенню плавності ходу та стабільності транспортного засобу.

Передня підвіска автомобіля-прототипа реалізована за схемою незалежної підвіски типу MacPherson, яка на сьогодні є однією з базових у легковому автотранспорті завдяки високій конструктивній раціональності, компактності та здатності забезпечувати оптимальний компроміс між плавністю ходу й динамічною стійкістю автомобіля.

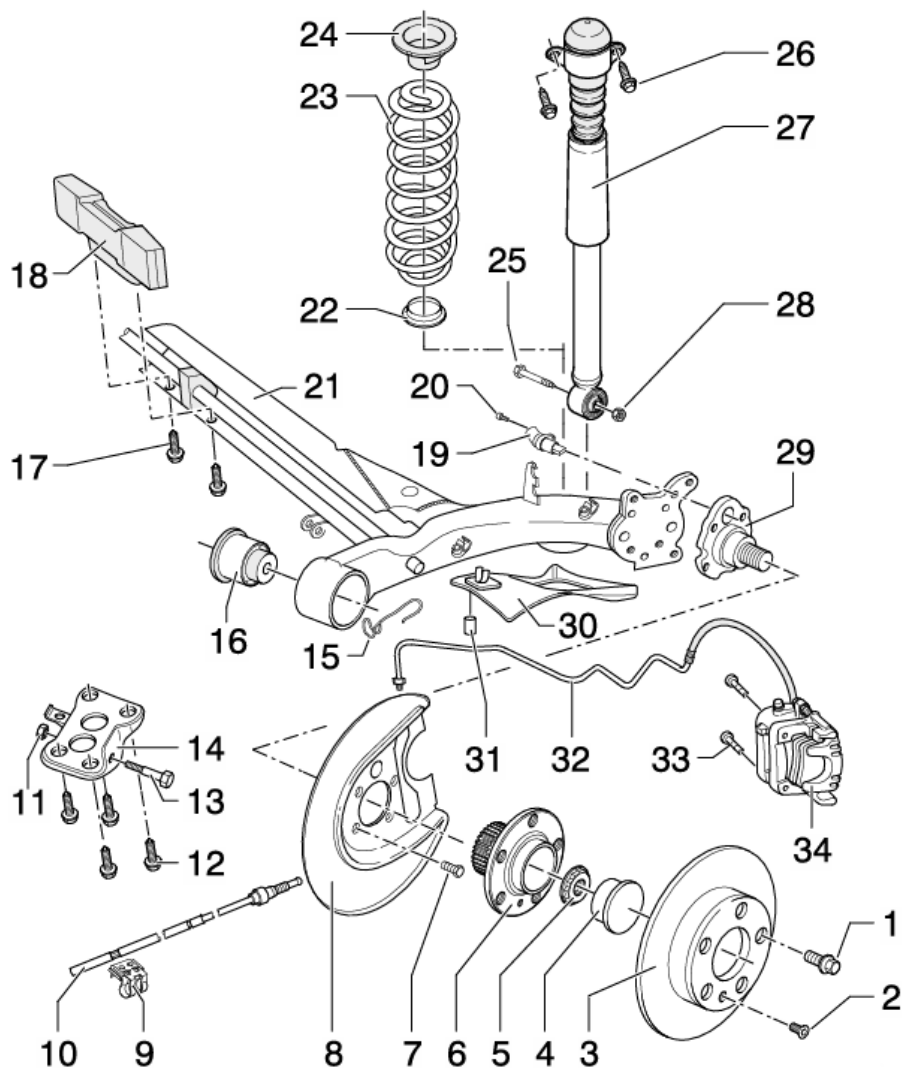


Рис. 1.1. Задня підвіска:

6 – ступиця; 14 – опорний кронштейн; 16 – сайлентблок; 21 – торсіона балка з повздовжніми важелями; 23 – пружина; 27 – амортизатор; 29 – цапфа осі.

Основним елементом є амортизаційна стійка, у якій у спільному вузлі об'єднано телескопічний гідравлічний амортизатор і спіральну циліндричну пружину. Верхня частина стійки фіксується на опорі кузова через еластичний опорний підшипник, що дозволяє стійці здійснювати поворот разом із колесом. Нижня частина приєднується до поворотного кулака, який, у свою чергу, забезпечує можливість зміни напрямку руху автомобіля.

Для просторової фіксації положення колеса використовуються нижні поперечні важелі трикутної форми, що кріпляться до підрамника й дозволяють контролювати кінематику переміщення колеса під час навантаження. Доповненням системи виступає стабілізатор поперечної стійкості, який жорстко зв'язує обидва важелі та забезпечує підвищення стійкості автомобіля в маневрах і зменшення кренів кузова на поворотах.

Таким чином, підвіска типу MacPherson характеризується високою експлуатаційною ефективністю, забезпечуючи необхідний рівень курсової стійкості, точності керування та комфорту під час руху як рівними дорогами, так і на нерівностях дорожнього покриття.

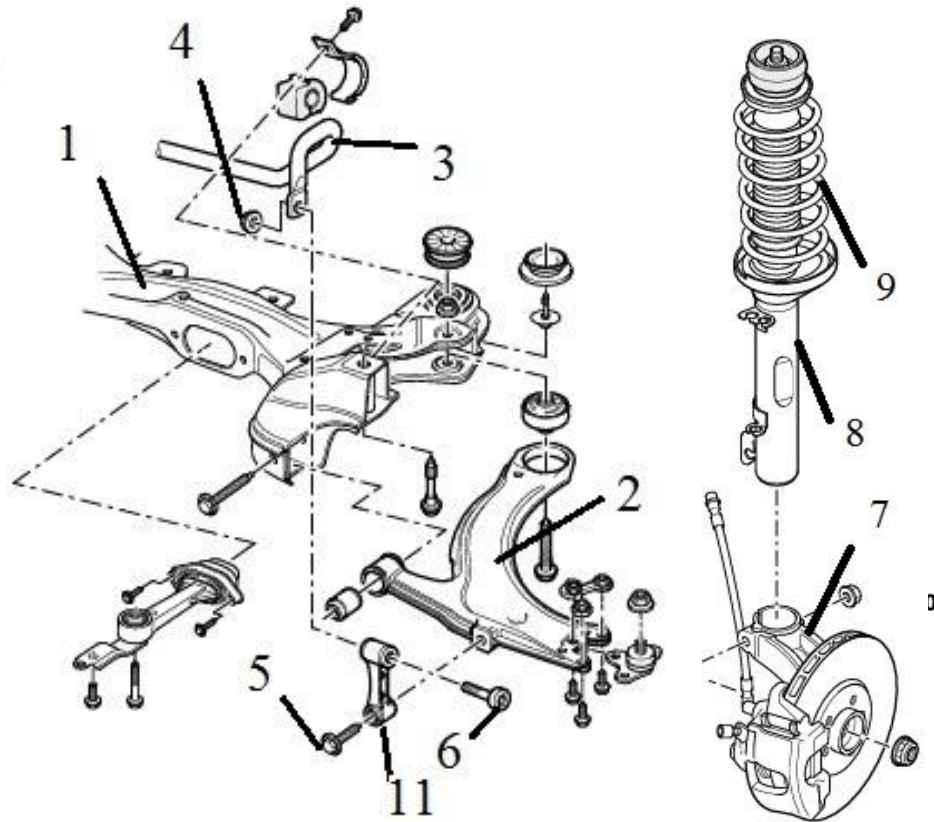


Рис. 1.2. Передня підвіска:

1 – підрамник; 2 – нижній важіль; 3 – стабілізатор поперечної стійкості; 4 – гайка кріплення стійки стабілізатора; 5,6 – болти кріплення стійки стабілізатора; 7 – поворотний кулак; 8 – амортизатор; 9 – пружина; 10 – колісні болти; 11 – стійка стабілізатора.

1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Метою роботи є комплексне опрацювання технологічних, конструкторських, експлуатаційних та безпекових аспектів технічного обслуговування та ремонту автомобіля з урахуванням сучасних вимог до ефективності, надійності та безпеки. Для виконання роботи студент повинен здійснити поглиблений аналіз конструкційних елементів транспортного засобу,

розробити технологічні процеси ремонту, виконати необхідні розрахунки параметрів агрегатів, а також опрацювати питання охорони праці та цивільного захисту.

У технологічному розділі необхідно. Розробити та обґрунтувати технологічний процес ремонту передньої підвіски автомобіля. Визначити послідовність операцій, режими технічного впливу, методи дефектації та встановити раціональні способи відновлення пошкоджених елементів. Провести аналогічний розрахунок технологічного процесу ремонту задньої підвіски. Описати конструктивні особливості компонентів, характер типових несправностей та заходи з відтворення працездатності вузла. Обґрунтувати вибір обладнання, інструментів і засобів технологічного оснащення, необхідних для виконання ремонтних операцій. Вказати технічні характеристики, можливості та область застосування кожного елемента оснащення. Розробити технологію технічного обслуговування маточини колеса автомобіля Skoda Octavia, враховуючи вимоги щодо діагностики, змащення, регулювання та контролю геометричних параметрів.

У конструкторському розділі необхідно. Виконати визначення основних параметрів трансмісії автомобіля. Розрахувати передавальні числа, тягові характеристики та здійснити перевірку умов зчеплення. Провести розрахунок ряду передавальних чисел коробки передач із застосуванням геометричної прогресії та побудувати раціональний передавальний ряд для забезпечення ефективної роботи силового агрегату.

Виконати дослідження паливної економічності автомобіля. Провести аналіз факторів, що впливають на витрату палива, розглянути шляхи її зниження та обґрунтувати заходи, спрямовані на підвищення енергетичної ефективності транспортного засобу.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок технологічного процесу ремонту передньої підвіски

Під час проектування та впровадження типових технологічних процесів ремонту автомобільної техніки застосовуються два основних види нормативно-технологічної документації – технологічні карти та карти ескізів. Їх використовують для стандартизації ремонтних операцій, забезпечення повторюваності процесу та дотримання вимог щодо технічної якості відновлених вузлів.

Технологічна карта являє собою регламентуючий технологічний документ, у якому в структурованому вигляді подано дані щодо виконання ремонтних операцій, їх взаємної послідовності та організаційно-технічних особливостей відновлення вузлів і агрегатів. До складу технологічної карти включають:

- детально описаний алгоритм технологічних переходів та їх змістову характеристику;

- перелік необхідного обладнання, спеціального оснащення й контрольно-вимірювальних засобів для реалізації кожної операції;

- нормативно визначені витрати робочого часу на виконання технологічних операцій;

- вимоги до кваліфікаційного рівня персоналу, відповідального за проведення ремонтних робіт. параметри контролю та допустимі відхилення після завершення ремонту.

У системі організації ремонтного виробництва технологічні карти слугують ключовим інструментом планування та регламентації ремонтних операцій, забезпечуючи стандартизовану послідовність робіт, оптимізацію трудових витрат і стабільне досягнення необхідного рівня технічної якості відновлених вузлів.

У межах даної роботи розроблено технологічну карту поточного ремонту передньої підвіски автомобіля Skoda Octavia I, яка включає повний перелік

технологічних операцій від первинної діагностики до складання вузла після відновлення. Узагальнені дані наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Технологічна карта поточного ремонту передньої підвіски автомобіля Skoda Octavia I.

№ опер.	№ пер.	Найменування операцій і переходів	Устаткування і інструмент	Технічні умови і примітки
1	2	3	5	6
1		Подача автомобіля до поста ремонту. Транспортний засіб переміщується в ремонтну зону відповідно до вимог техніки безпеки та розміщується на робочому місці.		
2		Фіксація автомобіля від мимовільного переміщення. Під колеса, що залишаються на опорній поверхні, встановлюються протиоткати (упори), що забезпечують нерухомість автомобіля під час проведення робіт.		
3		Установлення домкрата та підймання колісної пари. Домкрат встановлюють у штатній зоні піддомкращування, після чого виконують підймання автомобіля до моменту звільнення колеса від опори.	Домкрат підкатни Molder MA30025	

4		Ослаблення та демонтаж кріплення колеса. За допомогою відповідного інструменту відгвинчуються гайки кріплення колісного диска (поз. 10 на рис. 1.2) зі збереженням їх у спеціальній тарі.	Універсальний гайковерт моделі 318 МК	
5		Демонтаж колеса. Колесо акуратно знімають із маточини та розміщують у зоні, що не заважає виконанню подальших технологічних операцій.		Встановлення колеса на стелаж
6 Перехід до операцій ремонту стійки стабілізатора поперечної стійкості				
	6.2	Очищення зони кріплення стійки стабілізатора. Виконується механічне видалення забруднень, корозійних нашарувань та налиплого бруду для забезпечення доступу до різьбових з'єднань і якісного подальшого демонтажу.	Металева щітка	
	6.3	Оцінювання технічного стану стійки стабілізатора. Проводиться дефектація на предмет наявності люфтів у шарнірах, пошкодження гумометалевих елементів, зносу або деформацій корпусу та з'єднань.		Бракування виробу за виявленими поломками

	6.4	Підготовча обробка різьбових з'єднань. На різьбові контакти наноситься проникаюча змазка для зменшення сил відгвинчування та виключення пошкодження різьби при демонтажі.	Змазка WD-40	
	6.5	Демонтаж верхнього кріплення стійки стабілізатора. За допомогою інструмента здійснюється відгвинчування гайки з'єднання зі стабілізатором поперечної стійкості (поз. 4, рис. 1.2).	Накидний ключ на 17 Шестигранник на 7	Для запобігання прокручуванню болта використовувати шестигранник
	6.6	Відгвинчування нижнього болта кріплення. Демонтується болтове кріплення стійки до прямої осі підвіски (поз. 5, рис. 1.2).	Накидний ключ на 17	
	6.7	Зняття дефектної стійки стабілізатора. Пошкоджений елемент акуратно демонтується з посадочного місця (поз. 11, рис. 1.2) та передається на утилізацію або зберігання.		
	6.8	Установлення нової стійки стабілізатора. Нова деталь монтується на штатні місця кріплення із забезпеченням необхідного початкового положення (поз. 11, рис. 1.2).		

