



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)

«21» січня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Яворському Олександрю Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia.

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

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року № 4/9-42

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabi

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Будова, принцип роботи та умови експлуатації гальмівної системи автомобіля

Skoda Fabia – A1;

Технологія ремонту гальмівної системи автомобіля Skoda Fabia – A1;

Обладнання для ремонту гальмівної системи автомобіля Skoda Fabia – A1;

Діагностика та ТО гальмівної системи автомобіля Skoda Fabia – A1;

Пристосування для втискання гальмівного циліндра супорта – A1;

Стенд для діагностування гальмівної системи автомобілів – A1;

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 21.січня 2026р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	29.01.2026	
2	Технологічний розділ	12.02.2026	
3	Конструкторський розділ	04.06.2026	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	11.06.2026	
5	Оформлення графічної частини	11.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Яворський Олександр Андрійович**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Слободян Любомир Михайлович**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia.».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра к.т.н., доцент Слободян Любомир Михайлович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 68 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова діагностування, технічне обслуговування, дефектування деталей, гідравлічний привод, ABS.

## ЗМІСТ

<b>Вступ.....</b>	<b>8</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Загальні відомості про гальмівну систему автомобіля Škoda Fabia....	10
1.1.1 Гальмівний механізм переднього колеса.....	11
1.1.2 Гальмівний механізм заднього колеса.....	12
1.1.3 Вакуумний підсилювач гальм.....	13
1.1.4 Головний гальмівний циліндр.....	14
1.1.5 Ручне стоянкове гальмо.....	15
1.1.6 Система ABS.....	16
1.2 Основні несправності, способи їх виявлення та усунення.....	18
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра.....	22
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>25</b>
2.1 Обґрунтування технологічного процесу ремонту гальмівної системи.....	25
2.2 Загальна схема технологічного процесу.....	26
2.3 Приймальне діагностування.....	27
2.4 Підготовка автомобіля до ремонту.....	28
2.5 Технологія ремонту переднього дискового механізму.....	29
2.5.1 Демонтаж і дефектування.....	29
2.5.2 Контроль товщини гальмівного диска.....	31
2.5.3 Контроль торцевого биття.....	32
2.5.4 Оцінювання спрацювання колодок.....	32
2.6 Технологія ремонту переднього супорта.....	33
2.7 Технологія ремонту заднього барабанного механізму.....	34
2.7.1 Розбирання механізму.....	34
2.7.2 Дефектування барабана.....	36
2.7.3 Заміна заднього колісного циліндра.....	37
2.8 Відновлення автоматичного регулятора зазору.....	37
2.9 Ремонт гідравлічного привода.....	38

2.9.1	Перевірка трубопроводів і шлангів.....	38
2.9.2	Перевірка головного гальмівного циліндра.....	38
2.10	Перевірка вакуумного підсилювача.....	39
2.11	Ремонт і регулювання стоянкового гальма.....	39
2.12	Заміна гальмівної рідини та прокачування.....	40
2.13	Діагностування ABS.....	41
2.14	Вибір технологічного обладнання.....	41
2.15	Маршрутна карта ремонту.....	42
2.16	Розрахунок трудомісткості технологічного процесу.....	43
2.17	Розрахунок показників стендового контролю.....	43
2.18	Розрахунок необхідного моменту стоянкового гальма.....	44
2.19	Витрати технологічних матеріалів.....	45
2.20	Технічні вимоги до якості ремонту.....	46
<b>3</b>	<b>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>47</b>
3.1	Призначення та технічні вимоги до пристосування.....	47
3.2	Принцип роботи пристосування.....	49
3.3	Визначення необхідного зусилля втискання поршня.....	50
3.4	Розрахунок силового гвинта.....	51
3.4.1	Перевірка гвинта на стискання.....	52
3.4.2	Перевірка гвинта на поздовжню стійкість.....	52
3.5	Визначення моменту обертання гвинта.....	53
3.6	Розрахунок рукоятки.....	54
3.7	Розрахунок силової гайки.....	54
3.8	Розрахунок опорної поперечини.....	55
3.9	Перевірка бічних пластин рами.....	56
3.10	Розрахунок зварних з'єднань.....	56
3.11	Перевірка натискної чашки.....	57
3.12	Оцінювання ефективності застосування пристосування.....	57
<b>4</b>	<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ..</b>	<b>59</b>
4.1	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту гальмівної системи.....	59

4.2 Організація безпечного виконання діагностичних і ремонтних	
Операцій.....	61
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>65</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>67</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

У процесі експлуатації елементи гальмівної системи працюють під дією значних механічних і теплових навантажень. Фрикційні поверхні дисків, барабанів і колодок піддаються поступовому спрацюванню, а багаторазові цикли нагрівання та охолодження можуть спричиняти деформацію деталей і погіршення стабільності коефіцієнта тертя. Одночасно гідравлічний привод зазнає впливу коливань тиску, температури, вологи та старіння робочої рідини. Напрямні супорти, поршні, колісні циліндри, регулювальні механізми й троси стоянкового гальма працюють у складних умовах забруднення та корозійного впливу.

Наслідками зазначених процесів можуть бути шум і вібрація під час гальмування, нерівномірне спрацювання колодок, відведення автомобіля від прямолінійної траєкторії, збільшений хід педалі, недостатнє гальмівне зусилля, неповне розгальмовування коліс і зниження ефективності стоянкового гальма. Окрему групу становлять несправності електронної антиблокувальної системи, пов'язані з пошкодженням датчиків частоти обертання коліс, проводки, імпульсних елементів або гідравлічного модуля.

Поєднання гідравлічних, механічних та електронних компонентів ускладнює встановлення причини несправності за однією зовнішньою ознакою. Наприклад, перегрівання переднього диска може бути наслідком заклинювання поршня, напрямних супорта або внутрішнього пошкодження гнучкого шланга. Збільшення ходу педалі може бути спричинене як потраплянням повітря до гідравлічного привода, так і надмірним зазором у задніх барабанних механізмах. Тому ремонт повинен починатися з комплексного діагностування та передбачати послідовне виключення можливих причин дефекту.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи визначається необхідністю розроблення впорядкованого технологічного процесу, який поєднує приймальне, електронне, вимірювальне та стендове діагностування з раціональною послідовністю ремонтних і контрольних операцій. Використання такого процесу дає змогу підвищити обґрунтованість прийнятих ремонтних рішень, запобігти необов'язковій заміні справних деталей, скоротити тривалість перебування

автомобіля в ремонті та забезпечити належну якість відновлення гальмівної системи.

Особливої уваги потребує вибір технологічного обладнання та спеціального оснащення. Застосування роликowego гальмівного стенда дає змогу визначати фактичні сили на окремих колесах і нерівномірність їх розподілу. Діагностичний сканер забезпечує зчитування кодів несправностей ABS і контроль сигналів датчиків, а установка для подавання гальмівної рідини під тиском підвищує якість прокачування гідравлічного привода. Вимірювання товщини дисків, внутрішнього діаметра барабанів і торцевого биття робочих поверхонь дозволяє приймати рішення про придатність деталей на основі кількісних параметрів.

Важливою технологічною операцією під час заміни передніх гальмівних колодок є повернення поршня супорта у вихідне положення. Використання випадкового ручного інструменту може призвести до перекошування поршня, пошкодження його захисного чохла або гальмівного шланга. У зв'язку з цим у роботі передбачено розроблення спеціального гвинтового пристосування, яке забезпечує плавне й співвісне втискання поршня з контрольованим прикладанням зусилля.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення технологічного процесу ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia, спрямованого на підвищення якості діагностування, обґрунтоване відновлення працездатності її складових, скорочення трудомісткості ремонтних операцій і забезпечення безпечних умов праці.

Об'єктом роботи є технологічний процес діагностування та ремонту гальмівної системи легкового автомобіля.

Предметом роботи є методи, операції, режими, обладнання та спеціальне оснащення, які застосовуються для контролю технічного стану і відновлення працездатності гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Загальні відомості про гальмівну систему автомобіля Skoda Fabia

Автомобіль оснащений робочою гальмівною системою з гідравлічним приводом. Вона є двоконтурною, має діагональне розділення контурів і додатково обладнана вакуумним підсилювачем та датчиком рівня гальмівної рідини [1, 9].

Така конструкція забезпечує високу надійність: у штатному режимі працюють обидва контури, але у разі пошкодження (розгерметизації) одного з них, інший контур продовжить роботу і дозволить зупинити автомобіль, хоча й з меншою ефективністю.

Принцип роботи.

Процес гальмування відбувається за таким алгоритмом:

Імпульс: Водій натискає на педаль гальма, яка безпосередньо пов'язана з головним гальмівним циліндром.

Передача тиску: У головному циліндрі створюється тиск рідини, яка металевими магістралями подається до блоку ABS, а звідти розподіляється на передні та задні гальмівні механізми.

Механічна дія: Робочі гальмівні циліндри виконують роль гідравлічних модуляторів – вони перетворюють тиск рідини на механічне переміщення деталей.

Гальмування: Поршні передніх супортів та задніх циліндрів притискають гальмівні колодки до дисків. Виникає сила тертя, яка забезпечує необхідне уповільнення автомобіля.

Завершення: Щойно водій відпускає педаль, тиск у системі падає, поршні та колодки повертаються у вихідне положення, і процес гальмування припиняється.

Елементи керування та індикація. Педаль гальма має підвісну конструкцію та оснащена поворотною (поворотно-поворотною) пружиною. Нормальний вільний хід педалі має становити від 3 до 8 мм. Над педаллю

розміщено вимикач стоп-сигналів, контакти якого замикаються під час натискання.

Система оповіщення На бачку головного гальмівного циліндра встановлено датчик рівня рідини. Якщо рівень падає до критичного, на панелі приладів загоряється відповідна контрольна лампа. *Важливо:* Ця ж лампа відповідає за індикацію стоянкового гальма. Тому, якщо вона загорілася під час руху, насамперед переконайтеся, що стоянкове гальмо («ручник») повністю відпущене.

### 1.1.1 Гальмівний механізм переднього колеса

Гальмівний механізм переднього колеса - дисковий, вентильований, однопоршневий, з плаваючим супортом (див. рис. 1.1) [1].

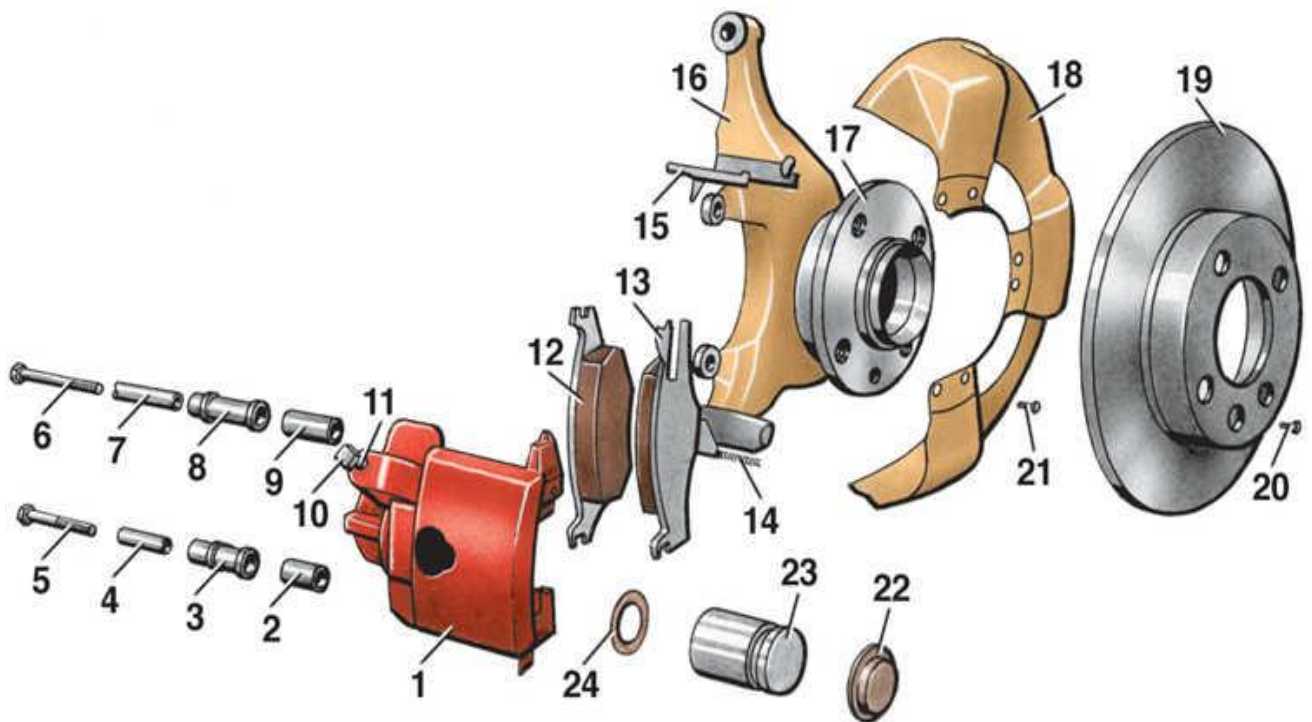


Рисунок 1.3 – Елементи переднього гальмівного механізму:

1 – супорт; 2, 9 – втулки; 3, 8 – вкладиші; 4, 7 – втулки; 5, 6 – болти; 10 – ковпачок; 11 – клапан випуску повітря; 12 – внутрішня гальмівна колодка; 13 – зовнішня гальмівна колодка; 14, 15 – фіксатори; 16 – поворотний кулак; 17 – маточина колеса; 18 – захисний кожух; 19 – гальмівний диск; 20 – гвинт; 21 – болт; 22 – захисний ковпак; 23 – поршень; 24 – манжет.

### 1.1.2 Гальмівний механізм заднього колеса

Задній гальмівний механізм (див. рис. 1.2) барабанного типу, робочий циліндр двохкамерний. Гальмівні колодки обладнані акустичними індикаторами зносу. При товщині накладки колодки менше 2,0 мм індикатор починає видавати скрип, який попереджає водія про необхідність заміни колодок.

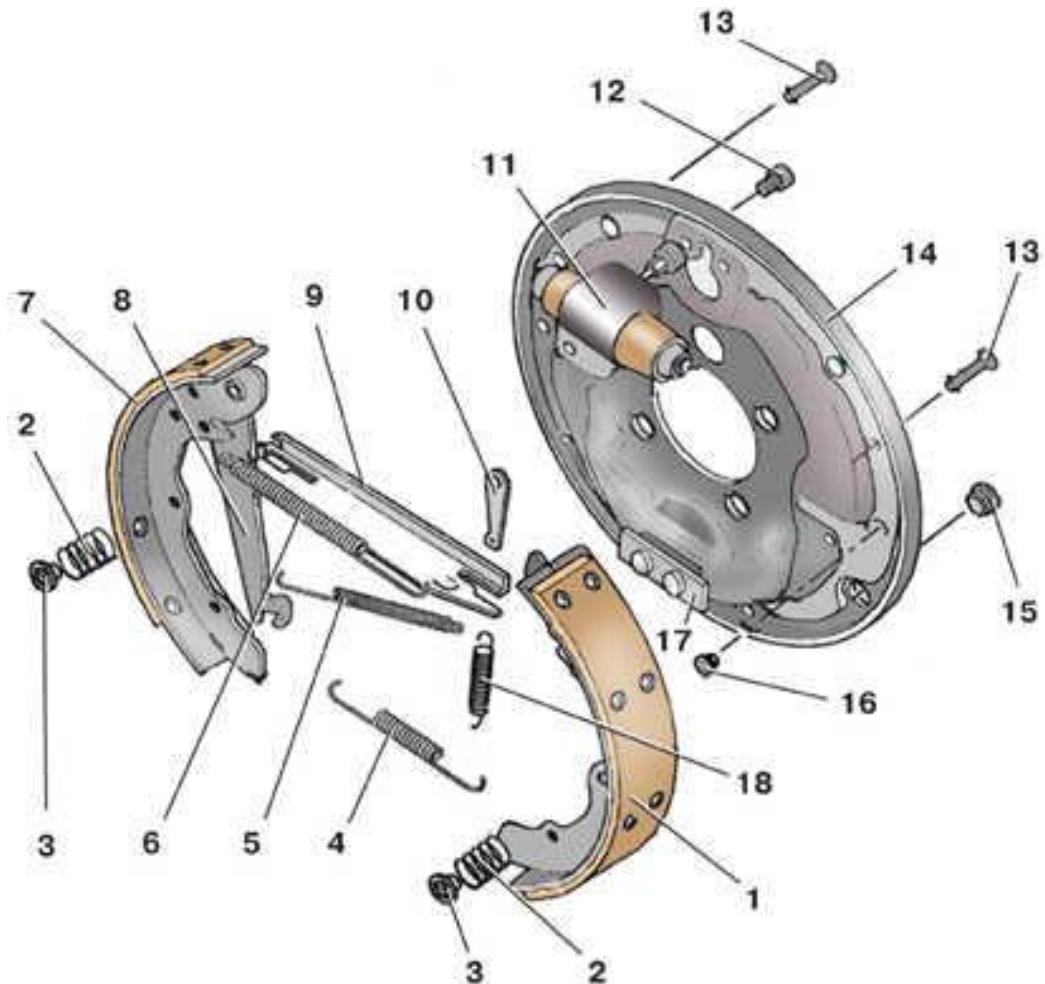


Рисунок 1.2 – Схема гальмівного механізму заднього колеса

1 - передня гальмівна колодка; 2 - пружина; 3 - чашка; 4 - нижня стяжна пружина; 5 - підтискна пружина распорной планки; 6 - верхня стяжна пружина; 7 - задня гальмівна колодка; 8 - важіль ручного приводу; 9 - распорная планка; 10 - регулювальний клин; 11 - колісний циліндр; 12 - болт кріплення колісного циліндра; 13 - стійка; 14 - гальмівний щит; 15 - заглушка; 16 - упор гальмівної колодки; 17 - нижня опора колодок; 18 - підтискна пружина регулювального клина.

### 1.1.3 Вакуумний підсилювач гальм

Головне завдання вакуумного підсилювача – значно зменшити фізичне зусилля, яке водій прикладає до педалі гальма [1, 9]. Для своєї роботи він використовує розрідження (вакуум), що утворюється у впускному трубопроводі, коли двигун працює.

Розташування: Встановлений у моторному відсіку. Він розміщується між штовхачем педалі та головним гальмівним циліндром і кріпиться до щитка передка за допомогою чотирьох гайок.

Обслуговування: Деталь має повністю нерозбірну конструкцію, тому в разі поломки вона не ремонтується, а підлягає повній заміні.

Безпосередньо до корпусу вакуумного підсилювача на двох шпильках кріпиться головний гальмівний циліндр (співвідношення зусилля 4:1).

Живлення системи: Зверху на циліндрі встановлено бачок, з якого в систему безперебійно надходить гальмівна рідина.

Візуальний контроль: На стінках бачка нанесені мітки максимального та мінімального допустимого рівня рідини.

Електронний контроль: У бачок вмонтовано поплавковий датчик. Якщо рівень гальмівної рідини падає нижче норми, поплавець опускається і замикає контакти, активуючи попереджувальний сигнал для водія



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд вакуумного підсилювача гальм.

### 1.1.4 Головний гальмівний циліндр

Головний гальмівний циліндр (див. рис. 1.6) гідравлічного приводу гальм складається з двох окремих камер, з'єднаних з незалежними гідравлічними контурами. Перша камера пов'язана з лівим заднім та правим переднім гальмівними механізмами, друга з правим заднім та лівим переднім гальмівними механізмами [1, 9].

Головний циліндр забезпечений бачком, внутрішня порожнина якого розділена перегородкою на два відсіки. Кожен відсік живить одну з камер головного циліндра.

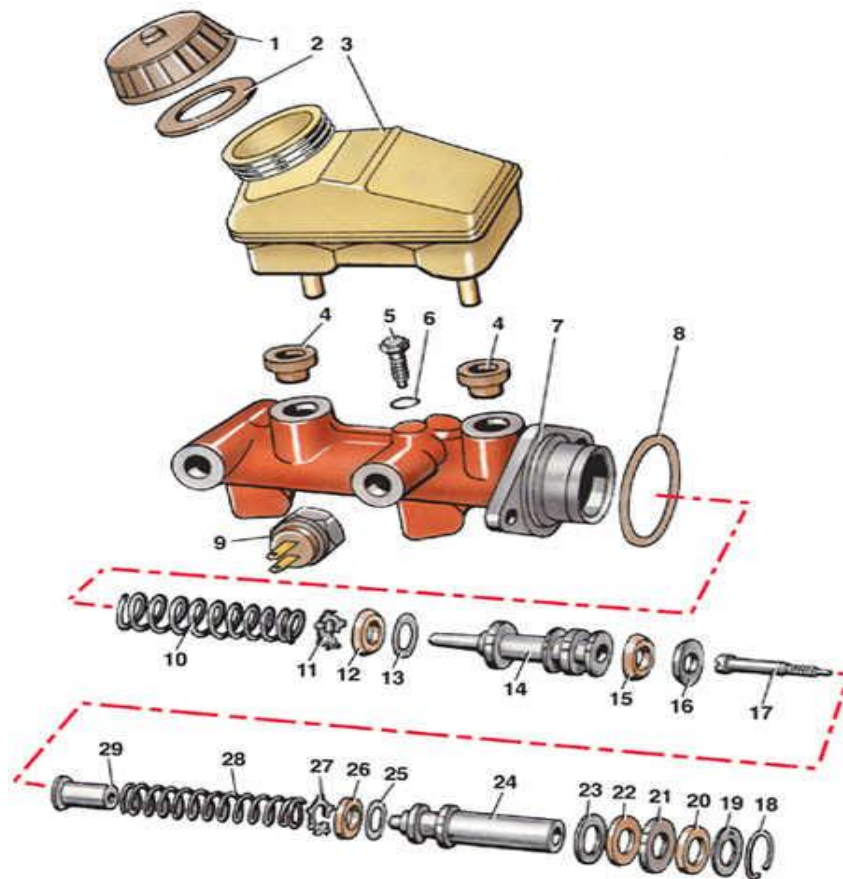


Рисунок 1.6 – Будова гальмівного циліндра з бачком:

1 – кришка; 2 – прокладка; 3 – бачок; 4 – втулка; 5 – упорний болт; 6 – прокладка; 7 – корпус; 8 – прокладка; 9 – вимикач вогнів заднього ходу; 10 – пружина; 11 – шайба; 12 – манжет; 13 – клапан; 14 – поршень; 15, 16 – манжети; 17 – регульовальний гвинт; 18 – штопорне кільце; 19 – шайба; 20, 22 – зовнішні манжети; 21 – проставочна шайба; 23 – упорная шайба; 24 – поршень; 25 – клапан; 26 – манжет; 27 – шайба; 28 – пружина; 29 – втулка.

При натисканні на педаль гальма поршні головного циліндра починають переміщатися, робочими крайками манжет перекривають компенсаційні отвори, камери і бачок роз'єднуються та починається нарощування тиску гальмівної рідини. На автомобілях, оснащених анти-блокувальною системою гальм (ABS), в отвори головного гальмівного циліндра вкручені штуцера трубок, що підводять гальмівну рідину до гідравлічного блоку ABS.

На автомобілях без ABS на головному гальмівному циліндрі встановлені регулятори тиску, які при гальмуванні коригують тиск гальмівної рідини в задніх гальмівних механізмах, виключаючи можливість випереджаючого блокування задніх коліс. Це досягається пропорційним зменшенням тиску в задніх гальмах стосовно тиску в передніх. Співвідношення значень тиску в передніх і задніх колісних циліндрах при різних значеннях зусилля на педалі наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Співвідношення значень тиску в контурах гідроприводу гальм, який підтримує регулятор тиску.

Тиск в передньому гальмівному циліндрі, МПа	Тиск в задньому гальмівному циліндрі, МПа
2	2
5,4	4
9	5

### 1.1.5 Ручне стоянкове гальмо

Стоянкове гальмо - частина гальмівної системи, призначена для утримання транспортного засобу в нерухомому стані відносно опорної поверхні (див. рис. 1.6) [1, 9].

Гальмо стоянки призначений для утримання автомобіля на стоянках та на ухилах.

Стоянкове гальмо приводиться в дію рукою , за допомогою важеля, який знаходиться між місцем водія і розташованим поруч пасажирським сидінням

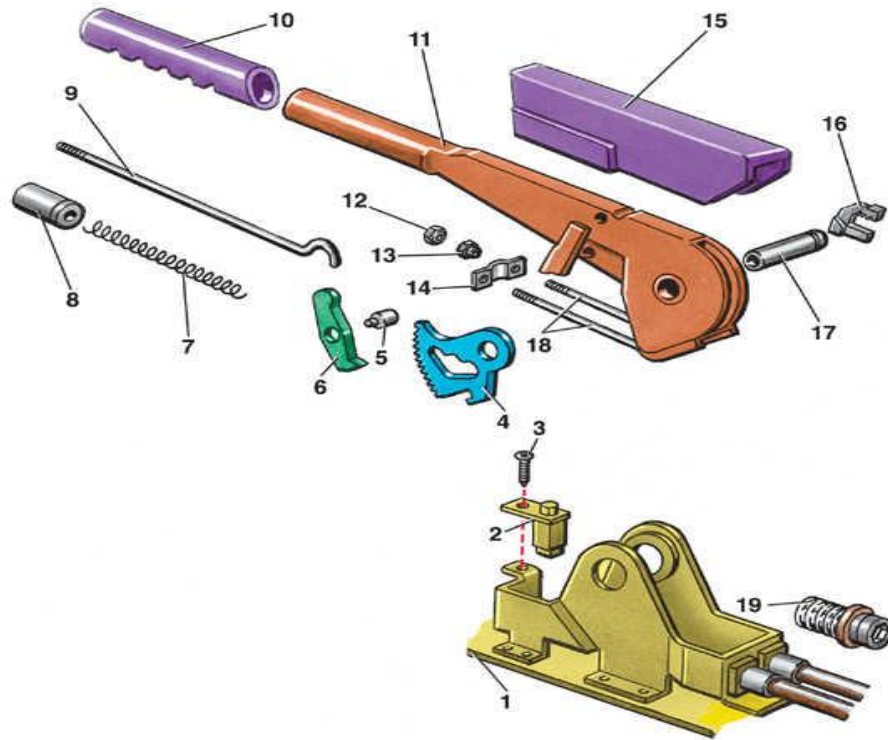


Рисунок 1.7 – Будова ручного стоянкового гальма:

1 – кронштейн; 2 – виключачель; 3 – гвинт; 4 – зубчастий сектор; 5 – вал; 6 – собачка; 7 – пружина; 8 – кнопка; 9 – штовхач; 10 – рукоятка; 11 – важіль стояночного гальма; 12 – контргайка; 13 – регулювальна гайка; 14 – скоба; 15 – кожух; 16 – штопор; 17 – вал; 18 – різьбовий наконечник тросика; 19 – чохол.

### 1.1.6 Система ABS

Ця модель автомобіля оснащена антиблокувальною системою (ABS) [1, 10, 11, 16]. Її головне завдання – не допустити блокування коліс під час гальмування, що дозволяє водієві зберегти контроль над керуванням та курсову стійкість машини.

Центральним елементом є гідравлічний блок ABS, який об'єднує модулятор, насос та електронний блок управління. Він закріплений у моторному відсіку на щитку передка, безпосередньо під вакуумним підсилювачем гальм.

Гальмівна рідина надходить до блоку ABS від головного гальмівного циліндра (через два штуцери з його правого боку).

Після блоку ABS рідина по окремих каналах розподіляється до робочих циліндрів кожного колеса.

Принцип роботи. Робота системи базується на постійному моніторингу швидкості коліс. Для цього в отворі поворотного кулака встановлений датчик швидкості (А), який зчитує дані із зубчастого вінця (В), що напресований на корпус зовнішнього шарніра приводу.

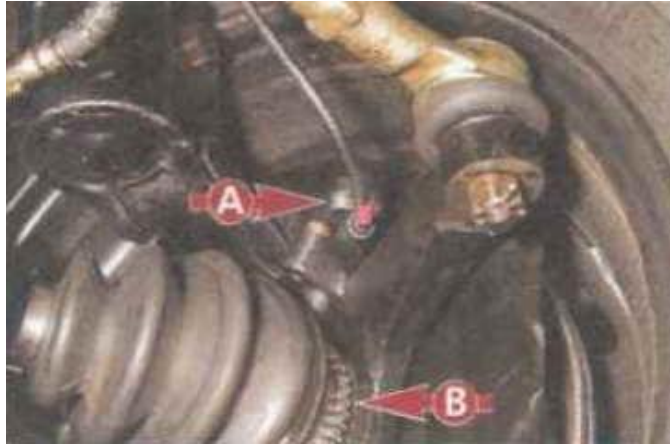


Рисунок 1.8 – Схема розташування датчика обертання колеса системи ABS:

А – датчик обертання колеса; Б – вінець обертання.