	6.9	Первинне фіксування елементів кріплення. Верхнє та нижнє кріплення стійки наживлюється болтами й гайками для подальшого остаточного затягування (поз. 4, 6 на рис. 1.2).		Використовувати тільки нові гайки і болти
	6.10	Остаточне затягування з'єднань. Верхня гайка (поз. 4) затягуються з моментом, встановленим технічною документацією виробника, із використанням динамометричного ключа.	Динамометричний ключ з головкою на 17	Затягнути з моментом 40 Нм
	6.11	Остаточне затягування з'єднань. Верхня нижній болт (поз. 5) затягуються з моментом, встановленим технічною документацією виробника, із використанням динамометричного ключа.	Динамометричний ключ з головкою на 17	Затягнути з моментом 40 Нм
7. Встановлення колеса та попередня затяжка різьби кріплення. Колесо монтується на маточину, гайки кріплення наживлюються та затягуються хрест-навхрест для уникнення перекосу.				
8		Остаточне затягування кріплення колеса (попередній етап). Болти кріплення колеса (поз. 10 на рис. 9.2) затягуються рівномірно по діагоналі до значення моменту, рекомендованого	Балонний ключ хрестовий	Затягувати болти хрест-навхрест з моментом 50 Нм

		виробником, із використанням динамометричного інструмента. Це запобігає перекосу диска відносно посадкової площини.		
9		Опускання автомобіля на опорну поверхню. Домкрат плавно опускають до повного контакту колеса із землею, забезпечуючи передачу ваги автомобіля на підвіску.	Домкрат підкатний Molder MA30025	
10		Контрольне затягування кріпильних елементів колеса. Після встановлення автомобіля на горизонтальну поверхню здійснюється повторне остаточне затягнення болтів кріплення колеса із дотриманням затяжного моменту відповідно до технічних вимог. Це забезпечує стабільну фіксацію колеса та безпечну експлуатацію.	Динамометричний ключ	Затягувати болти хрест-нахрест з моментом затягування 120 Нм
11		Демонтаж протиоткатних упорів. Після завершення всіх робіт упори видаляють, а автомобіль готують до завершального етапу перевірки якості виконаних операцій.		

2.2 Розрахунок технологічного процесу ремонту задньої підвіски

У межах ремонтних заходів задньої підвіски об'єктом відновлення визначено ступицю заднього колеса. Дана деталь належить до класу 74 – *деталі типу тіл обертання* з високими вимогами до геометричної точності поверхонь та експлуатаційної надійності. Матеріалом виготовлення є конструкційна легована сталь 41Cr4, яка характеризується достатньою міцністю, зносостійкістю та опором ударним навантаженням, що виникають під час руху автомобіля.

Ступиця виконує критично важливі функції в роботі підвіски та трансмісійної системи автомобіля, а саме:

забезпечує плавне й безперешкодне обертання колеса завдяки інтегрованому радіально-наполеглому підшипнику;

служує основою для кріплення гальмівного диска, що забезпечує передачу гальмівного моменту;

укомплектована імпульсним диском датчика ABS, який формує інформацію для системи антиблокування гальм та електронної стабілізації руху;

передає силові навантаження від колеса на елементи задньої підвіски.

Експлуатаційна довговічність ступиці визначається властивостями матеріалу, які забезпечують необхідний рівень міцності та жорсткості. Фізико-механічні характеристики сталі 41Cr4 становлять:

густина – 7820 кг/м^3 ;

твердість – $HB = 179$;

хімічний склад і додаткові механічні показники наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Хімічний склад та механічні властивості сталі 41Cr4.

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu
0,41-0,49	0,17-0,37	0.5 - 0.8	до 0.035	до 0.035	до 0,3	0.8-1,1	до 0,3

Режим експлуатації ступиці характеризується постійними навантаженнями при відсутності контактів з агресивними чи вибухонебезпечними середовищами. Робота деталі забезпечується у широкому діапазоні кліматичних умов: від $-60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60 \text{ }^{\circ}\text{C}$, що вимагає належної теплостійкості та стабільності механічних властивостей матеріалу.

Класифікація поверхонь деталі виконується відповідно до їх функціонального призначення у конструкції машини. Прийнято виділяти такі групи поверхонь:

виконавчі поверхні, що безпосередньо беруть участь у передачі навантажень і взаємодіють із суміжними елементами;

базові поверхні, які визначають положення деталі в складальній одиниці, забезпечуючи точне взаєморозташування елементів;

допоміжні бази, що використовуються під час установлення деталі на обладнання під час механічної обробки;

вільні поверхні, які не здійснюють робочої взаємодії, але впливають на технологічність та масу деталі.

На рисунку 2.3 наведено схематичне зображення поверхонь ступиці з позначенням їхньої функціональної належності, що надалі дозволяє обґрунтовано вибрати технологічні бази та методи відновлення зношених зон.

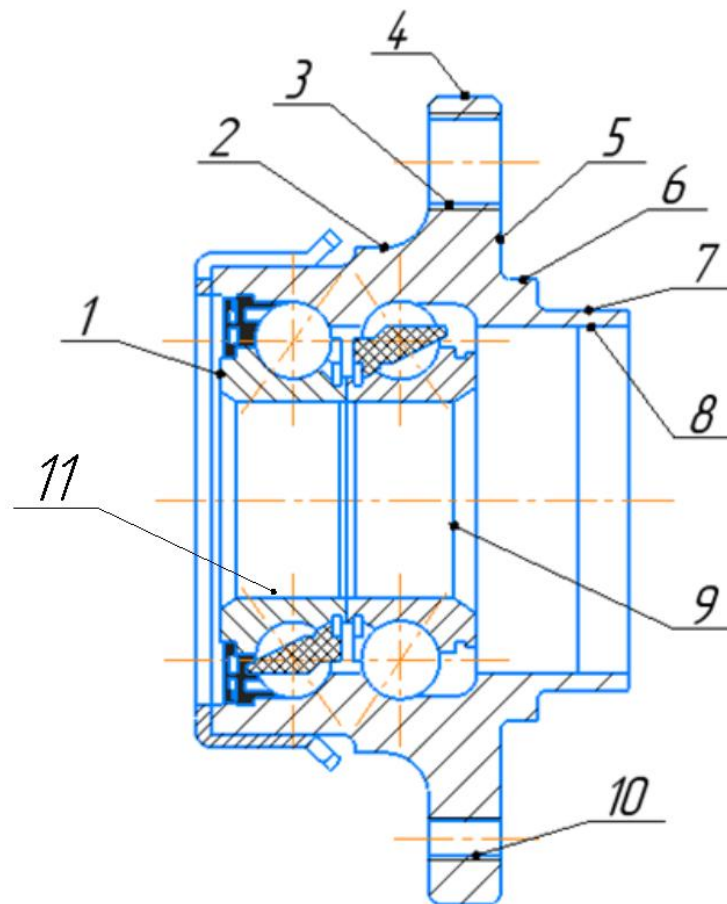


Рис. 2.3. Поверхні ступиці.

У відповідності до функціональних ознак поверхонь ступиці встановлено їх розподіл за групами:

виконавчі поверхні – № 1, 5, 6, 9.

Забезпечують передачу навантажень та кінематичну взаємодію елементів вузла підвіски і гальмівної системи.

основні базові поверхні – № 11.

Забезпечують однозначне просторове положення деталі у складальному вузлі, визначаючи базування при роботі.

допоміжні бази – № 3, 10 (орієнтація та положення кріпильних елементів), № 8 (позиціонування кришки або суміжного елемента).

Використовуються під час складання та технологічного закріплення деталі при обробці.

вільні поверхні – № 2, 4, 7.

Не взаємодіють з іншими деталями у процесі роботи, однак впливають на масо-габаритні показники та технологічність виготовлення.

Для забезпечення працездатності відновленої деталі проведемо вибір оптимальних методів усунення дефектів ступиці відповідно до результатів дефектації, наведених у таблиці 2.3.

Вихідними параметрами для прийняття технологічного рішення є такі конструкторсько-технологічні характеристики:

Матеріал виготовлення – конструкційна легована сталь 41Cr4, що характеризується достатньою міцністю, ударною в'язкістю та зносостійкістю.

Характер ушкоджень поверхонь, які підлягають відновленню:

локальна деформація площини контакту зі гальмівним диском;

пошкодження різьбового з'єднання кріплення колеса;

наявність тріщини довжиною до 20 мм у зоні концентрації напружень.

Допустимі експлуатаційні відхилення для поверхонь, що відновлюються (до межі ремонту):

радіальне биття не більше 0,10 мм;

пошкодження різьби не більше двох витків.

Вимоги до геометричної точності після відновлення (за креслеником):

радіальне биття привалкової поверхні $\leq 0,05$ мм;

Таблиця 2.3. Карта дефектів деталі.

№	Назва дефекту	Спосіб визначення дефекту (інструмент)	Розмір, мм		Висновок
			За робочим кресл.	Допустимий без ремонту	
1	2	3	4	5	6
1	Деформація площини фланця який контактує з гальмівним диском	Індикатор годинникового типу на магнітній стійці	Биття до 50мкм	Биття до 100мкм	Вібродугова наплавка Проточка під ремонтний розмір
2	Пошкоджена різьба для кріплення колеса	Візуальний огляд	M14x1.5	Зрив не більше 2 витків	Наплавлення в середовищі захисних газів Встановлення різьбової футорки. Нарізання різьби більшого діаметра
3	Тріщина корпусу	Візуальний огляд	—	—	Зварювання Наплавлення в середовищі захисних газів

внутрішня різьба під кріплення колеса – M14×1,5.

Тип навантаження на відновлені ділянки – комбіноване динамічне, що включає циклічні згинальні та ударні складові при контакті з дорожнім покриттям і гальмуванні.

З урахуванням наведеного визначено раціональні методи відновлення поверхонь:

Для фланцевої поверхні під гальмівний диск:

механічне проточування до ремонтного розміру з контролем биття;

у разі надмірного зносу – наплавлення з подальшим чистовим точінням/шліфуванням.

Для різьбового з'єднання кріплення колеса:

різьбове наплавлення з повторним формуванням профілю різьби;
застосування різьбової футорки (ремонтної вставки типу Helicoil або аналогів);

перерізання різьби на більший діаметр – якщо конструктивно припустимо та не впливає на міцність вузла.

Такий підхід дозволяє обрати технологію відновлення, що забезпечує відновлення ресурсних властивостей ступиці без зниження безпеки руху.

Для оцінювання відновленої деталі за критерієм надійності використовується коефіцієнт довговічності, який визначається згідно з методикою, наведеною у джерелі 13. Розрахункова формула має вигляд:

$$K_d = K_{zn} \cdot K_b \cdot K_{zch} \cdot K_p,$$

де K_{zn} – коефіцієнт зносостійкості матеріалу після відновлення;

K_b – коефіцієнт витривалості при дії змінних навантажень;

K_{zch} – коефіцієнт забезпечення необхідної якості зчеплення поверхні;

K_p – коефіцієнт роботоздатності, що характеризує працездатність вузла після ремонту.

Для випадку відновлення поверхні наплавленням у середовищі захисних газів приймаємо такі значення параметрів:

$$K_{zn} = 0.95; K_b = 0.62; K_{zch} = 1.0; K_p = 0.82.$$

Підставивши ці значення у формулу, одержуємо:

$$K_d = 0.95 \cdot 0.62 \cdot 1.0 \cdot 0.82 = 0.48.$$

Отриманий коефіцієнт свідчить, що ресурс відновленої наплавленням поверхні становить приблизно 48 % від ресурсу нової деталі, що є припустимим для вузлів із періодичним технічним контролем і регламентованою заміною.

Таблиця 2.4. Вибір остаточного варіанта технології ремонту.

Дефект		Спосіб відновлення	K_{zn}	K_v	$K_{зч}$	K_p	K_d	C_p , грн/см ²	S , см ²	K_e
1	Деформація площини фланця який контактує з гальмівним диском	Вібродугова наплавка	0,95	0,62	1,0	0,82	0,48	0,40	80	55.23
		Проточка під ремонтний розмір	1,0	1,0	1,0	1,0	0,88	0,06		24.5
2	Пошкоджена різьба для кріплення колеса	Наплавлення в середовищі захисних газів	0,95	0,95	1,0	0,82	0,74	0,32	9,6	16,8
		Встановлення різьбової футорки.	0,95	0,95	1,0	0,82	0,74	0,20		30.1
		Нарізання різьби більшого діаметра	1,0	1,0	1,0	1,0	0,83	0,08		25.3
3	Тріщина корпусу	Зварювання	0,95	0,62	1,0	0,82	0,48	0,40	2	6.12
		Наплавлення в середовищі захисних газів	0,95	0,95	1,0	0,82	0,74	0,32		11.6

Для обґрунтування вибору технології відновлення застосовується техніко-економічний критерій K_e , який дозволяє оцінити співвідношення витрат на ремонт до одержуваного ресурсу деталі. Розрахунок здійснюється за формулою:

$$K_e = \frac{C_a}{K_d},$$

де C_a – витрати на відновлення зношеної поверхні, грн;

K_d – коефіцієнт довговічності після ремонту.

Собівартість відновлення визначається залежністю:

$$C_a = S_{\pi} \cdot S \cdot K,$$

де S_{π} – питома вартість відновлення 1 см² поверхні, грн/см²;

S – площа відновлюваної ділянки, см²;

K – коефіцієнт річної інфляції (у розрахунках прийнято $K = 2,01$).

Площа поверхні різьби, яка підлягає відновленню, становить:

$$S = \pi \cdot 11 \cdot 14 = \pi \cdot 144 \approx 960 \text{ мм}^2 = 9,6 \text{ см}^2.$$

Тоді витрати на відновлення:

$$C_a = 0,4 \cdot 9,6 \cdot 2,01 = 8,06 \text{ грн.}$$

З урахуванням раніше визначеного коефіцієнта довговічності $K_d = 0,48$:

$$K_e = \frac{8,06}{0,48} = 16,8.$$

Значення $K_e = 16,8$ свідчить про економічну доцільність відновлення деталі, оскільки витрати на ремонт є значно меншими, ніж повна заміна елемента при збереженні прийнятного рівня залишкового ресурсу.

На основі зіставлення альтернативних технологій та оцінювання їх результатів за техніко-економічними критеріями визначено такі раціональні способи відновлення пошкоджених ділянок ступиці:

Дефект 1 – деформація привалкової площини під гальмівний диск.

Найбільш ефективним методом усунення дефекту є механічна проточка до ремонтного розміру, що забезпечує відновлення площинності, співвісності та допустимого значення радіального биття.

Дефект 2 – пошкодження різьбового з'єднання.

Рекомендовано застосувати наплавлення в середовищі захисних газів з подальшими операціями свердління й формуванням різьби до номінального розміру M14×1,5, що гарантує необхідну несучу здатність з'єднання.

Дефект 3 – наявність тріщини в зоні концентраторів напружень.

Для забезпечення конструктивної міцності доцільним є зварювальне відновлення, із подальшим шліфуванням та контролем дефектоскопічними методами.

Опис обраних технологічних процесів. Відновлення шляхом проточування. Проточка є однією з основних операцій фінішної механічної

обробки й застосовується для корекції геометричних відхилень поверхні, зумовлених зносом або деформаціями. Під час обробки на токарному верстаті різальним інструментом формується оновлена робоча поверхня зі зменшеним припуском, що дозволяє:

- відновити точність базових геометричних параметрів;
- усунути хвилястість і локальні нерівності;
- знижити концентрацію напружень, викликану пошкодженнями.

Після механічної обробки виконується вимірний контроль биття і шорсткості відповідно до кресленника.



Рис. 2.4. – Зображення процесу проточки.

Основною метою операції проточування є усунення мінімального припуску металу з робочої поверхні з метою відновлення її геометричної точності, забезпечення рівності та відповідності нормованим параметрам площинності й биття.

Відновлення внутрішньої різьби методом наплавлення в середовищі захисних газів. Для ремонту пошкодженого різьбового отвору застосовується дугове наплавлення під захисним газом, що дозволяє сформувати додатковий шар металу з подальшим свердлінням і нарізанням різьби до номінального профілю.

На рисунку 2.5 подано схему процесу газозахисного наплавлення. Сутність методу полягає в тому, що до зони горіння електричної дуги з постійною подачею подається захисний газ, який ізолює рідкий метал від атмосферного кисню й азоту. Завдяки цьому запобігається:

окиснення наплавленого металу,
утворення пористості та оксидних включень,
погіршення механічних властивостей відновленої поверхні.

Найчастіше для захисту застосовують вуглекислий газ (CO_2), подача якого здійснюється під тиском 0,05–0,12 МПа, залежно від режиму наплавлення та типу присадного матеріалу.

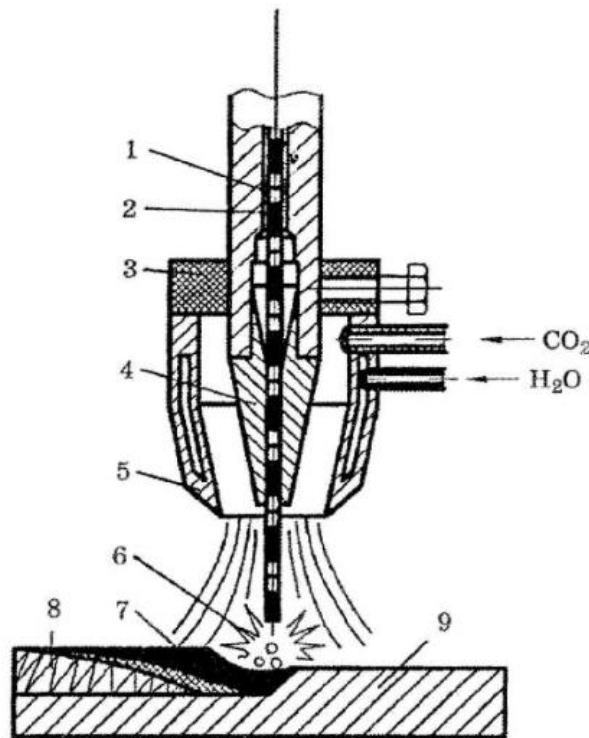


Рис. 2.5 – Схема наплавлення в середі захисних газів:

1 – мундштук, 2 – електродний дріт, 3 – пальник, 4 – наконечник, 5 – сопло пальника, 6 – електрична дуга, 7 – зварювальна ванна, 8 – наплавлений метал, 9 – відновлювальна деталь.

Після завершення наплавлення формується припуск на механічну обробку, який підлягає видаленню. Для відновлення геометрії різбового отвору виконується розсвердлювання до необхідного діаметра, що забезпечує точне позиціонування осі отвору та підготовку поверхні під нарізання різьби. Операція може здійснюватися на токарному або фрезерному верстаті з використанням відповідного ріжучого інструменту.

Заключним етапом є формування профілю різьби номінального розміру за допомогою мітчика. Процес проводять на тому ж технологічному обладнанні з дотриманням параметрів точності, передбачених технічною документацією.

Після нарізання виконується контроль параметрів різьби калібрами-пробками та перевірка співвісності отвору.



Рис. 2.6. Зображення процесу свердління і нарізання різьби.

Для усунення тріщин у матеріалі ступиці застосовується метод ручного дугового зварювання покритими електродами (ММА – Manual Metal Arc Welding). Це один із найбільш універсальних і поширених способів відновного ремонту сталевих деталей, що забезпечує високі показники міцності зварного з'єднання.

Сутність процесу полягає у створенні електричної дуги між електродом та основним металом, тепло якої забезпечує розплавлення кромek тріщини та електродного стрижня. Покриття електрода під час плавлення утворює:

захисний газ, що ізолює рідкий метал від контакту з атмосферними газами;
шлакову плівку, яка стабілізує дугу та захищає зварювальну ванну від окиснення.

Метод є технологічно гнучким і придатним для зварювання широкого спектра конструкційних сталей, включно зі сталлю 41Cr4, яка використовується для виготовлення ступиць. Однією з ключових переваг є можливість виконання робіт у будь-яких просторових положеннях, що особливо важливо при ремонтних втручаннях на встановлених деталях.



Рис. 2.7. Схема ручного дугового зварювання.

Технологічний маршрут відновлення деталі.

Дефект №1 – деформація привалкової поверхні.

Операція 005 – Проточування робочої поверхні.

Мета виконання операції:

Відновлення геометричної точності торцевої привалкової поверхні шляхом зняття мінімального шару металу та забезпечення номінального розміру по висоті.

Використовуване обладнання:

Токарно-гвинторізний верстат моделі 16K20.

Оснастка та пристосування:

Трикулачковий самоцентрувальний патрон.

Контрольно-вимірювальні засоби:

індикатор годинникового типу для контролю співвісності та биття;

штангенциркуль для перевірки лінійних розмірів.

Параметри режиму різання:

частота обертання шпинделя: 500 об/хв;

величина припуску на обробку: 0,50 мм;

подача: 0,05 мм/об.

Зміст операційних переходів:

виконати чистову проточку торцевої поверхні із забезпеченням номінального розміру по висоті 28 мм,

контролювати величину биття та якість обробленої поверхні.

Різальний інструмент:

Прохідний різець 2120-0501, твердосплавна пластина T5K10.

Дефект №2 – пошкодження різьбового з'єднання.

Операція 010 – Наплавлення поверхні різьбового отвору.

Призначення операції:

Відновлення внутрішньої поверхні різьбового отвору шляхом нанесення шару металу для подальшого формування номінального профілю різьби.

Використовуване обладнання:

зварювальний апарат А-547-Р (ММА/MIG режим);

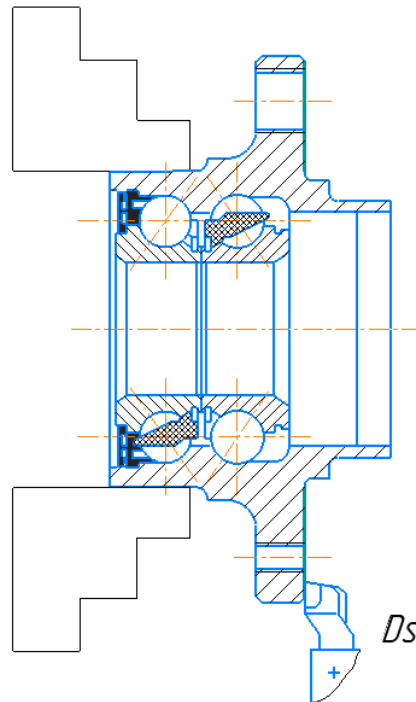


Рис. 2.8. Операційний ескіз для операції 010.

установлення деталі на вертикально-свердильному верстаті 2Н135Н із застосуванням лещат з призматичними губками та поворотного стола для забезпечення точного позиціонування.

Технологічні параметри режиму наплавлення:

швидкість подачі дроту: 5 м/хв;

сила зварювального струму: 120 А;

захисне середовище: CO₂ (подача від типового джерела газу).

Матеріали та оснащення:

присадний дріт Св-10Х13, Ø 1,0 мм;

шліфувальний інструмент або шабери (для первинного формування поверхні після наплавлення).

Зміст операції:

нанести наплавлений шар по діаметру 14 мм та довжині 11 мм із забезпеченням рівномірності шару та відсутності дефектів (раковин, пористості, підрізів).

стежити за відведенням тепла для недопущення деформації базових поверхонь ступиці.

Після завершення операції виконується візуально-вимірний контроль та підготовка поверхні до механічної обробки (операція 015 – свердління та нарізання різьби).

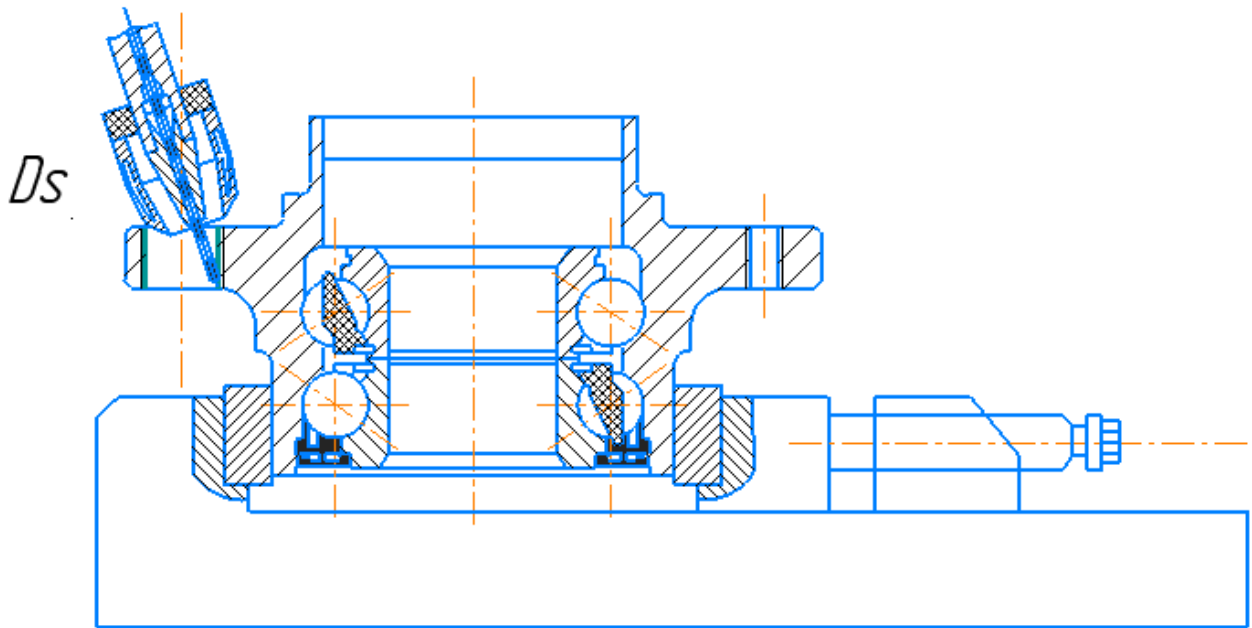


Рис. 2.10. Операційний ескіз для операції 010.