Алгоритм спрацювання:

1. Під час гальмування блок управління аналізує дані з датчиків і визначає момент, коли колесо ось-ось заблокується.

2. Щоб запобігти цьому, система відкриває відповідний електромагнітний клапан модулятора, тимчасово скидаючи тиск гальмівної рідини в цьому конкретному каналі.

3. Клапан спрацьовує імпульсно – відкривається та закривається кілька разів на секунду.

4. Саме через ці швидкі перепади тиску водій відчуває легке тремтіння або вібрацію педалі гальма. Це є абсолютно нормальною ознакою того, що ABS активно працює.

Якщо система ABS виходить з ладу, автомобіль не залишається без гальм. Основна гідравлічна гальмівна система продовжує повноцінно працювати, проте водієві слід пам'ятати, що при різкому гальмуванні колеса тепер можуть заблокуватися.

При виникненні будь-якого збою блок управління фіксує його і записує відповідний код помилки у свою пам'ять [11]. Точно визначити та усунути

проблему можна у сервісному центрі, зчитавши помилку за допомогою спеціального діагностичного обладнання.

## 1.2 Основні несправності, спосіб їх виявлення та усунення

Таблиця 1.1 – Основні несправності та способи їх усунення.

Ознака	Причина	Метод усунення
Шум або вібрація при гальмуванні	Неправильно встановлений супорт або гальмівний щит	Правильно встановити супорт або гальмівний щит
	Ненадійно закріплений супорт або гальмівний щит	Затягнути болти кріплення супорта або гальмівного щита
	Нерівномірно спрацьований або розколотий гальмівний диск або барабан	Замінити гальмівний барабан або диск
	По сторонні предмети в гальмівному барабані	Очистити гальмівний механізм
Шум або вібрація при гальмуванні	Заклинена або пошкоджена контактна поверхня гальмівної колодки	Замінити гальмівну колодку
	Спрацьований супорт	Замінити супорт
	Нерівномірний контакт гальмівної колодки	Замінити гальмівну колодку
	Відсутність мастила в рухомих елементах гальмівних механізмів	Змастити рухомі елементи гальмівних механізмів
	Спрацьована підвіска	Відремонтувати підвіску

При гальмуванні автомобіль веде в сторону	Різний тиск в шинах на правій і лівій сторонах автомобіля	Перевірити і відрегулювати тиск в шинах
	Порушені кути установки передніх коліс	Відрегулювати кути установки передніх коліс
	На гальмівні колодки попало мастило	Почистити або ж замінити гальмівні колодки
	Короблення або нерівномірне спрацьовування гальмівного барабана	Замінити гальмівний барабан
	Неправильна установка робочого гальмівного циліндра	Правильно встановити робочий гальмівний циліндр
При гальмуванні автомобіль веде в сторону	Порушення функціонування автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок	Відрегулювати механізм автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок
	Нерівномірно спрацьовані гальмівні колодки	Замінити гальмівні колодки
Низьке гальмівне зусилля	Низький рівень гальмівної рідини	Долити гальмівну рідину до рівня
	Повітря в гальмівній системі	Прокачати гальмівну систему
	Порушена працездатність вакуумного підсилювача гальм	Перевірити працездатність вакуумного підсилювача гальм
	На гальмівні колодки попало мастило	Почистити або ж замінити гальмівні колодки

Низьке гальмівне зусилля	Порушення функціонування автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок	Відрегулювати механізм автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок
	Перегрітий гальмівний диск	Охолодити гальмівний диск
Низьке гальмівне зусилля	Забита трубка гальмівної системи	Очистити або замінити трубку
	Пошкоджений або засорений регулятор тиску	Продути або замінити регулятор тиску
Збільшений хід педалі гальма	Повітря в гальмівній системі	Прокачати гальмівну систему
	Протікання гальмівної рідини	Усунути місця протікання гальмівної рідини
	Порушення функціонування автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок	Відрегулювати механізм автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок
Збільшений хід педалі гальма	Надмірний зазор між штовхачем вакуумного підсилювача гальм і головним гальмівним циліндром	Відрегулювати зазор між штовхачем вакуумного підсилювача гальм і головним гальмівним циліндром
Прихоплення гальм	Неповне вимкнення стоянкового гальма	Відрегулювати стоянкове гальмо
	Неправильне регулювання стоянкового гальма	Відрегулювати стоянкове гальмо
	Зношена поворотна пружина педалі гальма	Замінити поворотну пружину педалі гальма

	Забитий поворотний канал головного гальмівного циліндра	Очистити канали головного гальмівного циліндра
	Зламана стягуюча пружина задніх гальмівних колодок	Замінити пружину
	Відсутність мастила в рухомих елементах гальмівних механізмів	Змастити рухомі елементи гальмівних механізмів
Прихоплення гальм	Несправний контрольний клапан головного гальмівного циліндра або поворотна пружина поршня	Замінити контрольний клапан або пружину
Ненадійне гальмування автомобіля стоянковим гальмом	Зношені гальмівні колодки задніх барабанних гальм	Замінити гальмівні колодки
	На гальмівні колодки попало мастило	Почистити або ж замінити гальмівні колодки
	Неправильне регулювання тросу стоянкового гальма	Відрегулювати роботу тросу стоянкового гальма
Ненадійне гальмування автомобіля стоянковим гальмом	Порушення функціонування автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок	Відрегулювати меха- нізм автоматичного регулювання зазорів гальмівних колодок
	Надмірний хід важеля стоянкового гальма	Відрегулювати хід важеля стоянкового гальма або перевірити прокладку троса стоянкового гальма

### **1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Проведений аналіз конструкції та принципу дії гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia показав, що її технічний стан безпосередньо визначає ефективність уповільнення, стійкість автомобіля під час гальмування та загальний рівень безпеки дорожнього руху. Розглянута система об'єднує передні дискові механізми з плаваючими однопоршневими супортами, задні барабанні механізми, двоконтурний гідравлічний привод, вакуумний підсилювач, механічне стоянкове гальмо та електронну антиблокувальну систему.

Установлено, що працездатність гальмівної системи залежить не лише від ступеня спрацювання фрикційних елементів, а й від герметичності гідравлічного привода, технічного стану супортів, робочих циліндрів, трубопроводів, шлангів, механізмів автоматичного регулювання зазорів і датчиків ABS. Несправність одного елемента нерідко спричиняє порушення роботи інших складових. Зокрема, заклинювання напрямних супорта призводить до нерівномірного спрацювання колодок і перегрівання диска, а порушення роботи автоматичного регулятора заднього механізму збільшує хід педалі та знижує ефективність стоянкового гальма.

До найбільш характерних ознак несправностей належать шум і вібрація під час гальмування, відведення автомобіля від прямолінійної траєкторії, недостатнє гальмівне зусилля, збільшений хід педалі, неповне розгальмовування коліс і ненадійне утримання автомобіля стоянковим гальмом. Причинами таких проявів є спрацювання або деформація дисків і барабанів, замащення накладок, заклинювання поршнів і напрямних, витікання гальмівної рідини, потрапляння повітря до гідравлічного привода, пошкодження пружин, тросів та електронних компонентів системи ABS.

Аналіз наявних способів усунення несправностей засвідчив, що ремонт повинен ґрунтуватися на попередньому комплексному діагностуванні. Заміна окремої деталі без визначення першопричини дефекту не забезпечує тривалого відновлення працездатності. Тому доцільно застосувати послідовність, яка охоплює приймальне діагностування, перевірку на роликовому стенді,

електронне діагностування ABS, очищення, розбирання, вимірювальний контроль, дефектування, заміну непридатних деталей, складання, прокачування, регулювання та завершальне випробування.

На підставі проведеного аналізу метою кваліфікаційної роботи визначено розроблення технологічного процесу ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia, який забезпечить обґрунтоване виявлення несправностей, якісне відновлення технічного стану вузлів, скорочення трудомісткості робіт і підвищення безпеки їх виконання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати конструкцію, принцип дії та умови роботи робочої і стоянкової гальмівних систем автомобіля Škoda Fabia.

2. Систематизувати характерні несправності передніх дискових, задніх барабанних механізмів, гідравлічного привода, вакуумного підсилювача та системи ABS.

3. Розробити раціональну послідовність приймального і поглибленого діагностування із застосуванням візуального, вимірювального, електронного та стендового контролю.

4. Розробити технологію демонтажу, очищення, дефектування, ремонту та складання передніх дискових гальмівних механізмів і супортів.

5. Сформувати технологічний процес ремонту задніх барабанних механізмів, робочих циліндрів, автоматичних регуляторів зазору та привода стоянкового гальма.

6. Обґрунтувати порядок перевірки й ремонту трубопроводів, гнучких шлангів, головного гальмівного циліндра та вакуумного підсилювача.

7. Розробити технологію заміни гальмівної рідини DOT 4, видалення повітря з двоконтурного гідравлічного привода та виконання сервісного прокачування модуля ABS.

8. Вибрати сучасне технологічне обладнання, контрольно-вимірювальні засоби, пристосування та інструмент для оснащення ремонтного поста.

9. Скласти маршрутні й операційні карти, визначити трудомісткість комплексного ремонту та встановити вимоги до завершального контролю якості.

10. Розробити конструкцію спеціального гвинтового пристосування для співвісного втискання поршня переднього супорта, виконати розрахунки його силових елементів і оцінити ефективність застосування.

11. Проаналізувати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що виникають під час ремонту гальмівної системи, і розробити заходи з охорони праці, пожежної та екологічної безпеки.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Обґрунтування технологічного процесу ремонту гальмівної системи

Розроблений технологічний процес призначений для відновлення працездатності робочої та стоянкової гальмівних с

истем автомобіля Škoda Fabia. Його структура сформована з урахуванням характерних несправностей, наведених у таблиці 1.1: шуму та вібрацій під час гальмування, відведення автомобіля вбік, недостатньої гальмівної сили, збільшення ходу педалі, неповного розгальмовування коліс і зниження ефективності стоянкового гальма.

Основним принципом розробленої технології є усунення не лише зовнішньої ознаки несправності, а й причини її виникнення. Наприклад, заміна перегрітого диска без перевірки напрямних пальців, поршня супорта та гнучкого шланга не гарантує тривалого результату, оскільки нова деталь може повторно перегрітися. Аналогічно, регулювання троса стоянкового гальма не повинно виконуватися до перевірки задніх колодок, автоматичного регулятора зазору та рухомості важелів [3, 6, 12].

Ремонтний процес охоплює: приймальне діагностування; зовнішній огляд і перевірку герметичності; електронне діагностування ABS; вимірювання гальмівних сил; демонтаж колісних механізмів; очищення та дефектування деталей; ремонт передніх дискових механізмів; ремонт задніх барабанних механізмів; відновлення гідравлічного привода; перевірку вакуумного підсилювача; ремонт і регулювання стоянкового гальма; заміну гальмівної рідини та видалення повітря; складання, регулювання й завершальний контроль.

Параметри базової комплектації наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Прийняті параметри гальмівної системи Škoda Fabia II.

Параметр	Прийняте значення
Тип переднього механізму	Дисковий, вентильований
Конструкція супорта	Плаваючий, однопоршневий
Діаметр переднього диска	239 мм
Номінальна товщина диска	18 мм
Мінімальна товщина диска	16 мм
Діаметр поршня переднього супорта	48 мм
Тип заднього механізму	Барабанний
Номінальний внутрішній діаметр барабана	200 мм
Максимальний діаметр барабана	201,5 мм
Розмір задніх колодок	200×40 мм
Діаметр заднього колісного циліндра	17 мм
Тип стоянкового гальма	Механічний тросовий привод
Рекомендована робоча рідина	DOT 4, відповідно до документації автомобіля
Момент затягування колісних болтів	120 Н·м

Остаточний вибір деталей здійснюють після ідентифікації автомобіля за VIN-кодом, роком виготовлення та PR-кодами гальмівної системи.

## 2.2 Загальна схема технологічного процесу

Технологічний маршрут організовано за принципом поступового переходу від загального діагностування до локалізації несправності та виконання ремонтних операцій [3, 7, 8].

Окремі операції виконують не в довільній послідовності, а на підставі результатів діагностування. Якщо встановлено лише спрацювання передніх колодок і дисків, без ознак несправності гідравлічного привода, розгерметизація системи не потрібна. У разі заміни супорта, шланга, колісного або головного циліндра обов'язково проводять видалення повітря.