Операція 015 – Вертикально-свердлильна.

Мета операції:

Формування циліндричного отвору під подальше нарізання внутрішньої різьби номінального розміру.

Обладнання:

Вертикально-свердлильний верстат 2Н135Н.

Оснастка:

Лещата з призматичними губками, що забезпечують надійне позиціонування деталі та виключають її провертання в процесі свердління.

Контрольно-вимірні засоби:

Індикатор годинникового типу для контролю співвісності та точності установки ступиці відносно осі обробки.

Режим різання:

частота обертання шпинделя – 630 об/хв;

подача – 0,25 мм/об.

Параметри обрано відповідно до рекомендацій для свердління легованої сталі 41Cr4 інструментом з високошвидкісної сталі.

Зміст операції:

Виконати свердління наскрізного отвору діаметром $\varnothing 12,5$ мм із забезпеченням точності геометричних розмірів та мінімального відхилення осі.

Різальний інструмент:

Спиральне свердло з циліндричним хвостовиком $\varnothing 12,5$ мм, маркування 2300-2507, матеріал – P6M5.

Ескіз оброблених поверхонь подано на рисунку 2.11.

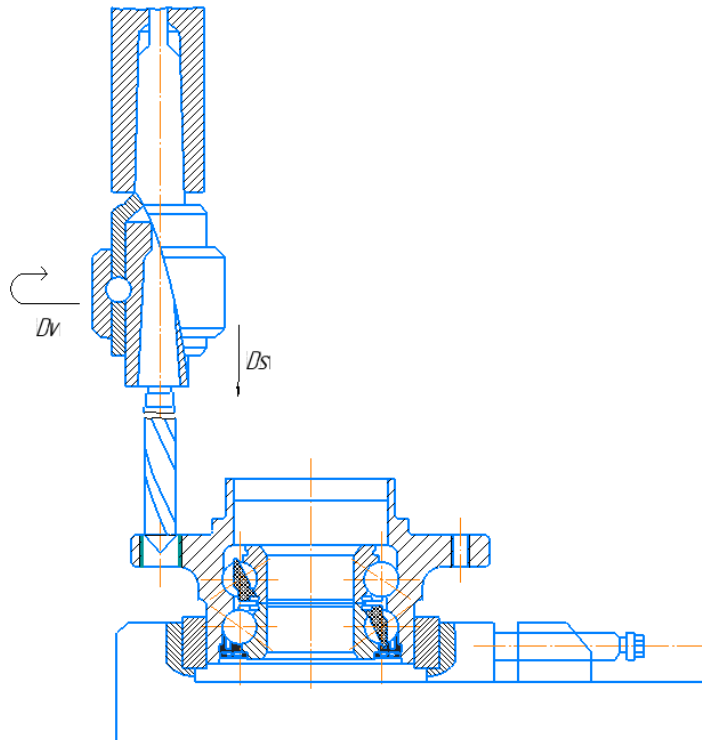


Рис. 2.11. Операційний ескіз для операції 015.

Операція 020 – Нарізання внутрішньої різьби.

Призначення операції:

Формування профілю внутрішньої різьби номінального розміру M14×1,5 у попередньо обробленому отворі після операції свердління.

Обладнання:

Вертикально-свердильний верстат 2Н135Н.

Оснастка:

Лещата з призматичними губками (ГОСТ 16518-96), що забезпечують надійну фіксацію та точне базування деталі.

Режим різання:

частота обертання шпинделя – 110 об/хв;

подача – 1,5 мм/об, що відповідає кроку різьби та забезпечує стабільний процес нарізання.

Зміст операційних переходів:

Установити мітчик відповідно до осі отвору та виконати нарізання різьби по всій робочій глибині отвору з рівномірним прикладенням зусилля;

Забезпечити періодичне реверсування обертання мітчика для видалення стружки та уникнення заклинювання інструмента.

Ріжучий інструмент:

Мітчик М14×1,5 для нарізання нової внутрішньої різьби, виготовлений згідно з ГОСТ 3266-81, матеріал – швидкорізальна сталь Р6М5.

Після завершення операції виконується контроль якості різьби калібрами-пробками та перевірка параметрів форми і співвісності.

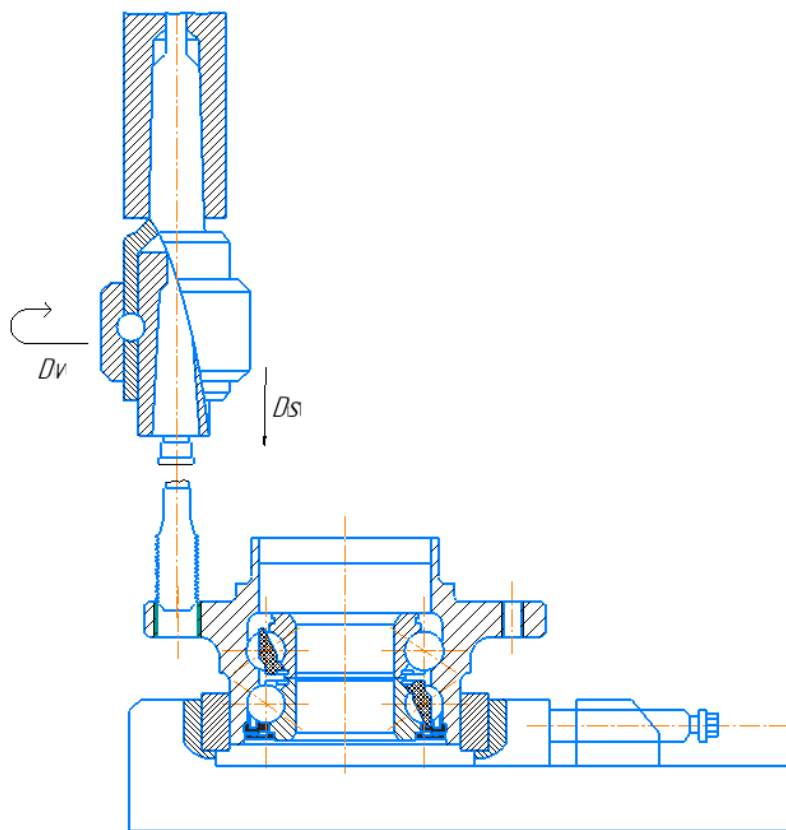


Рис. 2.12. Операційний ескіз для операції 015.

Дефект №3 – наявність тріщини.

Операція 025 – Зварювальна.

Призначення операції:

Усунення тріщини шляхом формування міцного зварного з'єднання із забезпеченням відновлення несучої здатності елемента.

Обладнання:

Зварювальний апарат Дніпро-М САБ-250Д (ММА-зварювання).

Оснастка:

Лещата з призматичними губками для жорсткої фіксації ступиці та запобігання зміщенню під час зварювальних робіт.

Технологічні параметри режиму:

зварювальний струм – 140 А;

швидкість переміщення електрода – 200 мм/хв;

електрод – відповідно до сталі 41Cr4 (підбирається окремо з урахуванням легування).

Зміст операційних переходів:

виконати заварювання тріщини короткими валиками або переривчастими швами для запобігання перегріву та мінімізації структурних деформацій;

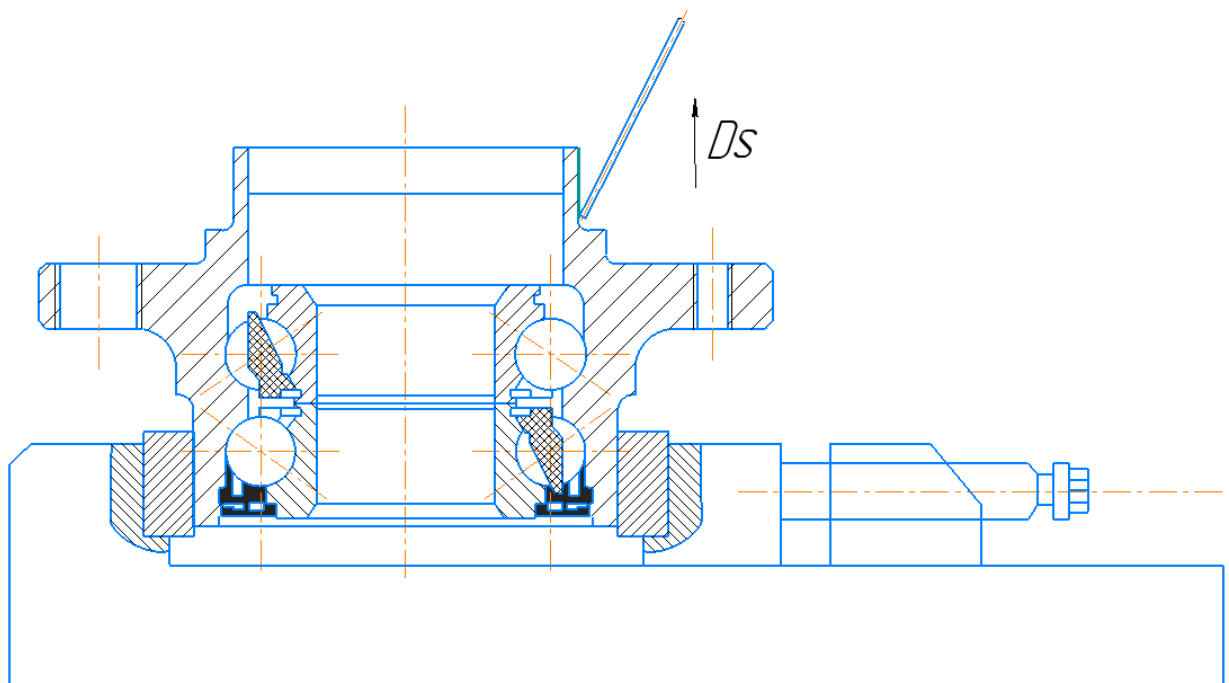


Рис. 2.13. Операційний ескіз для операції 015.

напрямок зварювання прийняти у протилежний бік від розвитку тріщини, довжина ділянки обробки – 20 мм;

контролювати температуру деталі для уникнення перегріву зони термічного впливу.

Після природного охолодження металу провести:
механічне видалення шлаку та надлишку наплавленого металу;
візуальний і капілярний контроль зварного шва для виявлення дефектів (непровару, пористості, підрізів).

Зварювальний інструмент та матеріали:

Для виконання зварювальної операції використовується електрод типу АНО-4, діаметром $\varnothing 3,0$ мм. Обмазка електрода забезпечує формування стабільної дуги та створення захисного газоплазмового середовища, що сприяє отриманню якісного зварного шва без пористості й оксидних включень.

2.3 Вибір обладнання та засобів технологічного оснащення

Для виконання ремонтно-відновлювальних операцій на ступиці застосовується високофункціональний токарно-гвинторізний верстат 16K20, що належить до універсального типу металорізального обладнання та широко використовується в умовах ремонтного виробництва. Завдяки класу точності Н (нормальна точність) верстат забезпечує необхідний рівень геометричної точності при виконанні проточування, свердління, розсвердлювання та інших операцій механічної обробки.

Основні технічні характеристики верстата:

Максимальний діаметр обробки над станиною – до 400 мм;

Швидкість обертання шпинделя – 12,5...2000 об/хв, що забезпечує широкий діапазон режимів різання;

Подачі:

поздовжні – 0,05...2,8 мм/об;

поперечні – 0,025...1,4 мм/об;

Потужність приводу подач – 10 кВт, що є достатнім для оброблення сталі 41Cr4;

Маса верстата – близько 2100 кг, чим забезпечується висока жорсткість системи та зменшення вібрацій при обробці.

Усі ці параметри дозволяють підтримувати сталість процесу різання, що критично важливо для відновлення поверхонь із жорсткими допусками радіального биття та шорсткості.

Для усунення дефектів типу пошкодження різьби та тріщин використовується зварювальна установка А-547-Р, яка призначена для електродугового зварювання плавким електродним дротом у захисному середовищі CO_2 . Обладнання забезпечує:

- стабільність дуги під час наплавлення;
- рівномірність формування шва;
- універсальність щодо зварювальних позицій.

Установка працює з наступними присадними матеріалами:

- дріт діаметром 0,8–1,0 мм;
- марки присадного дроту: Св-08ГС, Св-08Г2С та інші, сумісні зі сталями підвищеної міцності.

Зварювальний комплекс являє собою агрегат електрогазопостачання та напівавтоматичну зварювальну установку, які працюють у взаємозв'язку та забезпечують стабільні параметри процесу наплавлення.

До складу станції електрогазопостачання входить:

двопостовий зварювальний конвертер (випрямляч), що перетворює змінний струм на стабілізований зварювальний струм необхідних параметрів;

газова рампа, змонтована на загальній рамі, яка складається з шести балонів з вуглекислим газом, що одночасно живлять два робочі пости зварювання;

захисний кожух, що забезпечує безпечне розташування джерела струму й захист від механічних пошкоджень.

Газова рампа включає:

- шість балонів CO_2 , які з'єднані в єдину систему,
- колектор, що розподіляє потік газу,
- електронагрівач, який запобігає замерзанню газу на виході з редуктора,
- осушувач, для видалення вологи, що може негативно впливати на якість шва,
- редуктор, який регулює та стабілізує тиск подачі газу.

Після очищення і зниження тиску захисний газ подається через шланг у зварювальний пальник напіваавтомата, де формується газовий захисний купол навколо зварювальної ванни. Це перешкоджає окисненню металу та покращує механічні властивості наплавленого шару.