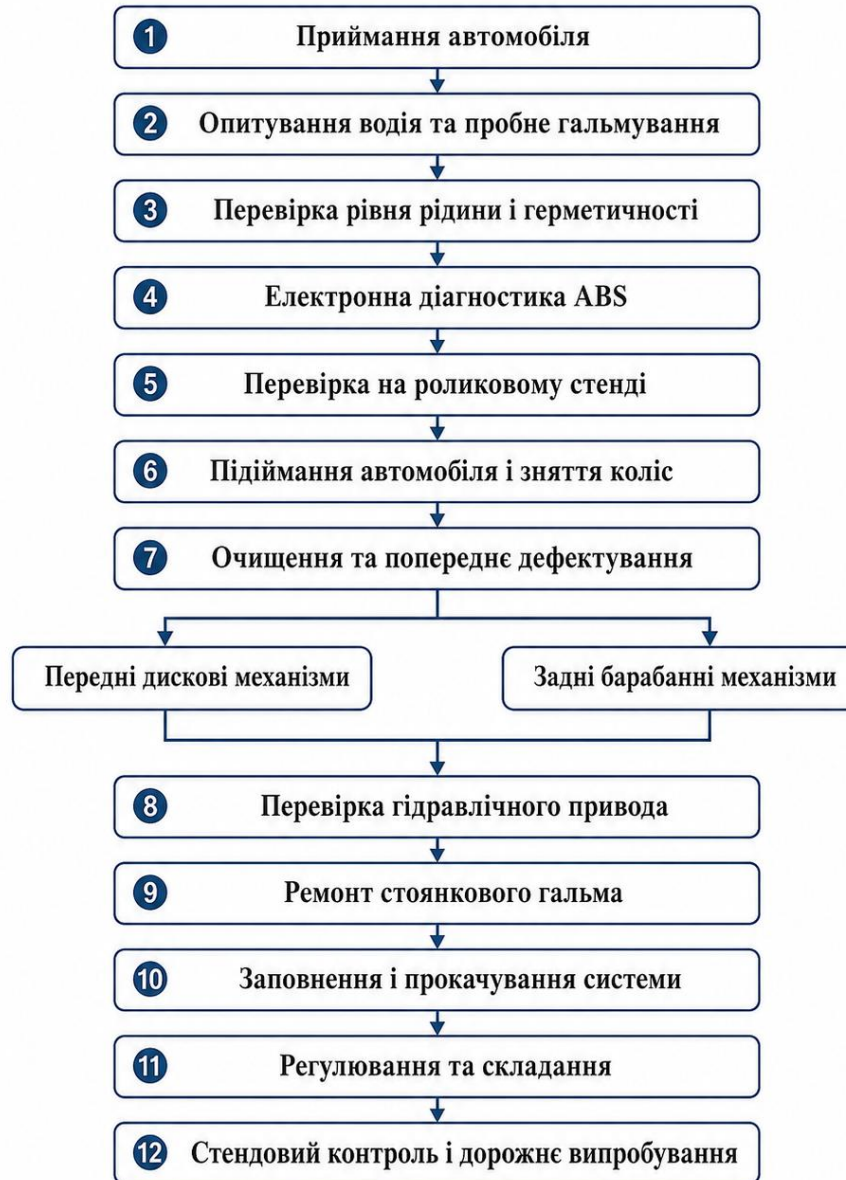


Рисунок 2.1 – Схема технологічного процесу ремонту гальмівної системи.

### 2.3 Приймальне діагностування

Під час приймання автомобіля уточнюють характер несправності, умови її прояву та історію попередніх ремонтів. Особливу увагу приділяють таким питанням: за якої швидкості виникає вібрація; чи змінюється напрям руху під час гальмування; чи стає педаль твердішою після кількох натискань; чи знижується рівень гальмівної рідини; чи нагрівається одне з коліс; чи вмикається контрольний індикатор ABS; чи утримує автомобіль стоянкове гальмо; коли востаннє замінювали гальмівну рідину.

Початкове діагностування виконують відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Послідовність приймального діагностування.

Операція	Метод виконання	Результат контролю
Перевірити рівень рідини	Огляд бачка	Рівень між позначками MIN і MAX
Оглянути трубки та шланги	Візуально на підйомачі	Відсутність вологи, тріщин і здуття
Перевірити педаль	Натискання з постійним зусиллям	Педаль не повинна повільно опускатися
Перевірити підсилювач	Запуск двигуна з натиснутою педаллю	Педаль незначно переміщується вниз
Зчитати помилки ABS	Діагностичний сканер	Відсутність активних кодів
Перевірити сигнали датчиків	Перегляд поточних параметрів	Однакові значення швидкості коліс
Виміряти гальмівні сили	Роликовий стенд	Сили відповідають установленим вимогам
Перевірити стоянкову систему	Роликовий стенд	Симетричне гальмування задніх коліс
Визначити нагрівання коліс	Безконтактний термометр	Відсутність значної різниці температур

Якщо температура одного диска або барабана після однакового пробігу значно перевищує температуру механізму з протилежного боку, перевіряють повноту розгальмовування колеса.

#### 2.4 Підготовка автомобіля до ремонту

Автомобіль установлюють на двостійковий електрогідравлічний підйомач вантажністю 3,5 т. Важіль стоянкового гальма повністю відпускають, селектор коробки передач установлюють у нейтральне положення, а автомобіль фіксують відповідно до інструкції підйомача [3, 7, 13].

Перед підйманням послаблюють колісні болти. Після підняття автомобіля колеса демонтують і маркують за місцем устанавлення.

Гальмівні механізми очищають спеціальним аерозольним очищувачем. Заборонено видаляти продукти спрацювання струменем стисненого повітря, оскільки пил фрикційних матеріалів потрапляє в робочу зону та органи дихання працівника.

Після очищення оглядають: стан гальмівних дисків і барабанів; товщину фрикційних накладок; рівномірність спрацювання колодок; захисні чохли поршнів; напрямні пальці супортів; колісні циліндри; стягувальні пружини; автоматичні регулятори зазору; троси стоянкового гальма; датчики та проводку ABS.

## 2.5 Технологія ремонту переднього дискового механізму

### 2.5.1 Демонтаж і дефектування

Послідовність операцій наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Операційна карта ремонту переднього дискового механізму

№	Зміст операції	Обладнання та інструмент	Технічна вимога
1	Зняти переднє колесо	Торцева головка, гайковерт	Не пошкодити різьбу болтів
2	Очистити супорт	Очищувач, щітка	Не пошкоджувати гумові чохли
3	Перевірити шланг	Огляд, згинання без перекручування	Відсутність тріщин і здуття
4	Від'єднати датчик спрацювання, якщо встановлений	Монтажний гачок	Не тягнути за провід
5	Відкрутити напрямні супорта	Торцевий ключ	Зберегти положення деталей

6	Зняти супорт	Підвісний гачок	Не залишати супорт на шлангу
7	Зняти колодки	Ручний інструмент	Позначити положення колодок
8	Перевірити напрямні пальці	Ручна перевірка	Рух без заїдання
9	Виміряти товщину диска	Мікрометр	Вимірювання у восьми точках
10	Перевірити торцеве биття	Індикаторна стійка	Контролювати диск і маточину
11	Зняти скобу супорта	Динамометричний ключ	Застосувати справний інструмент
12	Зняти гальмівний диск	Викрутка, гумовий молоток	Не пошкодити маточину
13	Очистити маточину	Щітка, очищувач	Поверхня без іржі та задирок
14	Установити новий диск	Ручний інструмент	Знежирити робочі поверхні
15	Установити нові колодки	Пристрій для втискання поршня	Колодки замінювати на обох колесах
16	Скласти супорт	Динамометричний ключ	Моменти затягування за PR-кодом
17	Натиснути педаль кілька разів	Вручну	Підвести колодки до диска
18	Перевірити обертання колеса	Вручну	Відсутність заклинювання

Супорт після зняття підвішують на спеціальному гачку до пружини підвіски. Підвішування супорта на гальмівному шлангу не допускається.

Перед втисканням поршня перевіряють рівень рідини в бачку. Якщо бачок заповнений до верхньої позначки, частину рідини відбирають, щоб уникнути переливання.

### 2.5.2 Контроль товщини гальмівного диска

Товщину вимірюють мікрометром на відстані приблизно 10 мм від зовнішнього краю робочої поверхні [1, 12]. Вимірювання виконують щонайменше у восьми рівномірно розташованих точках.

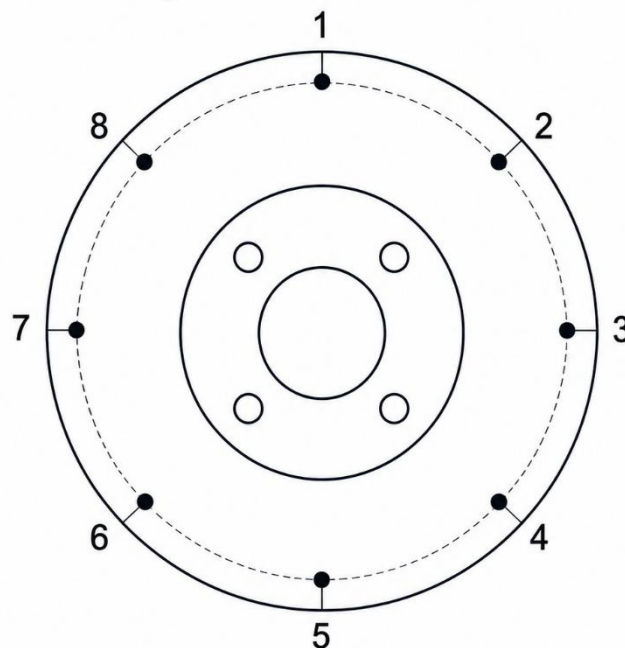


Рисунок 2.2 – Розташування точок вимірювання товщини диска  
Середня товщина диска:

$$S_{\text{сеп}} = (s_1 + s_2 + \dots + s_8) / 8.$$

Різнотовщинність:

$$\Delta_{\text{сп}} = s_{\text{max}} - s_{\text{min}}.$$

Запас до граничного спрацювання:

$$S_3 = s_{\text{ф}} - s_{\text{гр}},$$

де  $s_{\text{ф}}$  – фактична мінімальна товщина диска, мм;

$s_{\text{гр}}$  – гранична товщина, мм.

Наприклад, за фактичної мінімальної товщини 15,8 мм:

$$S_3 = 15,8 - 16,0 = -0,2 \text{ мм.}$$

Від'ємний результат означає перевищення допустимого спрацювання.

Диски необхідно замінити комплектом на обох передніх колесах.

Сумарно допустиме спрацювання нового диска:

$$\Delta S_{\text{доп}} = S_{\text{ном}} - S_{\text{гр}};$$

$$\Delta S_{\text{доп}} = 18 - 16 = 2 \text{ мм.}$$

Орієнтовне допустиме спрацювання кожної робочої поверхні становить:

$$\Delta S_{\text{ст}} = \Delta S_{\text{доп}} / 2;$$

$$\Delta S_{\text{ст}} = 2 / 2 = 1 \text{ мм.}$$

У розробленій технології механічне проточування дисків не передбачається. Диск із тріщинами, термічними плямами, глибокими канавками, деформацією або граничною товщиною замінюють.

### 2.5.3 Контроль торцевого биття

Маточину очищають, диск установлюють і тимчасово притискають колісними болтами через дистанційні втулки. Наконечник індикатора встановлюють перпендикулярно до робочої поверхні.

Торцеве биття:

$$e = I_{\text{max}} - I_{\text{min}},$$

де  $I_{\text{max}}$  і  $I_{\text{min}}$  – найбільше та найменше показання індикатора.

Якщо биття перевищує допустиме значення, диск повертають відносно маточини та повторюють вимірювання. За збереження відхилення окремо контролюють маточину. Це дає змогу відрізнити деформацію диска від похибки посадкової поверхні або підшипникового вузла.

### 2.5.4 Оцінювання спрацювання колодок

Фактичне спрацювання накладки:

$$h_{\text{зн}} = h_{\text{н}} - h_{\text{ф}},$$

де  $h_{\text{н}}$  – початкова товщина фрикційного шару;

$h_{\text{ф}}$  – фактична товщина.

Коефіцієнт використання накладки:

$$K_{\text{зн}} = h_{\text{зн}} / (h_{\text{н}} - h_{\text{гр}}).$$

$h_{\text{н}} = 11$  мм,  $h_{\text{ф}} = 3$  мм і  $h_{\text{гр}} = 2$  мм:

$$K_{\text{зн}} = (11 - 3) / (11 - 2) = 0,889.$$

Використано приблизно 88,9 % допустимого ресурсу. Такі колодки доцільно замінити під час ремонту.

Колодки підлягають безумовній заміні за наявності:

відшарування фрикційного матеріалу;

тріщин і сколів;

замаслення;

нерівномірного спрацювання;

перегрівання;

досягнення граничної товщини.

## 2.6 Технологія ремонту переднього супорта

Супорт ремонтують у разі заклинювання поршня, пошкодження захисного чохла, витікання рідини або нерівномірного переміщення напрямних пальців.

Перед від'єднанням шланга з бачка відбирають частину рідини, а шланг після від'єднання закривають технологічною заглушкою. Перетискання шланга плоскогубцями не допускається.

Послідовність ремонту: зняти супорт з автомобіля; очистити зовнішню поверхню; демонтувати захисний чохол; обережно видалити поршень стисненим повітрям малого тиску; зняти ущільнювальну манжету пластиковим інструментом; промити циліндр чистою гальмівною рідиною; оглянути поршень і дзеркало циліндра; перевірити канавку ущільнення; установити нову манжету; змастити поршень чистою гальмівною рідиною; установити поршень і новий захисний чохол; замінити пошкоджені напрямні та їхні чохла; установити супорт; приєднати шланг; видалити повітря з відповідного контуру.

Поршень із корозійними раковинами, подряпинами або пошкодженням хромованої поверхні не відновлюють[1, 12]. За значного корозійного пошкодження циліндра супорт замінюють у зборі.

Для напрямних застосовують тільки спеціальне мастило, сумісне з EPDM-еластомерами. Мінеральні мастила загального призначення спричиняють набухання гумових деталей.

## 2.7 Технологія ремонту заднього барабанного механізму

### 2.7.1 Розбирання механізму

Стоянкове гальмо повністю відпускають. Якщо барабан не знімається через утворений буртик, через технологічний отвір зменшують розведення колодок автоматичним регулятором. Збивання барабана сильними ударами не допускається.

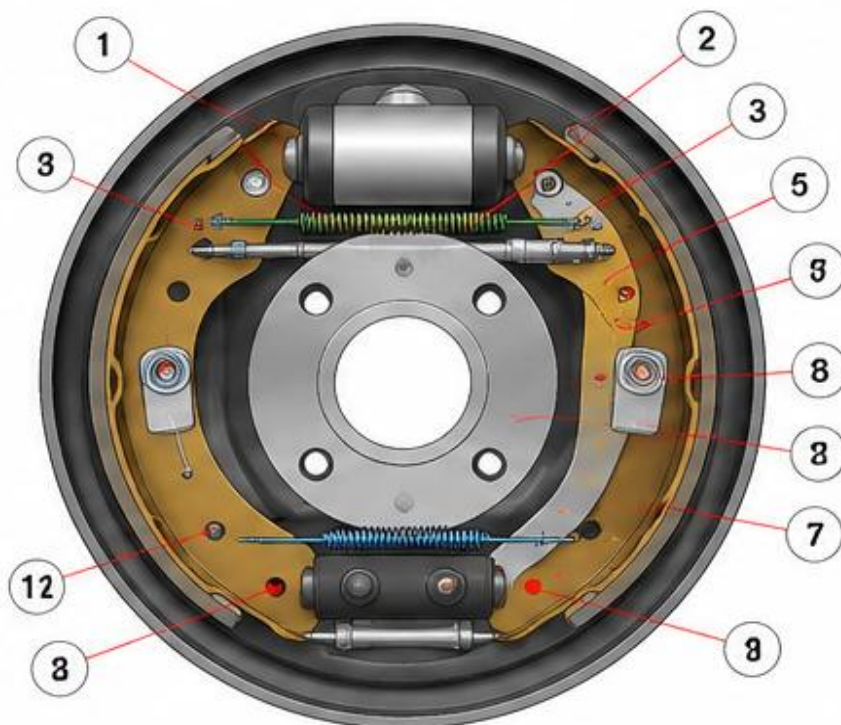


Рисунок 2.3 – Основні елементи заднього барабанного механізму:

1 – Гальмівний барабан; 2 – Робочий гальмівний циліндр; 3 – Верхня стяжна пружина; 4 – Опорна стійка колодки (розпирна планка); 5 – Гальмівна колодка; 6 – Регулювальний механізм зазору; 7 – Нижня стяжна пружина; 8 – Важіль стоянкового гальма; 9 – Трос стоянкового гальма; 10 – Щит гальмівного механізму; 11 – Пружина важеля стоянкового гальма; 12 – Опорний штифт колодки.