Для виконання операцій свердління та нарізання різьби використовується вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н135Н, який належить до універсального металорізального обладнання. Верстат забезпечує високу точність обробки й допускає виконання широкого спектра операцій з отворами діаметром до 35 мм.

Основні технічні параметри:

діапазон частоти обертання шпинделя – 31,5...1600 об/хв;

подача – 0,1...1,6 мм/об;

потужність приводу – 4 кВт;

маса обладнання – близько 1200 кг, що гарантує достатню жорсткість і зниження рівня вібрацій під час обробки сталі.

Такі характеристики роблять верстат оптимальним для формування та відновлення отворів під різьбу з дотриманням високих параметрів точності.

Для відновлення тріщин методом ручного дугового зварювання використовується зварювальний інвертор Дніпро-М САБ-250Д. Це сучасне, компактне та надійне джерело живлення для ММА-зварювання, здатне забезпечити стабільну дугу в різних просторових положеннях.

Технічні параметри інвертора: діапазон зварювального струму – 20...250 А; сумісність із електродами – Ø1,6...5,0 мм; потужність – до 5,5 кВт; живлення – від мережі 220 В.

Обладнання забезпечує надійне формування зварного шва на деталях зі сталі 41Cr4, що дозволяє гарантовано відновити несучу здатність конструкції ступиці.

2.4 Технічне обслуговування ступиці автомобіля Skoda Octavia

Ступиця колеса є ключовим елементом ходової частини, від технічного стану якого залежить безпечність руху, плавність ходу автомобіля, точність

керування та ефективність гальмування. Технічне обслуговування вузла спрямоване на підтримання його працездатності, запобігання передчасному зношуванню та попередження аварійних відмов під час експлуатації.

Основні завдання технічного обслуговування:

Контроль стану підшипникового вузла та відсутності люфтів.

Оцінка співвісності та радіального биття колісної маточини.

Перевірка цілісності та герметичності захисних елементів (пильників, сальників).

Огляд різьбових поверхонь під кріплення колеса.

Контроль гальмівного диска на прилеглий поверхні ступиці.

Перевірка ABS-індикаторного ротора або магнітного кільця (залежно від покоління моделі).

Таблиця. 2.5. Типова періодичність обслуговування.

Вид робіт	Регламент виконання
Перевірка підшипника ступиці на люфт, шум, нагрівання	Кожні 30 000 км або під час ТО-2
Діагностика маточини під час заміни гальмівних елементів	Кожна заміна гальмівних колодок/дисків
Огляд стану різьбових кріплень та моменту затягування	Кожне зняття колеса
Заміна ступичного підшипника	За результатами дефектації, в середньому кожні 120–160 тис. км

Методи контролю технічного стану.:

Візуальний огляд: наявність тріщин, корозії, відколів

Акустична діагностика: сторонні шуми при обертанні або русі

Перевірка люфту: прикладанням радіальних та осьових навантажень

Контроль нагріву підшипника: після руху → температура не повинна перевищувати нормальних значень

Вимір радіального биття: індикатором годинникового типу на гальмівному диску/фланці

Типові ознаки несправності ступиці:

гул або вібрації, що наростають зі швидкістю;

нерівномірне зношення гальмівних колодок чи шин;
локальний перегрів колісного вузла;
відхилення траєкторії руху під час гальмування;
індикація помилки ABS.

Рекомендації з безпеки та експлуатації:

регулярний контроль моменту затягування гайок коліс:

110–120 Н·м для Skoda Octavia A5/A7

уникати ударних навантажень (бордюри, ями), що спричиняють пошкодження підшипника;

під час установлення колеса очищати й знежирювати привалкову поверхню;

не допускати експлуатації з потраплянням води у підшипниковий вузол.

Регулярне та якісне технічне обслуговування ступиці значно подовжує ресурс підшипника й підвищує безпеку руху автомобіля. Своєчасна діагностика дозволяє виявити приховані дефекти та запобігти аварійним відмовам вузла, який несе ключове навантаження в конструкції ходової частини Skoda Octavia.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Визначення параметрів трансмісії автомобіля

Проектування трансмісії передбачає встановлення оптимального передавального числа головної передачі, яке забезпечує досягнення автомобілем розрахункової максимальної швидкості руху V_{max} (м/с). Це значення повинно відповідати можливостям силового агрегата за частотою обертання колінчастого вала n_{max} . Визначення передавального числа виконується на основі аналітичної залежності, що пов'язує кінематичні та динамічні параметри трансмісії з вимогами до швидкісних характеристик автомобіля.

$$i_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{max} \cdot r_k}{60 \cdot i_s \cdot i_{kv} \cdot i_d \cdot V_{max}} = (2 \cdot 3,14 \cdot 4000 \cdot 0,41) / (60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 58,33) = 2,94,$$

де i_0 – передавальне число головної передачі;

r_k – радіус колеса, із завдання $r_k = 0,41$ м;

i_{kv} - передавальне число КП на вищій ступені, приймаємо $i_{kv} = 1$;

i_d - передавальне число вищої ступені додаткової передачі, $i_d = 1$ (відсутній);

i_s - ковзання гідротрансформатора, гідротрансформатор відсутній $i_s = 1$.

Для подальших розрахунків попередньо задаємо передавальне число головної передачі $i_0 = 2,94$.

Передавальне число коробки передач на першій передачі визначається з умови забезпечення автомобілем сталого руху на ділянках дороги з найбільшим розрахунковим дорожнім опором ψ_{max} . Тобто передача повинна гарантовано реалізовувати необхідну тягову силу на колесах у найскладніших умовах експлуатації.

Розрахунок передавального числа для першої передачі здійснюють на основі залежності, що встановлює зв'язок між тяговими можливостями двигуна та опором руху транспортного засобу:

$$i_{k1} = \frac{\psi_{max} M_a g r_k}{M_{e max} i_0 i_d \eta_T} = (0,263 \cdot 1800 \cdot 9,8 \cdot 0,41) / (304,4 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot 0,96) = 2,21,$$

У наведеній залежності параметр $M_{e\max}$ характеризує найбільше значення крутного моменту, що може бути реалізоване двигуном у доступному робочому діапазоні, Н·м. Коефіцієнт корисної дії трансмісії $\eta_{\text{тр}}$ приймається згідно з технічним завданням і для даної конструкції дорівнює:

$$\eta_{\text{тр}} = 0,96.$$

Після визначення передавального числа першої передачі $i_{\text{кп1}}$, його необхідно додатково проконтролювати за умовою забезпечення надійного зчеплення ведучих коліс з опорною поверхнею. Така перевірка дозволяє гарантувати, що у режимах максимального тягового навантаження не виникне пробуксовування.

Максимально допустиме значення передавального числа коробки передач на першій передачі, яке відповідає умові зчеплення, обчислюють згідно з такою аналітичною залежністю:

$$i_{\varphi} = \frac{\varphi \cdot m_{p1} M_1 g r_k}{M_{e\max} i_0 i_d \eta_m},$$

У наведеній формулі враховується низка параметрів, що визначають можливість реалізації максимальної тягової сили без втрати зчеплення коліс із дорожнім покриттям. Зокрема:

φ – коефіцієнт зчеплення шини з опорною поверхнею. Для умов забезпечення надійного розгону на сухому асфальтовому покритті приймаємо $\varphi = 0,5$.

m_{p1} – коефіцієнт перерозподілу нормальних реакцій на ведучу вісь під час розгону транспортного засобу. Він враховує динамічне перевантаження коліс внаслідок інерційного моменту маси. Для розрахунків приймаємо максимально можливе значення $m_{p1\max} = 1,2$.

M_1 – приведена маса, що припадає на ведучі передні колеса у статичному режимі. Вона визначається за співвідношенням:

$$M_1 \cdot g = 990 \cdot 9,8 = 9702 \text{ Н}$$

Колісна база транспортного засобу визначається геометричним співвідношенням:

$$L = a + b$$

де a – відстань від центра мас автомобіля до передньої осі, м;

b – відстань від центра мас до задньої осі, м.

Ці параметри характеризують розподіл маси по осях та суттєво впливають на зміну нормальних реакцій під час розгону.

Для гарантованого переміщення автомобіля за умов, коли коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою відповідає прийнятому значенню, передавальне число на першій передачі повинно задовольняти нерівність:

$$i_{\phi} = (0,5 \cdot 1,2 \cdot 9702 \cdot 0,41) / (304,4 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot 0,96) = 2,77$$

У результаті перевірки встановлено, що розрахована передача задовольняє умову забезпечення необхідного зчеплення, отже проєктне значення передавального числа першої передачі може бути прийняте до подальших розрахунків.

Під час формування ряду передавальних чисел коробки передач важливо забезпечити баланс між тяговими можливостями автомобіля та його швидкісними та паливно-економічними характеристиками. Розташування проміжних передач має сприяти плавному зростанню швидкості та ефективній роботі двигуна в найбільш доцільному діапазоні частот обертання.

Насамперед визначають передавальне число найвищої передачі. Його обирають із урахуванням умови економічного руху транспортного засобу на встановленій крейсерській швидкості при оптимальній частоті обертання двигуна. Розрахунок здійснюється за такою залежністю:

$$i_B = \frac{0,104 \cdot (0,9 - 1) \cdot n_{e\max} \cdot r_k}{V_{\max}}$$

За умови руху автомобіля з максимальною розрахунковою швидкістю $V_{kp} = 58,33$ м/с, передавальне число вищої передачі визначаємо шляхом підстановки відомих параметрів у відповідну формулу:

$$i_B = \frac{0,104 \cdot 1 \cdot 4000 \cdot 0,41}{58,33} = 2,92$$

Отримане значення використовується як вихідне при формуванні ряду передавальних чисел коробки передач.

Оцінювання тягових можливостей у складних дорожніх умовах/ Для забезпечення руху автомобіля на дорогах із підвищеним опором руху,

наприклад, ґрунтовому покритті з ухилом $\alpha = 12^\circ$, розраховується максимальна реалізована тягове зусилля на ведучих колесах. У цьому випадку швидкість вибирають малою $V = 5 \text{ км/год} = 1,38 \text{ м/с}$, а коефіцієнт опору кочення набуває збільшеного значення $f_{k \max} = 0,05$.

Максимальна тягове сила визначається за залежністю:

$$P_{k \max} = M_a \cdot g \cdot (f_{k \max} \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)$$

Чисельне значення:

$$P_{k \max} = 1800 \cdot 9,8 \cdot (0,05 \cdot \cos 120 + \sin 120) = 4530 \text{ Н}$$

Для реалізації максимальної тягової сили без пробуксовування необхідно враховувати можливості контакту шин з опорною поверхнею. Гранична сила зчеплення, яку здатні створити ведучі колеса, визначається виразом:

$$P_\phi = M_1 \cdot g \cdot \phi$$

Чисельне значення:

$$P_\phi = 990 \cdot 9,8 \cdot 0,5 = 4851 \text{ Н}$$

Таким чином, аналіз граничної сили зчеплення підтверджує можливість реалізації тягового зусилля без пробуксовування коліс, тобто необхідна умова руху автомобіля в складних дорожніх умовах виконується:

$$P_{T \max} \leq P_{зч}$$

Отже, передавальні параметри трансмісії забезпечують достатній рівень тягових характеристик.

Для переходу до узгодженого формування ряду передавальних чисел коробки передач розраховують узагальнене передавальне число трансмісії. Воно визначається на основі тягового балансу автомобіля за формулою:

$$i_T = \frac{P_{k \max} \cdot r_k}{M_{eN} \cdot \eta_T}$$

$$i_T = (4851 \cdot 0,41) / (243,5 \cdot 0,96) = 8,5$$

Чисельне значення:

Кількість ступенів у коробці передач повинна забезпечувати узгодженість роботи двигуна та вимоги до тягово-динамічних властивостей автомобіля в усьому діапазоні швидкостей. Мінімально необхідну кількість передач

визначають за аналітичною залежністю, що характеризує діапазон зміни передавальних чисел:

$$k = 1 + \frac{\lg(i_T / i_e)}{\lg(n_{eN} / n_M)}.$$

З урахуванням частоти обертання колінчастого вала двигуна на режимі максимального крутного моменту $n_{e\max} = 4000 \text{ хв}^{-1}$ (згідно з даними таблиці 2.1), чисельне визначення мінімальної необхідної кількості передач виконуємо таким чином:

$$K = 1 + \frac{\lg(\frac{8,5}{2,92})}{\lg(\frac{4000}{2000})} = 2,54$$

Отриманий результат означає, що для забезпечення необхідних швидкісних тягових характеристик автомобіля кількість передач переднього ходу повинна бути не меншою ніж три.

Разом із тим, при виборі фактичної кількості передач беруть до уваги експлуатаційні вимоги, тенденції розвитку трансмісій, а також конструктивні рішення, характерні для сучасних автомобілів відповідного класу.

Для легкових автомобілів середнього сегмента та малолітражних моделей у практиці автомобілебудування найчастіше використовують 4–5 передач. З метою забезпечення уніфікації вузлів трансмісії, а також орієнтуючись на автомобіль-прототип, доцільно прийняти п'ятиступеневу коробку передач $k = 5$

Таким чином, остаточне конструктивне рішення передбачає застосування п'ятиступеневої механічної коробки передач, що відповідає сучасним вимогам до економічності та динаміки руху автомобіля.