Перед зняттям пружин фотографують або замальовують взаємне розташування деталей. Лівий і правий механізми розбирають почергово, залишаючи один механізм складеним як зразок.

Операційну карту наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технологія ремонту заднього барабанного механізму.

№	Зміст операції	Інструмент	Технічна вимога
1	Зняти заднє колесо	Гайковерт, головка	Автомобіль на підйомачі
2	Відпустити стоянкове гальмо	Вручну	Троси без натягу
3	Зняти барабан	Знімач, гумовий молоток	Не пошкодити маточину
4	Очистити механізм	Очищувач, витяжний пристрій	Не застосовувати стиснене повітря
5	Перевірити підтікання циліндра	Візуально	Пильовики сухі
6	Зняти притискні елементи	Щипці для пружин	Не деформувати щит
7	Зняти стягувальні пружини	Спеціальні щипці	Пошкоджені пружини замінити
8	Від'єднати трос	Монтажний інструмент	Не пошкодити оболонку
9	Зняти колодки та регулятор	Ручний інструмент	Зберегти порядок деталей
10	Виміряти барабан	Нутромір	Вимірювати у двох площинах
11	Перевірити колодки	Штангенциркуль	Відсутність мастила і тріщин
12	Перевірити регулятор	Ручна перевірка	Вільне обертання різьби
13	Замінити циліндр за потреби	Ключ для трубок	Не пошкодити штуцер

14	Змастити опорні точки	Пензлик	Мастило не наносити на накладки
15	Установити нові колодки	Щипці для пружин	Колодки замінювати комплектом
16	Установити регулятор і пружини	Спеціальний інструмент	Відповідно до схеми
17	Виконати попереднє регулювання	Викрутка	Барабан установлюється без зусилля
18	Установити барабан	Ручний інструмент	Вільне обертання
19	Натиснути педаль кілька разів	Вручну	Активувати регулятор
20	Перевірити стоянковий привод	Ручна перевірка	Однакове спрацювання обох коліс

### 2.7.2 Дефектування барабана

Внутрішній діаметр вимірюють у двох взаємно перпендикулярних площинах і в кількох перерізах по ширині робочої поверхні.

Овальність барабана:

$$\Delta D_{\text{ов}} = D_{\text{max}} - D_{\text{min}}.$$

Конусність:

$$\Delta D_{\text{к}} = D_{\text{зовн}} - D_{\text{внутр}},$$

де  $D_{\text{зовн}}$  і  $D_{\text{внутр}}$  – діаметри, виміряні біля зовнішнього та внутрішнього країв робочої поверхні.

Запас до граничного розміру:

$$D_3 = D_{\text{гр}} - D_{\text{ф}}.$$

За фактичного максимального діаметра 201,7 мм:

$$D_3 = 201,5 - 201,7 = -0,2 \text{ мм.}$$

Барабан перевищив граничний діаметр і підлягає заміні.

Допустиме збільшення діаметра:

$$\Delta D_{\text{доп}} = 201,5 - 200 = 1,5 \text{ мм.}$$

Допустиме радіальне спрацювання:

$$\Delta r_{\text{доп}} = \Delta D_{\text{доп}} / 2;$$

$$\Delta r_{\text{доп}} = 1,5 / 2 = 0,75 \text{ мм.}$$

У технологічному процесі барабани з граничним спрацюванням, тріщинами, глибокими рисками або значною овальністю замінюють попарно.

### **2.7.3 Заміна заднього колісного циліндра**

Ознаками несправності циліндра є волога під захисними чохлами, заїдання поршнів, корозія корпусу та нерівномірне розведення колодок.

Для заміни: очистити місце приєднання трубки; від'єднати трубку спеціальним розрізним ключем; закрити трубку заглушкою; відкрити кріплення циліндра; зняти циліндр; очистити гальмівний щит; установити новий циліндр; приєднати трубку без перекосу; установити колодки; видалити повітря з контуру; перевірити герметичність.

За підтікання одного циліндра оцінюють стан другого. За однакового строку експлуатації доцільною є комплектна заміна циліндрів на обох колесах задньої осі.

### **2.8 Відновлення автоматичного регулятора зазору**

Несправність регулятора спричиняє збільшений хід педалі, недостатню ефективність задніх гальм і надмірний хід важеля стоянкової системи.

Під час ремонту регулятор: розбирають; очищають від продуктів корозії; перевіряють стан різьби; перевіряють храповий механізм; замінюють деформовані пружини; наносять мінімальну кількість термостійкого мастила на різьбу; установлюють у початкове положення.

Регулятори лівого та правого коліс можуть мати різний напрям різьби, тому переставляти їх між сторонами не допускається.

Після складання декілька разів натискають педаль гальма, доки механізм не встановить робочий зазор. Остаточний контроль виконують за величиною ходу педалі та результатами стендового випробування.

## **2.9 Ремонт гідравлічного привода**

### **2.9.1 Перевірка трубопроводів і шлангів**

Металеві трубки перевіряють по всій довжині. Трубка підлягає заміні за наявності: глибокої корозії; механічного пошкодження; сплюснення; слідів тертя об кузов; пошкодження різьбового штуцера; підтікання [1, 3, 6].

Гнучкий шланг замінюють у разі тріщин, здуття, розшарування, пошкодження зовнішньої оболонки або закупорювання внутрішнього каналу.

Ознакою внутрішнього пошкодження шланга є неповне розгальмовування колеса. Для перевірки відкривають штуцер прокачування. Якщо після виходу рідини колесо починає вільно обертатися, у магістралі зберігався залишковий тиск. Далі перевіряють шланг, головний циліндр та компенсаційний канал.

Після встановлення шланг не повинен бути перекручений, натягнутий або торкатися колеса і деталей підвіски в крайніх положеннях керма.

### **2.9.2 Перевірка головного гальмівного циліндра**

Головний циліндр перевіряють за поведінкою педалі. Якщо під постійним зусиллям педаль повільно переміщується вниз, а зовнішнє витікання відсутнє, імовірно внутрішнє перепускання рідини через ущільнення.

Технологія заміни: від'єднати електричний роз'єм датчика рівня; відкачати рідину з бачка; від'єднати трубопроводи; закрити отвори заглушками; відвернути кріплення циліндра; зняти циліндр з підсилювача; перевірити відсутність рідини в корпусі підсилювача; установити новий циліндр; приєднати трубопроводи; заповнити бачок; прокачати систему; перевірити герметичність.

Очищення забитого компенсаційного каналу доцільне лише під час кваліфікованого ремонту придатного до відновлення циліндра. За корозії дзеркала, спрацювання поршнів або пошкодження ущільнень установлюють новий вузол.

## **2.10 Перевірка вакуумного підсилювача**

Попередню перевірку проводять без демонтажу: вимкнути двигун; декілька разів натиснути педаль для усунення залишкового розрідження; утримувати педаль натиснутою; запустити двигун; оцінити переміщення педалі.

Якщо підсилювач справний, після запуску двигуна педаль незначно переміститься вниз. За відсутності переміщення перевіряють: вакуумний шланг; зворотний клапан; герметичність з'єднань; величину розрідження; корпус і діафрагму підсилювача.

Зворотний клапан повинен пропускати повітря лише в одному напрямку. Підсилювач із пошкодженою діафрагмою або негерметичним корпусом замінюють у зборі.

Регулювання штовхача виконують лише за наявності відповідних даних для конкретного вузла. Надмірно малий зазор може перекрити компенсаційні отвори головного циліндра та спричинити прихоплення гальм.

## **2.11 Ремонт і регулювання стоянкового гальма**

Стоянкова система регулюється після повного складання і саморегулювання задніх барабанних механізмів.

Перед регулюванням перевіряють: правильність прокладання тросів; стан оболонки; вільне переміщення тросів; повернення важелів колодок до упорів; роботу автоматичних регуляторів; відсутність замащення накладок.

Послідовність регулювання: повністю опустити важіль стоянкового гальма; декілька разів натиснути педаль робочого гальма; декілька разів підняти та опустити важіль; перевірити положення важелів на задніх колодках; підтягнути регулювальну гайку зрівнювача; забезпечити одночасний початок натягування обох тросів; опустити важіль; перевірити вільне обертання задніх коліс; підняти важіль і перевірити блокування коліс; виконати контроль на роликовому стенді. Надмірне натягування тросів не допускається. За опущеного важеля задні колеса повинні обертатися без постійного гальмівного моменту.

## 2.12 Заміна гальмівної рідини та прокачування

Для виконання операції застосовують установку подавання рідини під тиском. Використовують нову рідину DOT 4 із герметично закритої тари [1, 3, 13].

Принципова схема прокачування наведена на рисунку 2.4.

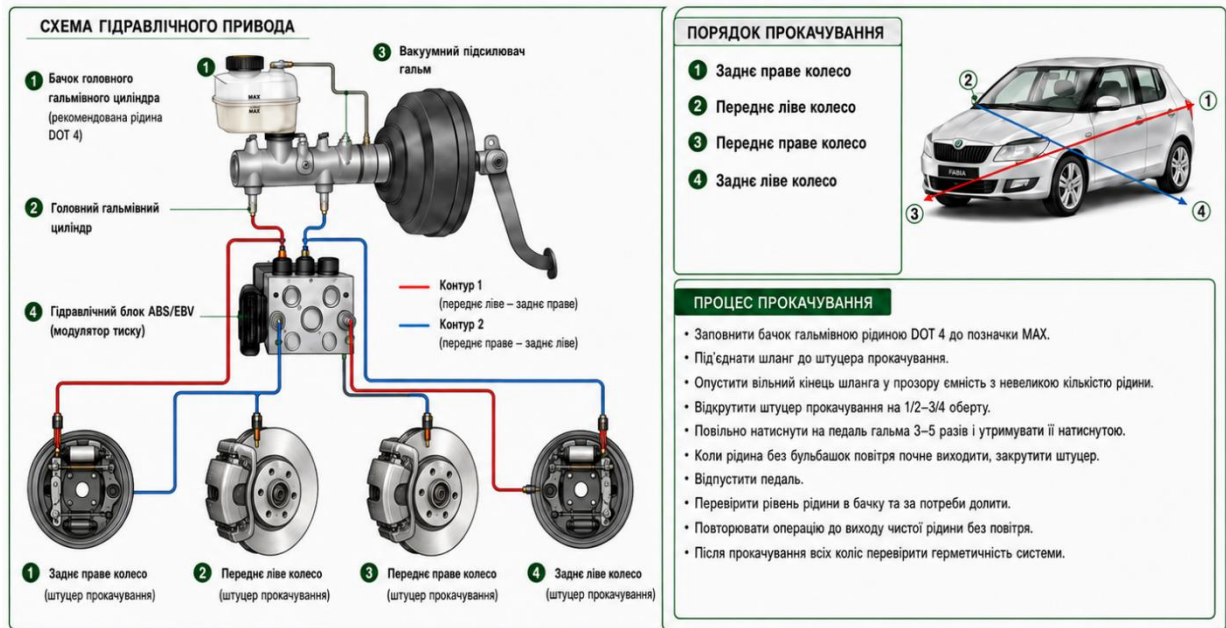


Рисунок 2.4 – Схема видалення повітря з гідралічного привода.

Технологічна послідовність: очистити кришку бачка; перевірити тип рідини; відкачати стару рідину з бачка; заповнити бачок новою рідиною; приєднати установку; створити тиск відповідно до інструкції обладнання; почергово приєднати прозорий шланг до штуцерів; відкрити штуцер; випускати рідину до зникнення бульбашок і появи чистої рідини; закрити штуцер; перевірити рівень у бачку; від'єднати установку; декілька разів натиснути педаль; перевірити герметичність; установити остаточний рівень.

У прийнятому технологічному процесі послідовність коліс установлюють за сервісною документацією конкретного блока ABS. Якщо гідралічний модуль не спорожнювався, достатньо звичайного прокачування. Після заміни або повного спорожнення модуля виконують сервісну функцію прокачування ABS діагностичним сканером, яка активує насос і електромагнітні клапани.

Для повної заміни з промиванням системи передбачено 1,0 л нової рідини.

## 2.13 Діагностування ABS

Діагностичний сканер під'єднують до роз'єму OBD [10, 11]. Зчитують: коди несправностей; частоти обертання коліс; напругу живлення блока; стан вимикача педалі; сигнал датчика тиску, якщо він передбачений; результати самодіагностики насоса та клапанів.

Якщо код вказує на датчик колеса, перед його заміною перевіряють: роз'єм; цілісність проводів; забруднення посадкового місця; стан імпульсного кільця; люфт підшипника; форму сигналу або поточне значення швидкості.

Після ремонту коди видаляють, виконують повторне зчитування та контрольний пробіг. Збереження активного коду свідчить про неусунену несправність.