3.2 Розрахунок ряду передавальних чисел коробки передач

Практичний досвід проєктування трансмісій свідчить, що найсприятливіші тягово-динамічні характеристики автомобіля забезпечуються тоді, коли передавальні числа коробки передач утворюють геометричну прогресію. Такий принцип гарантовано дозволяє плавно змінювати навантаження на двигун,

забезпечуючи оптимальний режим його роботи під час розгону та руху на різних швидкостях.

Для формування передавального ряду необхідно визначити знаменник геометричної прогресії (коефіцієнт послідовного зменшення передавальних чисел):

$$q = \sqrt[k-1]{i_T / i_e}$$

$$q = \sqrt[5-1]{8,5/2,92} = 1,30$$

Для визначення повного ряду передавальних чисел попередньо задаємо першу передачу, яка відповідає умовам забезпечення максимальної тягової сили на малих швидкостях. Отримане значення використовується як стартове у геометричній прогресії $i_{кп1} = 8,5$ (прийнято за результатами попередніх розрахунків тягового балансу).

Далі визначаємо знаменник прогресії, який узгоджує першу і найвищу передачі коробки:

$$i_1 = \frac{i_T}{i_0}$$

Чисельне значення:

$$i_1 = \frac{8,5}{2,94} = 2,89$$

Передавальні числа інших ступенів коробки передач визначають за допомогою рекурентної залежності, яка відображає використання геометричної прогресії:

$$i_k = \frac{i_{k-1}}{q}$$

Чисельні значення:

$$i_2 = \frac{i_1}{q} = \frac{2,89}{1,3} = 2,22;$$

$$i_3 = \frac{i_2}{q} = \frac{2,22}{1,3} = 1,7;$$

$$i_4 = \frac{i_3}{q} = \frac{1,7}{1,3} = 1,3;$$

$$i_5 = \frac{i_4}{q} = \frac{1,3}{1,3} = 1;$$

Для забезпечення можливості руху автомобіля заднім ходом з достатнім тяговим зусиллям передавальне число відповідної передачі повинно бути

близьким або дещо більшим за значення передавального числа першої передачі. Розрахунок передавального числа передачі заднього ходу виконується за такою формулою:

$$i_{zx} = (0.85 \dots 0.9) \cdot i_1$$

Для розрахунку використаємо отримані раніше параметри. Передавальне число першої передачі становить:

$$i_{zx} = 0,9 \cdot 2,89 = 2,6$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження паливної економічності автомобіля

Одним із ключових інтегральних критеріїв ефективності експлуатації транспортного засобу виступає показник витрати палива під час здійснення автомобільних перевезень у різноманітних дорожніх і кліматичних умовах. Саме рівень паливної економічності визначає не лише фінансові витрати користувача, але й впливає на енергетичну ефективність та екологічність автотранспорту.

Кількість палива, що споживається автомобілем протягом певного проміжку часу, характеризується погодинною витратою. Її значення може бути визначене на основі аналітичної залежності, яка враховує основні параметри функціонування силової установки:

$$Q_{\text{год}} = g_e \cdot N / 1000 \cdot \rho_T, \text{ л/год}, \quad (4.1)$$

g_e – питома витрата палива двигуном, г/кВт;

N_e – ефективна потужність силового агрегату, кВт;

ρ_T – густина застосовуваного пального, кг/м

Таблиця 4.1 – Погодинна витрата палива автомобіля.

$n_e, \text{ хв.}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$g_e, \text{ г/кВт*год}$	$Q_{\text{год}}, \text{ л/год}$
$n_2 = 1200$	37,02	221,1	9,86
$n_3 = 1600$	50,59	215	13,1
$n_4 = 2000$	63,75	210,8	16,19
$n_5 = 2400$	75,88	208,8	19,08
$n_6 = 2800$	86,39	208,8	21,73
$n_7 = 3200$	94,65	210,8	24,03
$n_8 = 4000$	102	221,1	27,17

У практиці оцінювання експлуатаційних показників транспортних засобів найпоширенішим є визначення витрати палива на 100 км пробігу при встановленому режимі руху.

Кількість палива, необхідна для забезпечення руху автомобіля на стандартну відстань у 100 км за фіксованої швидкості, може бути отримана на основі наступної розрахункової залежності:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N}{10 \cdot V \cdot \rho_T}, \text{ л/100 км.}; \quad (4.2)$$

З урахуванням того, що ефективна потужність двигуна описується відповідною розрахунковою залежністю, яка встановлює зв'язок між параметрами роботи силового агрегату та отримуваною корисною енергією, можна записати:

$$N = \frac{P_\psi + P_w \pm P_j}{1000 \cdot \eta_T} \cdot V, \quad (4.3)$$

де P_ψ , P_w , P_j – відповідно сили опору дороги, повітря і інерції при русі автомобіля;

η_T – трансмісії;

V – швидкість руху автомобіля.

Застосувавши залежність (4.3) і підставивши її в попередній вираз (4.2), здійснюємо математичне перетворення, у результаті якого отримуємо узагальнену формулу для визначення ефективної потужності двигуна в умовах реального руху:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (P_\psi + P_w \pm P_j)}{3,6 \cdot 10^4 \cdot \rho_T \cdot \eta_T}, \text{ л/100 км.} \quad (4.4)$$

За умови встановленого рівномірного руху автомобіля інерційна складова опору відсутня, тобто $F_i = 0$, а при русі по горизонтальній ділянці дороги ухил не впливає на опір коченню $\alpha = 0$. За таких умов загальна формула (4.4) набуває спрощеного вигляду:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot (G_a \cdot \varphi + P_w)}{3,6 \cdot 10^4 \cdot \rho_T \cdot \eta_T}, \text{ л/100 км.} \quad (4.5)$$

У режимі рівномірного руху оцінювання паливної економічності транспортного засобу здійснюється шляхом побудови паливно-економічної характеристики. Такий підхід ґрунтується на експериментальних даних, отриманих під час стендових випробувань або дорожніх тестувань у реальних

експлуатаційних умовах. Концепцію цієї характеристики вперше сформував академік Є. О. Чудаков, визначивши її як залежність питомої (шляхової) витрати палива, вираженої у л/100 км, від швидкості руху автомобіля при роботі на різних передачах коробки перемикачів передач та за різного рівня дорожніх опорів, що кількісно задається коефіцієнтом опору дороги ψ .

Узагальнена аналітична залежність, яка дозволяє визначити шляхову витрату пального з урахуванням маси автомобіля, дорожніх умов, передаточного числа трансмісії та швидкісного режиму руху, отримала назву рівняння витрати палива. Воно є основним інструментом інженерного аналізу ефективності транспортного засобу в умовах усталеного руху:

$$Q_s = \frac{g_{eN} \cdot k_{\omega}^G \cdot k_{\psi} (P_{\psi} + P_w)}{3,6 \cdot 10^4 \cdot \rho_T \cdot \eta_T}, \text{ л/100 км,} \quad (4.6)$$

$$\Psi=0,02$$

$$Q_s = (229,4 \cdot 1,08 \cdot 1,2 \cdot (88,25 + 62,1)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 1,55 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (221,1 \cdot 1,03 \cdot 1,19 \cdot (88,25 + 139,8)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 2,15 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (215 \cdot 0,99 \cdot 1,18 \cdot (88,25 + 248,6)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 2,94 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (210,8 \cdot 0,97 \cdot 1,15 \cdot (88,25 + 388,5)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 3,9 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (208,8 \cdot 0,95 \cdot 1,11 \cdot (88,25 + 559,5)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 4,97 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (208,8 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot (88,25 + 761,3)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 6,16 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (210,8 \cdot 0,96 \cdot 0,97 \cdot (88,25 + 994,4)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 7,4 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (221,1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot (88,25 + 1554,1)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 12,27 \text{ л/100 км.}$$

$$\Psi=0,03$$

$$Q_s = (229,4 \cdot 1,08 \cdot 1,2 \cdot (158,8 + 62,1)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 2,28 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (221,1 \cdot 1,03 \cdot 1,19 \cdot (158,8 + 139,8)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 2,82 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (215 \cdot 0,99 \cdot 1,18 \cdot (158,8 + 248,6)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 3,56 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (210,8 \cdot 0,97 \cdot 1,15 \cdot (158,8 + 388,5)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 4,48 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (208,8 \cdot 0,95 \cdot 1,11 \cdot (158,8 + 559,5)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 5,51 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (208,8 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot (158,8 + 761,3)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 6,68 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (210,8 \cdot 0,96 \cdot 0,97 \cdot (158,8 + 994,4)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 7,89 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (221,1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot (158,8 + 1554,1)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 12,8 \text{ л/100 км.}$$

$$\Psi = 0,01$$

$$Q_s = (229,4 \cdot 1,08 \cdot 1,2 \cdot (17,65 + 62,1)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 0,82 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (221,1 \cdot 1,03 \cdot 1,19 \cdot (17,65 + 139,8)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 1,48 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (215 \cdot 0,99 \cdot 1,18 \cdot (17,65 + 248,6)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 2,33 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (210,8 \cdot 0,97 \cdot 1,15 \cdot (17,65 + 388,5)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 3,32 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (208,8 \cdot 0,95 \cdot 1,11 \cdot (17,65 + 559,5)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 4,43 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (208,8 \cdot 0,95 \cdot 1,05 \cdot (17,65 + 761,3)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 5,65 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (210,8 \cdot 0,96 \cdot 0,97 \cdot (17,65 + 994,4)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 6,92 \text{ л/100 км.}$$

$$Q_s = (221,1 \cdot 1 \cdot 0,97 \cdot (17,65 + 1554,1)) / (3,6 \cdot 10^4 \cdot 0,83 \cdot 0,96) = 11,75 \text{ л/100 км.}$$

де g_{eN} – питома витрата палива при максимальній потужності двигуна, г/(кВт·год) (береться за швидкісною зовнішньою характеристикою двигуна);

k_{ω}^G – коефіцієнт, який враховує зміну питомої витрати палива залежно від кутової швидкості колінчастого вала двигуна;

k_e – коефіцієнт, який враховує зміну g_e залежно від ступеня використання потужності двигуна;

ρ_T – густина палива, г/см³, для бензину $\rho_{\delta} = 0,75$ кг/м³, для дизельного палива $\rho_{\theta} = 0,83$ кг/м³;

$$P_{\psi} = G_a \cdot \psi - \text{сила опору дороги руху автомобіля.}$$

Коефіцієнт k_{ω}^G в залежності від відносної кутової швидкості колінчастого вала двигуна ω_1 / ω_N можна знайти за графіком, наведеним на рисунку 4.1.

Величина коефіцієнта k_B знаходиться у функціональному зв'язку з коефіцієнтом використання потужності B . Такий взаємозв'язок відображається на паливно-економічній характеристиці двигуна, де для кожного режиму навантаження визначається відповідне значення коефіцієнта k_B (див. рисунок 4.2).

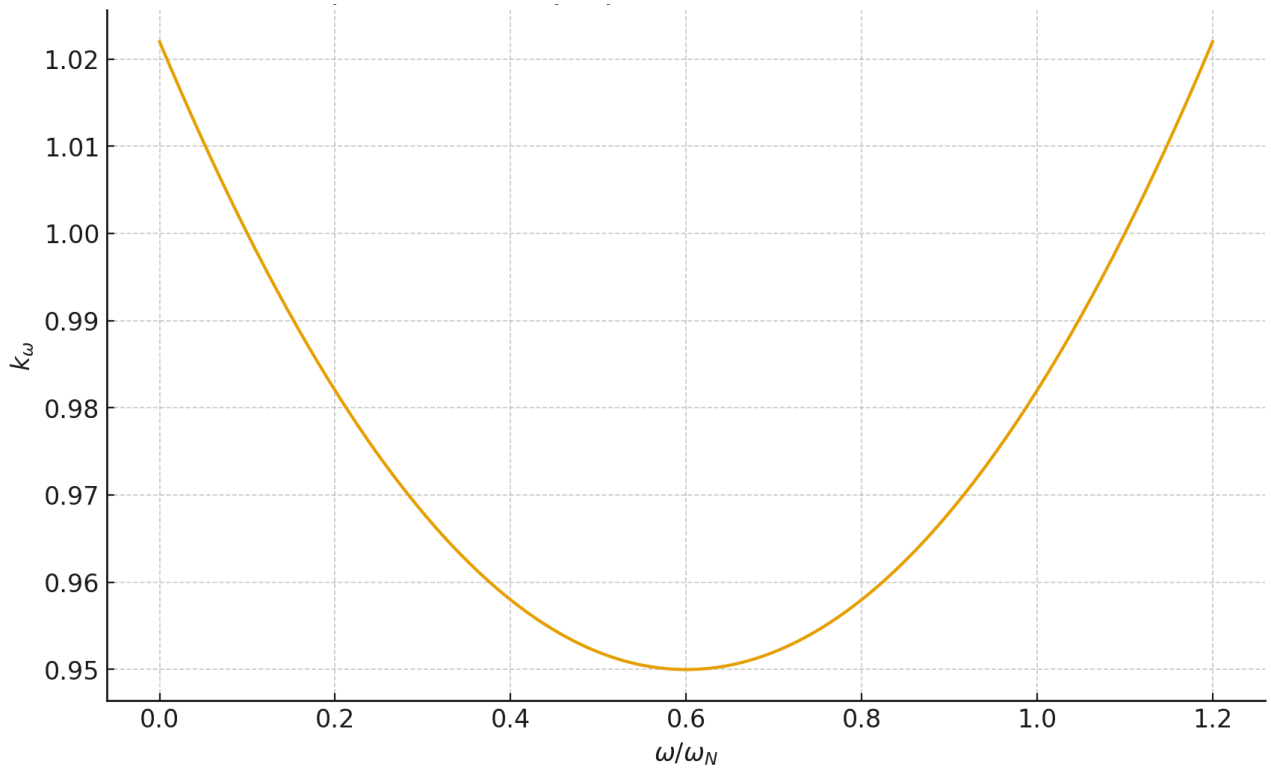


Рис. 4.1. Залежність коефіцієнта k_ω^G від відношення ω_1 / ω_N .