## 2.14 Вибір технологічного обладнання

Таблиця 2.5 – Обладнання для ремонту гальмівної системи

Обладнання	Призначення
Двостійковий підіймач вантажністю 3,5 т	Підіймання автомобіля
Роликовий гальмівний стенд	Вимірювання сил робочого та стоянкового гальм
Діагностичний сканер VAG	Діагностика ABS та сервісне прокачування
Установка ATE FB 30SR або аналогічна	Заміна рідини і прокачування
Тестер ATE BFT 320P або аналогічний	Контроль температури кипіння рідини
Мікрометр 0–25 мм	Вимірювання товщини диска
Індикатор годинникового типу	Вимірювання торцевого биття
Нутромір 175–225 мм	Контроль діаметра барабана
Динамометричний ключ	Нормоване затягування кріплень

Пристрій для втискання поршнів	Повернення поршня супорта
Щипці для гальмівних пружин	Розбирання барабанного механізму
Розрізні ключі для трубок	Демонтаж гідравлічних з'єднань
Безконтактний термометр	Порівняння температури механізмів
Підвісний гачок супорта	Розвантаження гнучкого шланга
Місцева витяжна установка	Видалення пилу та парів очищувача

Для професійного прокачування, діагностування рідини, датчиків та обслуговування дискових і барабанних механізмів передбачено застосування спеціалізованого обладнання [7, 8, 13].

## 2.15 Маршрутна карта ремонту

Таблиця 2.6 – Маршрутна карта комплексного ремонту.

№	Назва операції	Норма часу, люд.-год
1	Приймання та уточнення несправності	0,10
2	Електронне діагностування ABS	0,15
3	Перевірка на роликовому стенді	0,15
4	Установлення на підймач і зняття коліс	0,25
5	Очищення механізмів	0,10
6	Розбирання і дефектування передніх гальм	0,35
7	Заміна передніх дисків і колодок	0,70
8	Ремонт передніх супортів	0,60
9	Розбирання і дефектування задніх гальм	0,35
10	Заміна задніх колодок, пружин і циліндрів	1,10
11	Перевірка і регулювання стоянкового гальма	0,30
12	Перевірка та ремонт гідропривода	0,40
13	Заміна рідини і прокачування	0,45
14	Установлення коліс і складання	0,25
15	Завершальний стендовий контроль	0,20
Разом оперативного часу		5,45

Наведена трудомісткість відповідає комплексному ремонту обох осей із ремонтом супортів, заміною задніх циліндрів і прокачуванням. У разі виконання лише окремого виду ремонту трудомісткість визначають сумуванням відповідних операцій.

## 2.16 Розрахунок трудомісткості технологічного процесу

Оперативна трудомісткість:

$$T_{\text{оп}} = \sum t_i;$$

$$T_{\text{оп}} = 0,10 + 0,15 + 0,15 + 0,25 + 0,10 + 0,35 + 0,70 + 0,60 + 0,35 + 1,10 + 0,30 + \\ + 0,40 + 0,45 + 0,25 + 0,20;$$

$$T_{\text{оп}} = 5,45 \text{ люд.-год.}$$

Норма підготовчо-завершального часу становить 5 %, обслуговування робочого місця – 3 %, відпочинку та особистих потреб – 4 %.

Загальний коефіцієнт додаткового часу:

$$K_d = 1 + 0,05 + 0,03 + 0,04 = 1,12.$$

Нормована трудомісткість:

$$T_n = T_{\text{оп}} \cdot K_d;$$

$$T_n = 5,45 \cdot 1,12 = 6,10 \text{ люд.-год.}$$

Нормована тривалість у хвиликах:

$$T_{\text{хв}} = 6,10 \cdot 60 = 366 \text{ хв.}$$

Комплексний ремонт може бути виконаний одним слюсарем протягом однієї робочої зміни. У разі паралельної роботи двох виконавців розрахункова тривалість:

$$t_{\text{дв}} = T_n / 2;$$

$$t_{\text{дв}} = 6,10 / 2 = 3,05 \text{ год.}$$

Фактична тривалість буде дещо більшою через технологічні перерви, переміщення автомобіля та контрольні операції.

## 2.17 Розрахунок показників стендового контролю

Після ремонту автомобіль перевіряють на роликовому стенді.

Питома гальмівна сила робочої системи:

$$Z = \Sigma F_r / G_a \cdot 100 \%,$$

де  $\Sigma F_r$  – сума гальмівних сил усіх коліс, Н;

$G_a$  – вага автомобіля, Н.

Для автомобіля масою 1550 кг:

$$G_a = m_a \cdot g;$$

$$G_a = 1550 \cdot 9,81 = 15\,205,5 \text{ Н.}$$

Нехай стенд зафіксував:

переднє ліве колесо – 4,30 кН;

переднє праве – 4,10 кН;

заднє ліве – 1,30 кН;

заднє праве – 1,20 кН.

Сумарна сила:

$$\Sigma F_r = 4,30 + 4,10 + 1,30 + 1,20 = 10,90 \text{ кН.}$$

Питома сила:

$$z = 10\,900 / 15\,205,5 \cdot 100 = 71,7 \, \%.$$

Нерівномірність сил на передній осі:

$$K_{\Pi} = |F_{\text{пл}} - F_{\text{пр}}| / \max(F_{\text{пл}}; F_{\text{пр}}) \cdot 100 \, \%;$$

$$K_{\Pi} = |4,30 - 4,10| / 4,30 \cdot 100 = 4,65 \, \%.$$

Нерівномірність сил на задній осі:

$$K_3 = |1,30 - 1,20| / 1,30 \cdot 100 = 7,69 \, \%.$$

Отримані значення свідчать про рівномірну роботу механізмів.

Для стоянкового гальма за сил 1,40 і 1,30 кН:

$$z_{\text{ст}} = (1,40 + 1,30) \cdot 1000 / 15\,205,5 \cdot 100;$$

$$z_{\text{ст}} = 17,8 \, \%.$$

Остаточну оцінку результатів виконують відповідно до чинних вимог технічного контролю транспортних засобів.

## 2.18 Розрахунок необхідного моменту стоянкового гальма

Для перевірки здатності утримувати автомобіль на ухилі 16 % визначають кут:

$$\alpha = \arctg(0,16) = 9,09^\circ.$$

Сила, що переміщує автомобіль уздовж ухилу:

$$F_c = m_a \cdot g \cdot \sin\alpha;$$

$$F_c = 1550 \cdot 9,81 \cdot \sin 9,09^\circ = 2402 \text{ Н.}$$

За динамічного радіуса колеса  $r_k = 0,29$  м сумарний необхідний момент:

$$M_{\text{ст.}\Sigma} = F_c \cdot r_k;$$

$$M_{\text{ст.}\Sigma} = 2402 \cdot 0,29 = 696,6 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Момент одного заднього механізму:

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{ст.}\Sigma} / 2;$$

$$M_{\text{ст}} = 696,6 / 2 = 348,3 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Кожний задній механізм повинен створювати гальмівний момент щонайменше 348 Н·м без урахування додаткового запасу.

## 2.19 Витрати технологічних матеріалів

Таблиця 2.7 – Матеріали для комплексного ремонту

Матеріал	Кількість
Гальмівна рідина DOT 4	1,0 л
Очищувач гальмівних механізмів	0,6 л
Масило для напрямних супорта	0,02 кг
Термостійке мастило опорних точок	0,01 кг
Проникний засіб для різьбових з'єднань	0,05 л
Безворсові серветки	0,30 кг
Захисні заглушки трубопроводів	4 шт.
Комплект передніх колодок	1 комплект
Передні гальмівні диски	2 шт.
Комплект задніх колодок і пружин	1 комплект
Задні колісні циліндри	2 шт.
Гальмівні барабани, за результатами дефектування	2 шт.

Фактичний перелік запасних частин уточнюють після дефектування. Фрикційні елементи, диски, барабани та колісні циліндри доцільно замінювати комплектами на одній осі.

## 2.20 Технічні вимоги до якості ремонту

Після завершення робіт повинні виконуватися такі умови: гідравлічний привод герметичний; рівень рідини відповідає нормі; педаль має стабільний хід і не опускається за постійного зусилля; вакуумний підсилювач забезпечує зменшення зусилля; колеса в розгальмованому стані обертаються без заклинювання; робочі поверхні дисків і барабанів не забруднені мастилом; гальмівні сили правого і лівого коліс не мають значної різниці; стоянкове гальмо надійно утримує автомобіль; контрольні індикатори ABS і гальмівної системи згасають після запуску; у пам'яті блока ABS відсутні активні коди; під час контрольного гальмування відсутні шум, вібрація та відведення вбік; колісні болти затягнуті моментом 120 Н·м.

Нові колодки та диски потребують припрацювання. Протягом початкового періоду експлуатації необхідно уникати тривалих інтенсивних гальмувань, крім випадків, пов'язаних із безпекою руху.

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Призначення та технічні вимоги до пристосування

Пристосування призначене для плавного втискання поршня переднього однопоршневого плаваючого супорта під час заміни колодок або складання відремонтованого гальмівного механізму.

Конструкцію розроблено насамперед для супорта Škoda Fabia з поршнем діаметром 48 мм. Змінна натискна чашка дає змогу використовувати оснащення для поршнів діаметром від 38 до 54 мм.

Принципову схему наведено на рисунку 3.1.

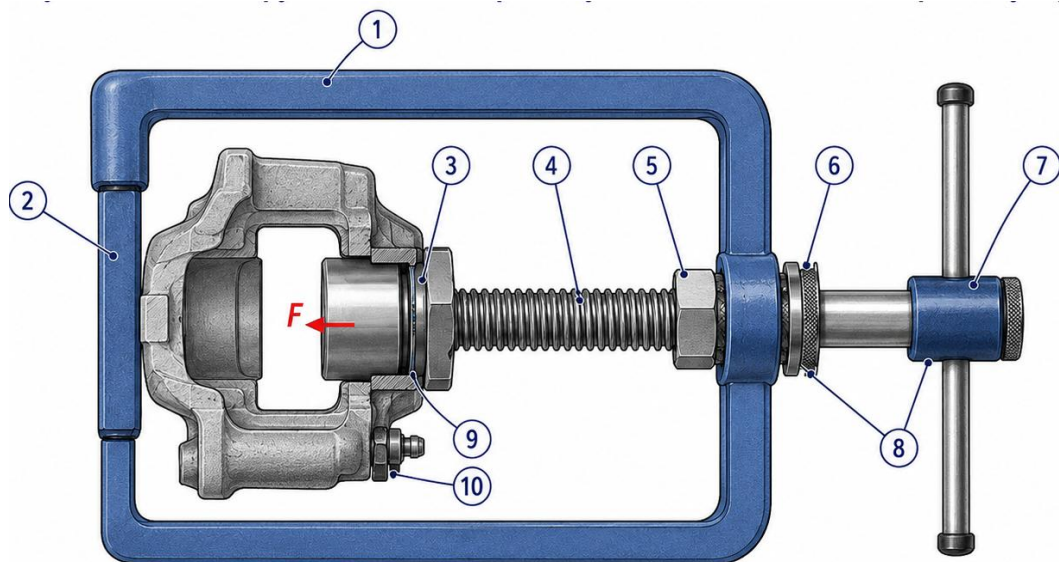


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема пристосування для втискання поршня супорта:

1 – зварна рама; 2 – нерухома опорна поперечина; 3 – силова гайка; 4 – гвинт Tr16×4; 5 – натискна чашка; 6 – упорний підшипник; 7 – ковзна рукоятка; 8 – обмежувальні шайби рукоятки; 9 – змінна захисна накладка; 10 – стопорне кільце чашки.

До пристосування висунуто такі технічні вимоги:

максимальне осьове зусилля – 5 кН;

робочий хід натискного гвинта – 80 мм;

максимальна ширина супорта в зоні встановлення – 105 мм;

діаметр основної натискної чашки – 44 мм;

різьба силового гвинта – Tr16×4;

ручне керування без додаткового привода;  
 збереження заданого положення після припинення обертання;  
 відсутність гострих крайок у зоні контакту із супортом;  
 можливість очищення пристосування від гальмівної рідини та забруднень;  
 маса оснащення – не більше 3,2 кг.

Основні характеристики наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика пристосування

Параметр	Значення
Тип привода	Ручний гвинтовий
Максимальне зусилля	5,0 кН
Тип силової різьби	Tr16×4
Робочий хід	80 мм
Діаметр натискної чашки	44 мм
Довжина рукоятки	360 мм
Максимальне зусилля працівника	48 Н
Габаритні розміри без рукоятки	230×150×70 мм
Розрахункова маса	3,1 кг
Обслуговуваний діаметр поршнів	38–54 мм

Пристосування виконане у вигляді жорсткої П-подібної рами [13, 14, 15]. У задній поперечині закріплена силова гайка, через яку проходить трапецеїдальний гвинт. На передньому кінці гвинта встановлена обертова натискна чашка. Протилежна поперечина виконує функцію опори та спирається на зовнішню частину корпусу супорта.

Рама складається з двох бічних пластин, опорної та різьбової поперечин. Деталі рами виготовляють зі сталі 09Г2С і з'єднують кутовими зварними швами. Силовий гвинт виготовляють зі сталі 40Х із нормалізацією робочої поверхні. Гайку виготовляють із бронзи БрАЖ9-4, що зменшує тертя та ймовірність заїдання різьбової пари.

Натискна чашка виготовлена зі сталі 45. Її робоча поверхня має плоску форму, а крайки заокруглені. Між гвинтом і чашкою встановлено упорний підшипник, завдяки якому чашка не обертається відносно поверхні поршня.

Таблиця 3.2 – Основні деталі пристосування.

Позначення	Назва деталі	Кількість	Матеріал
1	Бічна пластина рами	2	Сталь 09Г2С
2	Опорна поперечина	1	Сталь 09Г2С
3	Різьбова поперечина	1	Сталь 09Г2С
4	Силовa гайка Tr16×4	1	БрАЖ9-4
5	Силовий гвинт Tr16×4	1	Сталь 40Х
6	Натискна чашка Ø44 мм	1	Сталь 45
7	Упорний підшипник	1	Стандартний виріб
8	Ковзна рукоятка Ø10 мм	1	Сталь 45
9	Захисна накладка	1	Поліамід
10	Стопорне кільце	1	Пружинна сталь

### 3.2 Принцип роботи пристосування

Перед установленням пристосування супорт очищають від пилу та забруднень. Перевіряють стан захисного чохла поршня і рівень гальмівної рідини в бачку. Якщо рівень наближений до позначки МАХ, частину рідини попередньо відбирають.

Пристосування встановлюють таким чином, щоб опорна поперечина спиралася на зовнішню частину корпусу супорта, а натискна чашка розташовувалася співвісно з поршнем. Обертанням рукоятки гвинт переміщують у напрямку поршня. Після контакту чашки з поршнем обертання продовжують рівномірно, без ривків.

Осьова сила через чашку передається на поршень, який переміщується всередину робочого циліндра. Реактивне зусилля сприймається опорною поперечиною і бічними пластинами рами.



Рисунок 3.2 – Послідовність використання пристосування.

Якщо під час обертання спостерігається різке зростання опору, операцію припиняють. У такому випадку перевіряють відсутність перекошування поршня, закупорювання гальмівного шланга або корозійного заклинювання деталей.

### 3.3 Визначення необхідного зусилля втискання поршня

Розрахунок виконують для поршня діаметром:

$$d_{\text{п}} = 48 \text{ мм.}$$

Площа робочої поверхні поршня:

$$A_{\text{п}} = \pi \cdot d_{\text{п}}^2 / 4.$$

$$A_{\text{п}} = 3,1416 \cdot 48^2 / 4 = 1809,6 \text{ мм}^2.$$

Еквівалентний питомий опір переміщенню поршня приймають:

$$p_p = 1,8 \text{ МПа.}$$

Це значення враховує опір ущільнювальної манжети, витіснення гальмівної рідини та тертя поршня в робочому циліндрі.

Розрахункове зусилля:

$$F_p = p_p \cdot A_{\text{п}} \cdot K_z,$$

де  $K_z = 1,5$  – коефіцієнт запасу, який враховує забруднення, початкову корозію та збільшення опору після тривалої експлуатації.

$$F_p = 1,8 \cdot 1809,6 \cdot 1,5 = 4885,9 \text{ Н.}$$

Для подальших розрахунків установлюють:

$$F = 5000 \text{ Н.}$$

Схема навантаження наведена на рисунку 3.3.

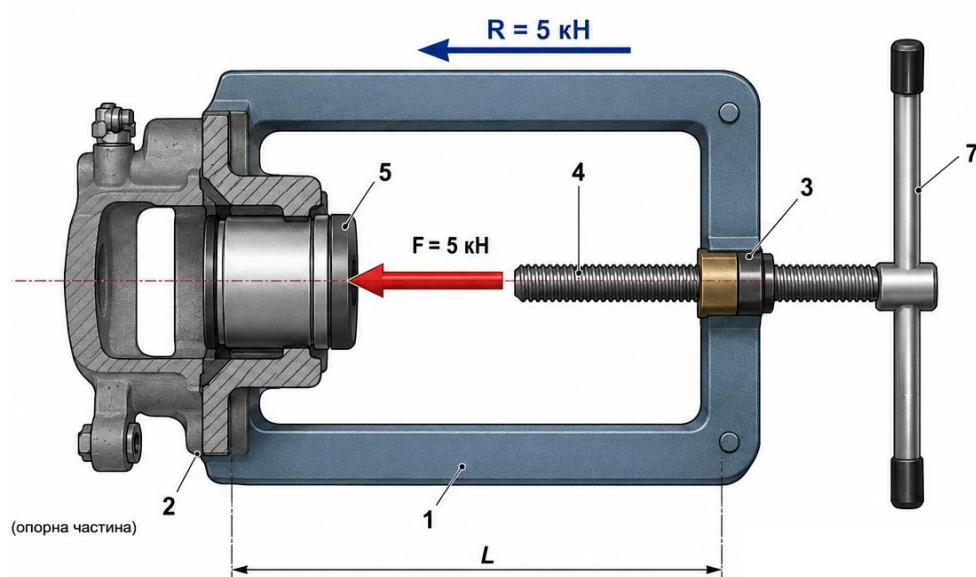


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема навантаження пристосування:

1 – рама пристосування (опорна частина); 2 – корпус супорта; 3 – силова гайка; 4 – гвинт Tr16×4; 5 – натискна чашка; 7 – рукоятка.

### 3.4 Розрахунок силового гвинта

Для створення осьового зусилля застосовано трапецеїдальний гвинт Tr16×4 [14, 15].

Розрахункові параметри гвинта:

зовнішній діаметр  $d = 16$  мм;

середній діаметр  $d_2 = 14$  мм;

мінімальний діаметр  $d_1 = 12$  мм;

крок і хід різьби  $P = 4$  мм;

довжина вільної частини  $l = 120$  мм.

### 3.4.1 Перевірка гвинта на стискання

Площа мінімального перерізу:

$$A_{\Gamma} = \pi \cdot d_1^2 / 4.$$

$$A_{\Gamma} = 3,1416 \cdot 12^2 / 4 = 113,1 \text{ мм}^2.$$

Напруження стискання:

$$\sigma_{\text{ст}} = F / A_{\Gamma}.$$

$$\sigma_{\text{ст}} = 5000 / 113,1 = 44,2 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для гвинта зі сталі 40Х:

$$[\sigma_{\text{ст}}] = 140 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:

$$\sigma_{\text{ст}} = 44,2 \text{ МПа} < [\sigma_{\text{ст}}] = 140 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу:

$$n = [\sigma_{\text{ст}}] / \sigma_{\text{ст}};$$

$$n = 140 / 44,2 = 3,17.$$

Міцність гвинта на стискання забезпечена.

### 3.4.2 Перевірка гвинта на поздовжню стійкість

Момент інерції перерізу гвинта [14, 15]:

$$I = \pi \cdot d_1^4 / 64.$$

$$I = 3,1416 \cdot 12^4 / 64 = 1017,9 \text{ мм}^4.$$

Критична сила за формулою Ейлера:

$$F_{\text{кр}} = \pi^2 \cdot E \cdot I / l^2,$$

де  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа – модуль пружності сталі.

$$F_{\text{кр}} = 3,1416^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1017,9 / 120^2;$$

$$F_{\text{кр}} = 146\,505 \text{ Н} = 146,5 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт запасу стійкості:

$$n_{ст} = F_{кр} / F;$$

$$n_{ст} = 146,5 / 5 = 29,3.$$

Гвинт має достатній запас поздовжньої стійкості.

### 3.5 Визначення моменту обертання гвинта

Кут підйому гвинтової лінії [14, 15]

$$t_g \lambda = P / (\pi \cdot d_2).$$

$$t_g \lambda = 4 / (3,1416 \cdot 14) = 0,091.$$

$$\lambda = 5,20^\circ.$$

Коефіцієнт тертя в змащеній парі «сталевий гвинт – бронзова гайка» [14, 15]:

$$f = 0,12.$$

Для трапецеїдальної різьби з кутом профілю  $30^\circ$  приведений коефіцієнт тертя:

$$f_{пр} = f / \cos 15^\circ.$$

$$f_{пр} = 0,12 / \cos 15^\circ = 0,124.$$

Приведений кут тертя:

$$\rho = \operatorname{arctg} f_{пр};$$

$$\rho = \operatorname{arctg} 0,124 = 7,08^\circ.$$

Момент у різьбовій парі:

$$M_p = F \cdot d_2 / 2 \cdot \operatorname{tg}(\lambda + \rho).$$

$$M_p = 5000 \cdot 0,014 / 2 \cdot \operatorname{tg}(5,20^\circ + 7,08^\circ);$$

$$M_p = 7,62 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

З урахуванням опору упорного підшипника розрахунковий момент:

$$M = 8,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова самогальмування гвинта:

$$\lambda < \rho.$$

$$5,20^\circ < 7,08^\circ.$$

Умова виконується, тому після припинення обертання гвинт не переміщується під дією реакції поршня.

### 3.6 Розрахунок рукоятки

Максимальне плече ковзної рукоятки [14, 15]:

$$L_p = 180 \text{ мм} = 0,18 \text{ м.}$$

Необхідне зусилля працівника:

$$P_p = M / L_p.$$

$$P_p = 8,5 / 0,18 = 47,2 \text{ Н.}$$

Отримане зусилля є прийнятним для виконання операції однією рукою.

Діаметр рукоятки:

$$d_p = 10 \text{ мм.}$$

Максимальний згинальний момент:

$$M_{зг} = P_p \cdot L_p;$$

$$M_{зг} = 47,2 \cdot 180 = 8496 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Момент опору круглого перерізу:

$$W_p = \pi \cdot d_p^3 / 32.$$

$$W_p = 3,1416 \cdot 10^3 / 32 = 98,2 \text{ мм}^3.$$

Напруження згинання:

$$\sigma_{зг} = M_{зг} / W_p.$$

$$\sigma_{зг} = 8496 / 98,2 = 86,5 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для сталі 45:

$$[\sigma_{зг}] = 140 \text{ МПа.}$$

$$86,5 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа.}$$

Міцність рукоятки забезпечена.

### 3.7 Розрахунок силової гайки

Розрахункове число робочих витків визначають за допустимим тиском на поверхні різьби [14, 15]:

$$z = F / (\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot [q]),$$

де  $h = 2$  мм – робоча висота витка;

$[q] = 10$  МПа – допустимий питомий тиск для пари сталь–бронза.

$$z = 5000 / (3,1416 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 10) = 5,68.$$

Приймають:

$$z = 6 \text{ витків.}$$

Мінімальна висота гайки:

$$H_{\text{мін}} = z \cdot P;$$

$$H_{\text{мін}} = 6 \cdot 4 = 24 \text{ мм.}$$

Конструктивно встановлюють:

$$H = 30 \text{ мм.}$$

Фактичний питомий тиск:

$$q = F / (\pi \cdot d_2 \cdot h \cdot z).$$

$$q = 5000 / (3,1416 \cdot 14 \cdot 2 \cdot 6) = 9,47 \text{ МПа.}$$

$$q = 9,47 \text{ МПа} < [q] = 10 \text{ МПа.}$$

Гайка відповідає умові зносостійкості.

### 3.8 Розрахунок опорної поперечини

Опорна поперечина сприймає реактивне навантаження від супорта. Її розраховують як балку на двох опорах із зосередженою силою посередині.

Прийняті розміри:

ширина  $b = 60 \text{ мм}$ ;

товщина  $h = 12 \text{ мм}$ ;

розрахунковий проліт  $l = 100 \text{ мм}$ .

Максимальний згинальний момент:

$$M_{\text{max}} = F \cdot l / 4.$$

$$M_{\text{max}} = 5000 \cdot 100 / 4 = 125\,000 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Момент опору прямокутного перерізу:

$$W = b \cdot h^2 / 6.$$

$$W = 60 \cdot 12^2 / 6 = 1440 \text{ мм}^3.$$

Напруження згинання:

$$\sigma = M_{\text{max}} / W.$$

$$\sigma = 125\,000 / 1440 = 86,8 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження для сталі 09Г2С:

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

86,8 МПа < 160 МПа.

Прогин поперечини:

$$f = F \cdot l^3 / (48 \cdot E \cdot I),$$

де момент інерції:

$$I = b \cdot h^3 / 12;$$

$$I = 60 \cdot 12^3 / 12 = 8640 \text{ мм}^4.$$

$$f = 5000 \cdot 100^3 / (48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 8640);$$

$$f = 0,057 \text{ мм.}$$

Прогин є незначним і не впливає на співвісність прикладання сили.

### 3.9 Перевірка бічних пластин рами

Навантаження рівномірно розподіляється між двома бічними пластинами:

$$F_6 = F / 2;$$

$$F_6 = 5000 / 2 = 2500 \text{ Н.}$$

Розміри перерізу однієї пластини:

$$b_6 = 40 \text{ мм}; s_6 = 8 \text{ мм.}$$

Площа перерізу:

$$A_6 = b_6 \cdot s_6;$$

$$A_6 = 40 \cdot 8 = 320 \text{ мм}^2.$$

Напруження розтягу:

$$\sigma_6 = F_6 / A_6. \quad (3.19)$$

$$\sigma_6 = 2500 / 320 = 7,81 \text{ МПа.}$$

Напруження значно менше допустимого, тому товщина 8 мм забезпечує необхідну жорсткість рами.

### 3.10 Розрахунок зварних з'єднань

Опорна та різьбова поперечини з'єднані з бічними пластинами кутовими швами. Для кожної поперечини передбачено два шви:

катет шва  $k = 4 \text{ мм}$ ;

довжина одного шва  $l_{ш} = 50 \text{ мм}$ .

Розрахункова площа зрізу:

$$A_{\text{ш}} = 2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l_{\text{ш}}.$$

$$A_{\text{ш}} = 2 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 50 = 280 \text{ мм}^2.$$

Дотичне напруження:

$$\tau_{\text{ш}} = F / A_{\text{ш}}.$$

$$\tau_{\text{ш}} = 5000 / 280 = 17,9 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження зварного шва:

$$[\tau_{\text{ш}}] = 80 \text{ МПа}.$$

$$17,9 \text{ МПа} < 80 \text{ МПа}.$$

Міцність зварних з'єднань забезпечена з коефіцієнтом запасу:

$$n_{\text{ш}} = 80 / 17,9 = 4,47.$$

### 3.11 Перевірка натискної чашки

Натискна чашка має діаметр:

$$D_{\text{ч}} = 44 \text{ мм}.$$

Площа контакту:

$$A_{\text{ч}} = \pi \cdot D_{\text{ч}}^2 / 4.$$

$$A_{\text{ч}} = 3,1416 \cdot 44^2 / 4 = 1520,5 \text{ мм}^2.$$

Середній тиск на поверхню поршня:

$$q_{\text{ч}} = F / A_{\text{ч}}.$$

$$q_{\text{ч}} = 5000 / 1520,5 = 3,29 \text{ МПа}.$$

Такий тиск не створює небезпечного місцевого навантаження на металеву поверхню поршня. Товщину чашки встановлено 12 мм, що запобігає її деформації.

Для уникнення пошкодження поршня поверхня чашки шліфується до шорсткості Ra 1,6, а крайки заокруглюються радіусом 1 мм.

### 3.12 Оцінювання ефективності застосування пристосування

Під час використання універсальної струбцини середня тривалість установлення, центрування та втискання одного поршня становить приблизно 6

хв. Застосування розробленого пристосування скорочує тривалість до 2,5 хв.