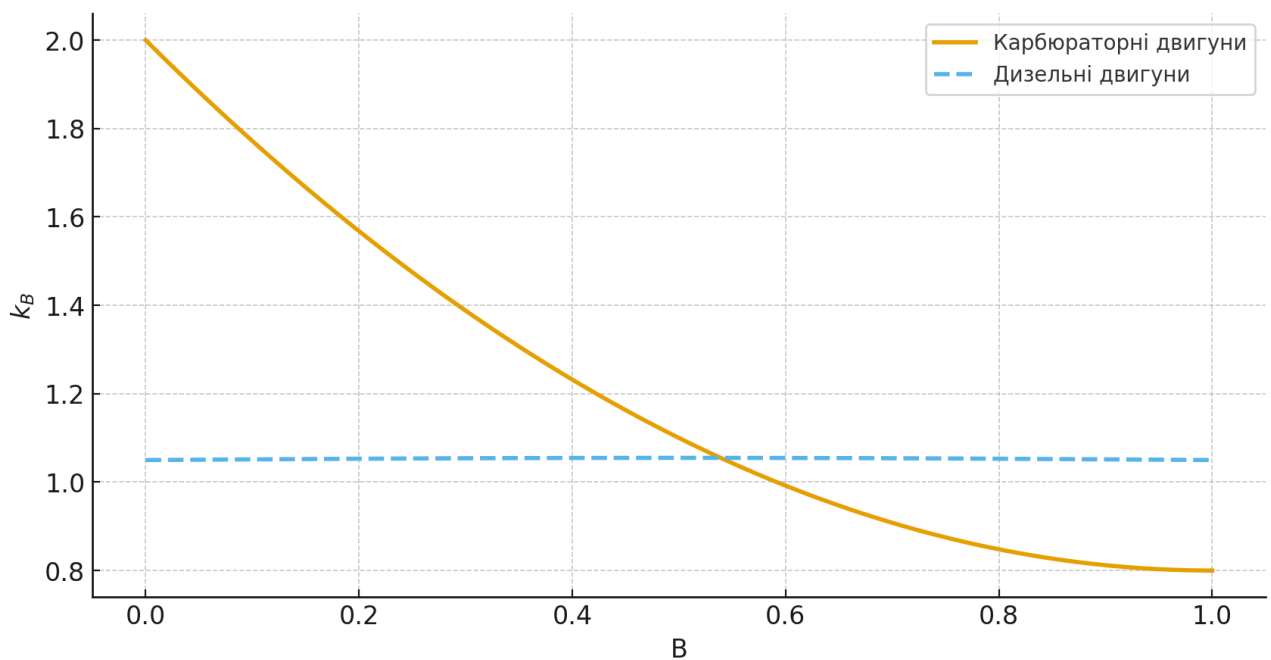


Рис. 4.2. Залежність коефіцієнта K_B від B .

Значення коефіцієнта використання потужності B можна визначити за допомогою розрахункової залежності, яка враховує співвідношення між ефективною потужністю, що розвивається двигуном у даному режимі, та його номінальним енергетичним потенціалом:

$$B = \frac{N_{nomp}}{N}, \quad (4.7)$$

$$B = \frac{1,82}{23,66} = 0,07.$$

$$B = \frac{4,15}{37,02} = 0,11.$$

$$B = \frac{8,19}{50,59} = 0,16.$$

$$B = \frac{14,49}{63,75} = 0,22.$$

$$B = \frac{23,63}{75,88} = 0,31.$$

$$B = \frac{36,15}{86,39} = 0,41.$$

$$B = \frac{52,66}{94,65} = 0,55.$$

$$B = \frac{99,87}{102} = 0,97.$$

де N_{nomp} – ефективна потужність, яку необхідно забезпечити двигуну для підтримання руху автомобіля зі сталою швидкістю V по дорожньому покриттю з визначеним коефіцієнтом опору руху ψ на найвищій передачі трансмісії.

$$N_{nomp} = \frac{\psi \cdot G_a \cdot V + P_w \cdot V}{1000 \cdot \eta_T}; \quad (4.8)$$

$$N_{потр} = \frac{0,005 * 17651 * 23,35 + 248,6 * 23,35}{1000 * 0,96} = 8,19 \text{ кВт.}$$

$$N_{потр} = \frac{0,005 * 17651 * 29,19 + 388,5 * 29,19}{1000 * 0,96} = 14,49 \text{ кВт.}$$

$$N_{потр} = \frac{0,005 * 17651 * 35,03 + 559,5 * 35,03}{1000 * 0,96} = 23,63 \text{ кВт.}$$

$$N_{потр} = \frac{0,005 * 17651 * 40,86 + 761,3 * 40,86}{1000 * 0,96} = 36,15 \text{ кВт.}$$

$$N_{потр} = \frac{0,005 * 17651 * 46,7 + 994,4 * 46,7}{1000 * 0,96} = 52,66 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{потр}} = \frac{0,005 * 17651 * 58,38 + 1554,1 * 58,38}{1000 * 0,96} = 99,87 \text{ кВт.}$$

V – встановлена лінійна швидкість руху автомобіля, що відповідає заданому значенню коефіцієнта дорожнього опору ψ і вибраній передачі в трансмісії;

N_{eV} – значення ефективної потужності двигуна, визначене за його швидкісною характеристикою при тій кутовій частоті обертання, яка відповідає швидкості руху транспортного засобу V .

Параметри k_{ω} та k_B можуть бути визначені аналітичним шляхом на основі таких залежностей:

для всіх типів двигунів:

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 \cdot \frac{\omega}{\omega_N} + 0,98 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_N}\right)^2 - 0,24 \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_N}\right)^3; \quad (4.9)$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (1200/4000) + 0,98 * (1200/4000)^2 - 0,24 * (1200/4000)^3 = 1,03.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (1600/4000) + 0,98 * (1600/4000)^2 - 0,24 * (1600/4000)^3 = 0,99.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (2000/4000) + 0,98 * (2000/4000)^2 - 0,24 * (2000/4000)^3 = 0,97.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (2400/4000) + 0,98 * (2400/4000)^2 - 0,24 * (2400/4000)^3 = 0,95.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (2800/4000) + 0,98 * (2800/4000)^2 - 0,24 * (2800/4000)^3 = 0,93.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (3200/4000) + 0,98 * (3200/4000)^2 - 0,24 * (3200/4000)^3 = 0,96.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (3600/4000) + 0,98 * (3600/4000)^2 - 0,24 * (3600/4000)^3 = 0,97.$$

$$k_{\omega}^G = 1,25 - 0,99 * (4000/4000) + 0,98 * (4000/4000)^2 - 0,24 * (4000/4000)^3 = 1.$$

для дизельних двигунів:

$$k_B = 1,2 + 0,14 \cdot B - 1,8 \cdot B^2 + 1,46 \cdot B^3; \quad (4.10)$$

для бензинових двигунів^

$$k_B = 3,27 - 8,22 \cdot B + 9,13 \cdot B^2 - 3,18 \cdot B^3. \quad (4.11)$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,07 + 9,13 * 0,07^2 - 3,18 * 0,07^3 = 2,7.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,11 + 9,13 * 0,11^2 - 3,18 * 0,11^3 = 2,4.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,16 + 9,13 * 0,16^2 - 3,18 * 0,16^3 = 2,1.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,22 + 9,13 * 0,22^2 - 3,18 * 0,22^3 = 1,8.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,31 + 9,13 * 0,31^2 - 3,18 * 0,31^3 = 1,5.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,41 + 9,13 * 0,412 - 3,18 * 0,413 = 1,05.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,55 + 9,13 * 0,552 - 3,18 * 0,553 = 1,2.$$

$$K_B = 3,27 - 8,22 * 0,97 + 9,13 * 0,972 - 3,18 * 0,973 = 0,9.$$

Початкові вихідні дані для побудови паливно-економічної характеристики автомобіля бажано визначати за умов руху на вищій передачі трансмісії або на тій передачі, яка є доцільною за заданих дорожніх опорів. Такий підхід забезпечує найбільш реалістичну оцінку ефективності силового агрегату в режимах, що найчастіше зустрічаються під час експлуатації.

Процес розрахунку параметрів доцільно виконувати у такій послідовності:

Приймають ряд значень швидкості руху автомобіля V_i на вибраній передачі. При цьому обов'язково враховують як мінімально можливу, так і максимально допустиму швидкість на цій передачі.

Для кожного із заданих значень швидкості V_i визначають кутову частоту обертання колінчастого вала двигуна за залежністю:

$$\omega = \frac{60 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 0,95}{0,3} = 188; \quad (8.12)$$

Визначити енергетичні параметри двигуна:

- за зовнішньою швидкісною характеристикою встановлюють значення ефективної потужності N_e для кожного заданого режиму руху;
- обчислюють необхідну потужність N_{eV} , яку повинен розвивати двигун для забезпечення руху автомобіля зі сталою швидкістю;
- визначають коефіцієнт використання ефективної потужності B та відносну кутову швидкість колінчастого вала двигуна $\omega^* = \frac{\omega}{\omega_N}$.

За графоаналітичним методом, використовуючи допоміжні залежності, подані на рисунках 4.1 та 4.2, визначають значення коефіцієнтів k_ω і k_B для кожного заданого режиму руху.

Розраховують шляхову витрату палива Q_s для відповідних швидкостей автомобіля згідно з розрахунковими формулами паливної економічності.

На основі отриманих результатів будується паливно-економічна характеристика автомобіля в режимі усталеного руху (рисунок 4.3). Аналіз графіка дає змогу визначити:

контрольні значення витрати палива $Q_{s,кр}$

економічну швидкість руху $V_{ек}$, за якої забезпечується мінімальне споживання пального при русі по горизонтальній дорозі з коефіцієнтом опору $\psi = 0,02$.

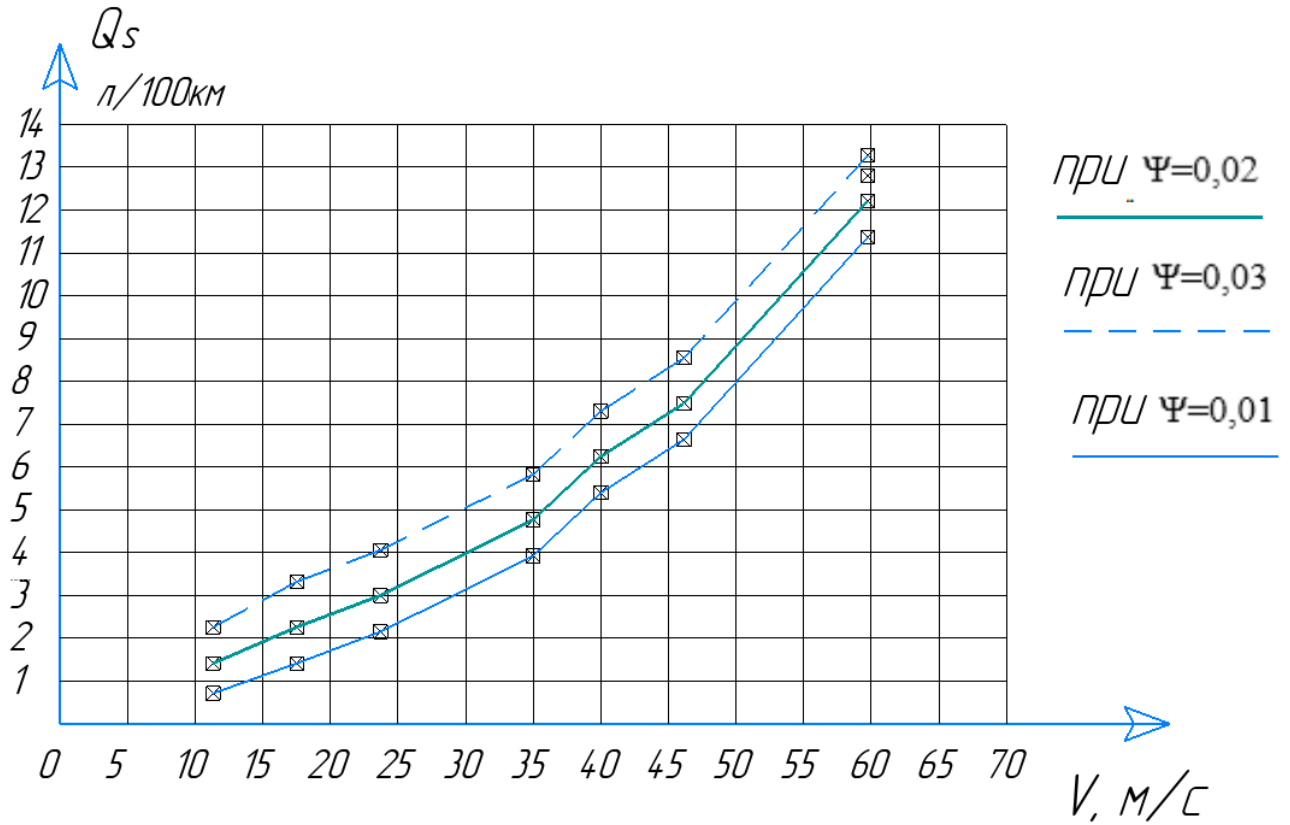


Рис. 4.3. Паливна характеристика усталеного руху автомобіля.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація освітлення робочих місць у транспортній галузі

Система освітлення є одним із ключових факторів забезпечення безпеки праці як під час експлуатації транспортних засобів, так і при виконанні технологічних операцій у виробничих підрозділах транспортної інфраструктури. Рационально організоване освітлення сприяє підвищенню продуктивності працівників, зменшенню зорової втоми та запобіганню травматизму.