Зменшення тривалості операції:

$$\Delta t = t_6 - t_{п},$$

де  $t_6 = 6$  хв – тривалість базового способу;

$t_{п} = 2,5$  хв – тривалість із пристосуванням.

$$\Delta t = 6 - 2,5 = 3,5 \text{ хв.}$$

Відносне скорочення трудомісткості:

$$E_T = (t_6 - t_{п}) / t_6 \cdot 100 \%$$

$$E_T = (6 - 2,5) / 6 \cdot 100 = 58,3 \%$$

Зростання продуктивності:

$$K_{п} = t_6 / t_{п}.$$

$$K_{п} = 6 / 2,5 = 2,4.$$

Продуктивність операції збільшується у 2,4 раза. Під час обслуговування двох передніх супортів економія часу становить:

$$\Delta t_2 = 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ хв.}$$

Крім скорочення трудомісткості, пристосування зменшує ризик пошкодження поршня, чохла та гальмівного шланга, що позитивно впливає на якість ремонту.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час ремонту гальмівної системи

Технологічний процес ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia охоплює приймальне діагностування, перевірку автомобіля на роликовому стенді, його встановлення на двостійковий підіймач, демонтаж коліс, розбирання передніх дискових і задніх барабанних механізмів, заміну деталей гідравлічного привода, прокачування системи та контрольні випробування. Під час виконання цих операцій працівник перебуває під одночасним впливом механічних, хімічних, фізичних і психофізіологічних чинників.

Найбільш небезпечним механічним фактором є можливе падіння автомобіля з підіймача [18, 19]. Така ситуація виникає в разі неправильного розташування підхватів, перевищення вантажності обладнання, несправності стопорних пристроїв або нерівномірного підіймання. Додаткову небезпеку створюють падіння коліс, гальмівних барабанів, супортів та інструменту, защемлення пальців між деталями, зрив різьбових з'єднань і раптове переміщення елементів, навантажених пружинами.

Під час розбирання заднього барабанного механізму стягувальні пружини перебувають у напруженому стані. Їх зняття неспеціальним інструментом може спричинити неконтрольований виліт пружини та травмування рук або обличчя. Під час втискання поршня переднього супорта небезпеку становлять перекошування пристосування, руйнування різьби силового гвинта та затискання пальців між натискною чашкою і поршнем.

Гальмівна рідина DOT 4, очищувачі, мастильні матеріали та продукти спрацювання фрикційних накладок формують групу хімічних чинників. Контакт гальмівної рідини зі шкірою та очима може викликати подразнення, а її потрапляння на лакофарбове покриття призводить до пошкодження поверхні. Пари аерозольного очищувача погіршують якість повітря робочої зони, особливо за недостатньої вентиляції [18, 19].

Усередині барабанних механізмів накопичується пил, утворений унаслідок спрацювання накладок і корозії деталей. Видалення цього пилу струменем стисненого повітря призводить до його поширення в приміщенні. Тому очищення виконують спеціальним засобом, промисловим пирососом із відповідним фільтром або вологим способом.

До фізичних чинників належать шум пневматичного гайковерта, вібрація ручного інструменту, недостатня освітленість внутрішніх поверхонь механізмів, можливість ураження електричним струмом та несприятливий мікроклімат. Тривала робота в нахиленому положенні, піднімання коліс і повторювані рухи рукояткою інструменту створюють статичне навантаження на опорно-руховий апарат [18, 19].

Основні виробничі ризики та заходи їх обмеження наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Небезпечні й шкідливі фактори під час ремонту гальмівної системи.

Виробнича операція	Небезпечний або шкідливий фактор	Можливий наслідок	Запобіжний захід
Установлення на автомобіля підйомач	Падіння або перекошування автомобіля	Тяжке травмування працівника	Перевірка підйомача, правильне встановлення підхватів, блокування механічних стопорів
Демонтаж коліс	Падіння колеса, зрив ключа	Травмування рук і ніг	Застосування візка або підставки, справних головок і рукавиць
Зняття супорта	Падіння вузла, пошкодження шланга	Травма, витікання рідини	Підвішування супорта на гачку, заборона залишати його на шлангу
Розбирання барабанного механізму	Виліт пружини	Травма очей і рук	Щипці для пружин, захисні окуляри

Очищення деталей	Пил і пари очищувача	Подразнення органів дихання	Місцева витяжка, пиросос, респіратор, заборона обдування
Робота з DOT 4	Бризки та проливання	Подразнення шкіри й очей	Нітрилові рукавички, окуляри, закрита тара
Втискання поршня	Затискання пальців, руйнування пристосування	Механічна травма	Співвісне встановлення, плавне обертання, огляд гвинта і рами
Прокачування системи	Викид рідини під тиском	Потрапляння рідини в очі	Прозорий шланг, захисні окуляри, контроль тиску установки
Використання електрообладнання	Пошкоджена ізоляція	Ураження електричним струмом	Захисне заземлення, справні кабелі, періодичний огляд
Стендове випробування	Обертання коліс і роликів	Захоплення одягу, падіння	Огородження, заборона перебування біля роликів, виконання команд оператором

Для якісного керування ризиками доцільно оцінювати не лише можливість появи небезпечної події, а й тяжкість її наслідків. Найвищий пріоритет мають заходи, спрямовані на запобігання падінню автомобіля, ураженню рухомими частинами стенда та контакту з рідиною, яка виходить під тиском.

## **4.2 Організація безпечного виконання діагностичних і ремонтних операцій**

До ремонту допускається працівник, який пройшов навчання, перевірку знань, вступний і первинний інструктаж, ознайомлений із технологічною картою та правилами користування обладнанням. Працівник повинен використовувати справний спеціальний одяг, захисне взуття, нітрилові

рукавички й окуляри. Під час очищення сильно забруднених механізмів додатково застосовують протиаерозольний респіратор [18, 19].

Робоче місце необхідно утримувати в чистоті. Проходи до підіймача, стенда, засобів пожежогасіння та евакуаційного виходу не захаращують. Інструмент розміщують на пересувному візку або в спеціальних ложементях. Розливу гальмівну рідину чи очищувач прибирають негайно, оскільки забруднена підлога створює небезпеку ковзання.

Перед початком роботи перевіряють:

справність підіймача та його механічних стопорів;

цілісність кабелів і захисного заземлення;

стан роликового стенда та огорожень;

справність пневматичного й ручного інструменту;

відсутність тріщин у торцевих головках;

стан шлангів установки для прокачування;

наявність місцевої вентиляції;

комплектність засобів індивідуального захисту;

наявність аптечки та первинних засобів пожежогасіння.

Автомобіль Škoda Fabia розрахунковою масою 1550 кг обслуговується на підіймачі вантажністю 3500 кг. Ступінь використання вантажності визначається:

$$\eta_{\text{п}} = m_{\text{а}} / Q_{\text{п}} \cdot 100 \%,$$

де  $m_{\text{а}} = 1550$  кг – розрахункова маса автомобіля;

$Q_{\text{п}} = 3500$  кг – номінальна вантажність підіймача.

$$\eta_{\text{п}} = 1550 / 3500 \cdot 100 = 44,3 \, \%.$$

За вантажністю підіймач відповідає умовам виконання робіт. Проте наявний запас не усуває необхідності правильного встановлення підхватів у визначених виробником автомобіля точках [18, 19].

Спочатку автомобіль підіймають на висоту 100–200 мм і перевіряють його стійкість. Після цього підіймання продовжують до робочої висоти та встановлюють механізм на стопори. Заборонено перебувати під автомобілем, який утримується лише гідравлічною системою без механічного блокування.

Перед демонтажем коліс послаблюють болти тільки за стійкого положення автомобіля. Важкий вузол знімають двома руками або із застосуванням

допоміжного візка. Колеса не залишають у проході й не спирають нестійко на стіну.

Під час ремонту переднього дискового механізму супорт після від'єднання від скоби підвішують на гачку. Заборонено допускати його висіння на гнучкому шлангу, оскільки це може пошкодити внутрішній армувальний шар. Робочу поверхню диска, накладки та барабана не торкаються забрудненими мастилом руками.

Перед втисканням поршня перевіряють рівень рідини в бачку. За потреби частину рідини відбирають чистим пристроєм. Раму пристосування встановлюють стійко, натискну чашку суміщують із віссю поршня, а рукоятку обертають плавно. Нарощування рукоятки трубою та застосування ударного інструменту не допускаються.

Під час розбирання заднього барабанного механізму стоянкове гальмо повинно бути повністю відпущене. Стягувальні пружини знімають спеціальними щипцями, направляючи можливу траєкторію їх переміщення від працівника. Деталі лівого та правого механізмів складають окремо, щоб уникнути помилкового встановлення регуляторів із різним напрямом різьби.

Гальмівні механізми очищають за працюючої місцевої витяжної вентиляції. Для збирання пилу застосовують пиłosос або зволоження поверхні очищувачем. Обдування сухого механізму стисненим повітрям забороняється.

Під час від'єднання трубок використовують спеціальні розрізні ключі. Після розгерметизації отвори закривають чистими технологічними заглушками. Перетискання гнучкого шланга плоскогубцями не допускається, оскільки це пошкоджує його внутрішню структуру [18, 19].

Прокачування виконують прозорим шлангом, опущеним у стійку приймальну ємність. Тиск установки не повинен перевищувати значення, встановленого інструкцією виробника обладнання. Штуцер відкривають поступово. Працівник не повинен нахилитися безпосередньо над з'єднанням.

Після завершення ремонту:

перевіряють затягування кріплень;

установлюють колеса;

затягують колісні болти динамометричним ключем;

декілька разів натискають педаль гальма;  
перевіряють рівень рідини;  
оглядають усі з'єднання на відсутність витікання;  
перевіряють вільне обертання коліс;  
зчитують коди несправностей ABS;  
виконують стендовий контроль;  
проводять коротке дорожнє випробування на спеціально визначеній ділянці.

Під час роботи на роликовому стенді автомобіль установлюють відповідно до інструкції обладнання. У зоні обертання роликів і коліс не повинно бути сторонніх осіб, інструменту чи незакріплених предметів. Виходити з автомобіля під час випробування та торкатися коліс заборонено.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено комплексний технологічний процес ремонту гальмівної системи автомобіля Škoda Fabia, спрямований на підвищення якості діагностування, відновлення працездатності її складових і забезпечення безпеки ремонтних робіт.

Проаналізовано конструкцію двоконтурної гальмівної системи з вакуумним підсилювачем, ABS, передніми дисковими та задніми барабанними механізмами. Систематизовано характерні несправності та встановлено їх основні причини.

Розроблено технологічну послідовність, яка охоплює приймальне й електронне діагностування, перевірку на роликовому стенді, очищення, розбирання, дефектування, ремонт, складання, прокачування та завершальний контроль.

Для передніх дисків діаметром 239 мм визначено мінімальну допустиму товщину 16 мм за номінальної 18 мм. Товщину запропоновано контролювати мікрометром у восьми точках. Для задніх барабанів номінальним діаметром 200 мм граничний діаметр становить 201,5 мм.

Розроблено технології ремонту передніх супортів, задніх барабанних механізмів, робочих циліндрів, автоматичних регуляторів зазору, стоянкового гальма, трубопроводів, шлангів, головного циліндра та вакуумного підсилювача.

Обґрунтовано порядок заміни гальмівної рідини DOT 4 і видалення повітря з гідравлічного привода. Після спорожнення блока ABS передбачено його сервісне прокачування із застосуванням діагностичного сканера.

Для ремонтного поста підібрано двостійковий підіймач, роликовий стенд, діагностичний сканер VAG, установку для прокачування, вимірювальні прилади та спеціальний інструмент. Нормативна трудомісткість комплексного ремонту становить 6,10 люд.-год, або 366 хв.

За результатами розрахункового стендового контролю питома гальмівна сила робочої системи становить 71,7 %, нерівномірність гальмівних сил передньої осі – 4,65 %, задньої – 7,69 %, а питома сила стоянкового гальма – 17,8 %.

У конструкторському розділі розроблено гвинтове пристосування для втискання поршня переднього супорта. Пристосування розраховане на зусилля 5 кН, має гвинт Tr16×4 і забезпечує обслуговування поршнів діаметром 38–54 мм. Розрахунки підтвердили міцність гвинта, рукоятки, рами, опорної поперечини та зварних з'єднань.

Використання пристосування скорочує тривалість втискання одного поршня з 6 до 2,5 хв, тобто на 58,3 %, і підвищує продуктивність операції у 2,4 рази.

Проаналізовано небезпечні й шкідливі фактори ремонтного процесу та розроблено заходи щодо безпечного використання підіймача, спеціального інструменту, гальмівної рідини, вентиляції, електрообладнання і роликівого стенда.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Legg A. K. Skoda Fabia Petrol & Diesel: May 2007 to December 2014. Service and Repair Manual. – Haynes Publishing, 2016. – 464 p.
2. Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Левкович М. Г., Клендій В. М., Гупка В. В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням. Наукові нотатки. Луцьк, 2021. Вип. 71. С. 228–233.
3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: навчальний посібник / І. Б. Гевко, Р. М. Рогатинський, О. Л. Ляшук, М. Г. Левкович, В. З. Гудь, М. Я. Сташків, М. Д. Сіправська. Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
4. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1: Теоретичні основи. Технологія. Київ: Вища школа, 1994. 342 с.
5. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигиринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: Організація, планування і управління. Київ: Вища школа, 1994. 383 с.
6. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
7. Кукурудзяк Ю. Ю., Біліченко В. В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів технічного обслуговування і поточного ремонту: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 198 с.
8. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 324 с.
9. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: підручник. 8-ме вид. Київ: Либідь, 2018. 400 с.
10. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: навчальний посібник. Київ: Каравела, 2006. 296 с.
11. Босюк П. В., Левкович М. Г., Тесля В. О. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. 236 с.

12. Левкович М. Г., Гупка А. Б., Сіправська М. Д. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 136 с.
13. Коробочка О. М., Скорняков Е. С., Сасов О. О. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. 252 с.
14. Кіркач Н. Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. Харків, 1991. 274 с.
15. Кошель С. О., Березін Л. М., Кошель Г. В. Технічна механіка. Розділ «Теорія механізмів і машин». Київ: Центр навчальної літератури, 2020. 156 с.
16. Автомобілі. Теорія: навчальний посібник / В. П. Сахно, В. І. Сирота, В. М. Поляков, В. Г. Головань, О. В. Лисий. Одеса: Військова академія, 2017. 412 с.
17. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Київ: Міністерство транспорту України, 1998. 16 с.
18. Закон України «Про охорону праці».
19. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. В. Практикум з охорони праці: навчальний посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
20. Ляшук О. Л., Пиндус Ю. І., Левкович М. Г., Гупка А. Б., Хорошун Р. В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. 61 с.