Класифікація виробничого освітлення

В залежності від джерела світла виробниче освітлення поділяють на: природне, штучне, суміщене (одночасне використання природного та штучного світла).

Природне освітлення, залежно від способу надходження світлового потоку, поділяють на: бокове (одностороннє або двостороннє), верхнє, комбіноване (поєднання бокового та верхнього).

Штучне освітлення, виходячи з функціонального призначення, класифікують на: робоче – забезпечує нормальні умови праці, аварійне (освітлення безпеки та евакуаційне), охоронне – застосовується в зонах обмеженого доступу, чергове – підтримує мінімальну освітленість в неробочий час.

За системою розташування світильників штучне освітлення поділяється на: загальне (рівномірне або локалізоване), комбіноване (поєднання загального та місцевого).

Вимоги до освітлення робочих зон.

Для створення оптимальних умов зорової діяльності освітлення робочих приміщень повинно відповідати таким критеріям: рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати чинним гігієнічним нормативам для конкретного виду робіт; забезпечення рівномірного розподілу світлового потоку, відсутність мерехтіння та небажаних контрастів між робочою поверхнею та фоном; недопущення прямих і відбитих бликів в полі зору працівника; спектральний склад штучного освітлення повинен бути максимально наближеним до

природного; відсутність супутніх небезпек (шуму, надлишкового теплового випромінювання, електротравмонебезпечності, пожежо- та вибухонебезпечних факторів); економічність, надійність та простота технічного обслуговування.

Нормативи проектування та розрахунку систем освітлення регламентуються ДБН В.2.5-28-2006 *«Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»*.

Нормування та розрахунок природного освітлення.

Приміщення, у яких працівники перебувають протягом тривалого часу, повинні бути обладнані природним освітленням. Оскільки рівень освітленості природним світлом змінюється залежно від погодних умов і часу доби, його оцінювання проводять через відносний показник – коефіцієнт природної освітленості (КПО):

$$\text{КПО} = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{зов}}} \times 100\%$$

де $E_{\text{вн}}$, лк – освітленість у контрольній точці всередині приміщення, створена світлом неба (прямим або розсіяним);

$E_{\text{зов}}$, лк – одночасна горизонтальна освітленість на відкритому просторі від світла небосхилу.

Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) визначається з урахуванням світлотехнічних умов конкретного району розташування будівлі. Розрахунок проводиться за залежністю:

$$\text{КПО}_n = e_n = e_n \cdot m_n$$

де e_n – нормативні значення КПО, що приймаються згідно з таблицями 1 та 2 ДБН В.2.5-28:2006;

m_n – коефіцієнт світлового клімату, визначений за таблицею 4 зазначеного нормативу;

N – номер групи забезпеченості природним освітленням для відповідного району.

Попередній розрахунок природного освітлення.

На етапі проектування виконується попереднє визначення площі світлових прорізів, необхідних для забезпечення нормативних значень КПО в робочій зоні приміщення.

Розрахунок при боковому освітленні

Площа віконних прорізів S_B , що забезпечує нормативний рівень природного освітлення, визначається:

$$\frac{S_B}{S_{\Pi}} = \frac{100 \cdot e_H \cdot K_3 \cdot \eta_B \cdot K_{\text{буд}}}{\tau_0 \cdot r_1}$$

Розрахунок при верхньому освітленні.

Для приміщень з ліхтарями або прорізами у площині покрівлі використовується формула:

$$\frac{S_{\text{л}}}{S_{\Pi}} = \frac{100 \cdot e_H \cdot K_3 \cdot \eta_{\text{л}}}{\tau_0 \cdot r_2 \cdot K_{\text{л}}}$$

де S_{Π} — площа підлоги приміщення, м^2 ;

$S_{\text{л}}$ — площа світлових прорізів при верхньому освітленні;

K_3 — коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості у процесі експлуатації;

$\eta_B, \eta_{\text{л}}$ — світлові характеристики вікон або ліхтарів;

$K_{\text{буд}}$ — коефіцієнт, що враховує затінення світлових прорізів сусідніми будівлями;

$K_{\text{л}}$ — коефіцієнт, що враховує форму ліхтаря;

r_1, r_2 — коефіцієнти підвищення КПО завдяки відбиванню світла внутрішніми поверхнями.

Загальний коефіцієнт світлопроникнення. Величина τ_0 , яка характеризує частку світлового потоку, що проходить у приміщення через світлопрозорі огороження, визначається добутком окремих коефіцієнтів:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$$

де τ_1 — світлопроникність матеріалу заповнення прорізу (скло, склопакети тощо);

τ_2 — втрати світла в рамах;

τ_3 — втрати в несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$);

τ_4 — втрати світлового потоку в сонцезахисних пристроях;

$\tau_5 = 0,9$ — втрати у захисних сітках під ліхтарями.

Отримані залежності дозволяють на етапі проєктування точно визначити необхідні параметри світлових прорізів, що забезпечать комфортні умови

освітлення на робочих місцях та повну відповідність чинним будівельним нормам.

5.2 Укриття населення в захисних інженерних спорудах

Одним із ключових способів забезпечення безпеки населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій є завчасне укриття людей у спеціально побудованих інженерних спорудах, призначених для зменшення або повного усунення впливу небезпечних уражаючих факторів.

Для реалізації заходів із захисту населення органи виконавчої влади та суб'єкти господарювання формують та підтримують фонд захисних споруд цивільного захисту (ЗС ЦЗ), який включає такі основні типи об'єктів:

Сховища — повністю герметизовані інженерні споруди, які забезпечують тривале перебування людей в умовах, що унеможливають вплив небезпечних чинників, пов'язаних із надзвичайними ситуаціями, воєнними діями або терористичними загрозами.

Протирадіаційні укриття (ПРУ) — негерметичні споруди, що забезпечують захист від проникнення іонізуючого випромінювання при радіаційному забрудненні території.

Швидкостпороджувані захисні споруди ЦЗ — мобільні конструкції, які зводяться за стислий час в особливий період для протидії діям засобів ураження.

Споруди подвійного призначення — це наземні або підземні будівлі, які в мирний час використовуються за основною функцією, але в умовах загрози можуть бути оперативно переобладнані під сховища.

Найпростіші укриття — укриття в підвальних або цокольних приміщеннях, а також фортифікаційні споруди, що забезпечують зниження комбінованого ураження людей при надзвичайних ситуаціях та ураженні в особливий період.

Проектування, зведення та облаштування ЗС ЦЗ здійснюються відповідно до будівельних норм, що розроблені на підставі Закону України «Про будівельні норми».

Накопичення фонду захисних споруд. Оскільки будівництво й утримання захисних споруд є тривалим і економічно затратним процесом, в Україні реалізується стратегічне нарощування їх фонду шляхом:

зведення сховищ паралельно з будівництвом нових підприємств із розрахунком на укриття найбільш чисельної робочої зміни;

будівництва окремих сховищ і ПРУ;

використання підземних просторових об'єктів (зокрема метрополітенів);

облаштування сховищ в існуючих заглиблених приміщеннях будівель і споруд;

залучення освоєного підземного простору (тунелі, підземні галереї тощо);

використання природних порожнин та гірничих виробок;

масового зведення найпростіших укриттів у період безпосередньої загрози НС у стислі терміни (3–6 діб).

Експлуатація у мирний час. У період звичайної життєдіяльності наявний фонд ЗС ЦЗ може використовуватися для господарських, культурних і побутових потреб. Водночас режим експлуатації має гарантовано забезпечувати приведення їх у готовність до використання за цільовим призначенням у максимально короткий строк.

Евакуація населення як організаційний спосіб захисту полягає у завчасному переміщенні людей із районів потенційного ураження, зон можливого катастрофічного затоплення та територій, де очікується небезпечне радіаційне, хімічне чи біологічне забруднення, у безпечні місцевості для тимчасового або постійного проживання.

У населених пунктах, де фонд захисних споруд не забезпечує повного укриття населення, особливо в містах з об'єктами підвищеної небезпеки, евакуація розглядається як пріоритетний і найефективніший спосіб захисту людей. Підготовка до неї здійснюється завчасно, з урахуванням прогнозованих сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій.

Залежно від характеру та масштабів загрози, евакуація може бути:

Загальна евакуація

Охоплює всі вікові й соціальні категорії населення та проводиться у разі: загрози або початку воєнних дій;

ризикую значного радіоактивного забруднення території навколо АЕС;
виникнення умов катастрофічного затоплення з часом прибуття проривної хвилі не більше 4 годин;
масштабних лісових і торф'яних пожеж;
інших небезпечних явищ, здатних спричинити тяжкі наслідки для цілих населених пунктів.

Часткова евакуація

Здійснюється щодо контингентів населення, що не беруть участі у виробничих процесах, а саме:

діти дошкільного та шкільного віку,
вихованці інтернатних і дитячих закладів разом з педагогами,
студенти,
особи літнього віку та люди з інвалідністю разом із супровідним персоналом і членами їх сімей.

Організація проведення евакуаційних заходів

Для ефективного виконання завдань евакуація забезпечується такими напрямками роботи:

створення регіональних, місцевих та об'єктових органів управління евакуацією;
завчасне планування евакуаційних заходів;
визначення територій, придатних для розміщення людей і матеріальних цінностей;
оперативне оповіщення населення та керівників підприємств про початок евакуації;
організація безперервного управління евакуаційним процесом;
забезпечення життєдіяльності евакуйованих осіб у місцях тимчасового перебування;
підготовка населення до свідомих і правильних дій під час евакуаційних заходів.

Евакуація, як метод захисту, є невід'ємною складовою системи цивільного захисту та дозволяє значно зменшити людські втрати у разі розвитку небезпечних ситуацій природного, техногенного або воєнного характеру.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі магістра виконано комплексне дослідження технічного обслуговування та ремонтно-відновлювальних технологій колісної ступиці автомобіля Skoda Octavia, а також проведено аналіз впливу технічного стану підвіски на паливну економічність транспортного засобу. Робота складається з п'яти розділів, що включають загальнотехнічний, технологічний, конструкторський, науково-дослідний та розділ охорони праці й безпеки у надзвичайних ситуаціях

У ході роботи. Проаналізовано конструкцію підвіски та вузла ступиці автомобіля Skoda Octavia. Визначено експлуатаційні чинники, що призводять до зношення поверхонь, появи люфтів і зростання опору коченню коліс.

Встановлено типові дефекти ступиці, зокрема деформацію привалкової поверхні, пошкодження різьбового з'єднання та тріщини у зоні концентраторів напружень. На основі результатів дефектації обрано раціональні методи відновлення, що забезпечують відновлення геометричної точності та ресурсу вузла.

Розроблено технологічні карти ремонтних процесів передньої та задньої підвіски, включаючи операції демонтажу, наплавлення, токарної та свердлильної обробки, контролю точності й складання, що дозволяє стандартизувати та оптимізувати ремонтне виробництво.

Обґрунтовано вибір обладнання та оснащення, придатних для реалізації відновлення поверхонь ступиці в умовах сервісних підприємств автомобільного транспорту.

Проведено техніко-економічний аналіз доцільності відновлення, який засвідчив економічні переваги ремонту у порівнянні із заміною ступиці при збереженні прийнятного рівня залишкового ресурсу.

Виконано конструкторські розрахунки трансмісії, розраховано передавальні числа коробки передач та оцінено динамічні характеристики автомобіля, що забезпечують умови безпечної та економічної експлуатації.

Досліджено вплив технічного стану ступиці на паливну економічність. Доведено, що підвищення опору коченню через зношення підшипникових

поверхонь призводить до зростання витрати палива, що підтверджує важливість своєчасного обслуговування вузла як чинника енергозбереження.

Розроблено рекомендації з охорони праці та безпеки, які відповідають чинним нормативним вимогам і забезпечують мінімізацію ризиків під час виконання ремонтних операцій.

Таким чином, поставлені у роботі завдання виконано повністю, а отримані результати мають важливе прикладне значення для удосконалення технічного обслуговування та ремонту автомобілів Skoda Octavia й інших подібних транспортних засобів.

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. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О. Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
3. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
4. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
5. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
6. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
7. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
8. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
9. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.
10. 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.
11. 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.

12. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.

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

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

15. 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.

16. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2(21), 135-144.

17. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. — Львів: Афіша, 2000. — 352 с.

18. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»: навчальний посібник / В.С. Стручок.— Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. — 156 с.

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

20. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

21. Дикань С.А., Зима О.Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях. Університетський курс [Текст]: підручник для студ. вищ. навч. закл. С.А. Дикань, О.Є. Зима. — Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. — 273 с.: табл., іл.