

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**Удосконалення технологічного процесу відновлення
газооливної стійки амортизатора 335808 *Kayaba*
автомобіля *Skoda Octavia A5***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАЗ-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Ілля МУДРИК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник
(підпис) Іван ГЕВКО
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль
(підпис) Тетяна ПИНДУС
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри
(підпис) Олег ЦЬОНЬ
(прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
 Кафедра 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 Мудрик Ілля Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу відновлення газооливної стійки амортизатора 335808 Kayaba автомобіля Skoda Octavia A5

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

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/7-43.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Технічна характеристика автомобіля Skoda Octavia A5, базовий технологічний процес відновлення газооливної стійки амортизатора

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

Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Аналіз технологій. Ремонтне креслення. Загальний вигляд стійки у зборі.

Порівняльний аналіз. Приспосіблення для кріплення і базування деталі.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Віктор СЕНЧИШИН</i>		

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>16.02.2026</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>16.03.2026</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>02.04.2026</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>23.04.2026</i>	
5	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>21.05.2026</i>	
6	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>12.06.2026</i>	

Студент

(підпис)

Ілля МУДРИК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Іван ГЕВКО

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

«Удосконалення технологічного процесу відновлення газооливної стійки амортизатора 335808 Kayaba автомобіля Skoda Octavia A5»

студента групи МАз – 41 спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

ТНТУ імені Івана Пулюя

Іллі МУДРИКА

Обсяг роботи пояснювальної записки містить необхідну кількість сторінок машинописного тексту, ілюстрації, таблиці та список використаних джерел.

Актуальність теми. У сучасних умовах експлуатації автомобільного транспорту в Україні, що характеризуються незадовільним станом дорожнього покриття та значними температурними коливаннями, вузли підвіски піддаються екстремальним навантаженням. Найбільш вразливим елементом передньої підвіски популярного автомобіля Skoda Octavia A5 є телескопічна газооливна стійка. Висока вартість нових оригінальних комплектуючих (зокрема серії Kayaba Excel-G) змушує власників шукати альтернативні шляхи ремонту. Проте більшість існуючих методів відновлення мають кустарний характер і не забезпечують стабільності характеристик демпфування. Тому розробка науково обґрунтованого та вдосконаленого технологічного процесу відновлення, що включає прецизійну дефектовку та контроль герметичності, є вкрай актуальним завданням для автотранспортної галузі.

Мета роботи – розробка та вдосконалення технологічного циклу регенерації стійок Kayaba 335808 для забезпечення їхньої експлуатаційної надійності на рівні заводських стандартів при одночасному зниженні витрат на обслуговування.

Об'єкт дослідження – технологія технічного обслуговування та ремонту ходової частини автомобілів Skoda Octavia A5.

Предмет дослідження – конструктивні особливості стійки Kayaba 335808, алгоритми її розбирання, дефектовки, заміни робочих середовищ та методи випробування герметичності під тиском.

Основні результати роботи у загально-технічному розділі проведено детальний аналіз конструкції автомобіля Skoda Octavia A5 та його передньої підвіски типу McPherson. Встановлено, що амортизатор Kayaba 335808 є двотрубним газонаповненим пристроєм із клапанною системою прогресивної дії. Вивчено фізико-хімічні властивості матеріалів, з яких виготовлено вузол: сталь 40X для штоків, фторкаучукові ущільнення та азот як робочий газ. Обґрунтовано доцільність відновлення на основі високої втомної міцності основних деталей корпусу.

У технологічному розділі розроблено вдосконалений алгоритм відновлення. Ключовою інновацією є впровадження етапів ультразвукового очищення клапанних пакетів та вакуумування внутрішньої порожнини перед заправкою амортизаторною рідиною. Це дозволяє повністю видалити залишки повітря, що запобігає кавітації оливи під час роботи. Складено детальну карту дефектації, що включає мікрометрію штока (допуск на знос – 0,02 мм) та перевірку шорсткості дзеркала циліндра.

У конструкторському розділі спроектовано спеціалізований стенд для випробування герметичності відновлених стійок. Конструкція стенда передбачає пневматичну фіксацію вузла та можливість створення надлишкового тиску у водному середовищі для візуальної ідентифікації мікротріщин. Проведено розрахунок на міцність затискного механізму. Встановлено, що при випробувальному тиску 6 бар зусилля на шток становить $F \approx 228$ Н, а вибрані болтові з'єднання мають запас міцності $n > 50$, що гарантує повну безпеку експлуатації.

У розділі безпеки життєдіяльності та охорони праці розроблено заходи з організації безпечного робочого місця на дільниці. Особливу увагу приділено правилам поведінки з балонами високого тиску та техніці безпеки при роботі на випробувальному стенді. Описано протоколи дій у разі розгерметизації системи.

Робота доводить, що вдосконалений технологічний процес із використанням розробленого стенда дозволяє досягти високої якості ремонту, підвищити безпеку дорожнього руху та забезпечити значний економічний ефект для автосервісних підприємств.

Ключові слова Skoda Octavia A5, Kayaba 335808, амортизаторна стійка, відновлення, дефектовка, герметичність, стенд випробувальний, азотний підпір, технологічний процес, економічна ефективність.

ЗМІСТ

Вступ	8
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Загальні відомості та характеристики автомобіля Skoda Octavia A5	10
1.2 Призначення стійки амортизатора автомобіля Skoda	12
1.3 Аналіз конструкції амортизатора автомобіля	14
1.4 Методи та способи випробування стійки амортизаторів	16
1.5 Висновки до першого розділу	18
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Основні конструктивні елементи стійки амортизаторів	19
2.2 Дефектація стійки амортизатора	23
2.3 Карта технологічного процесу відновлення деталей стійки амортизатора	26
2.4 Проектування ділянки по відновленні стійки амортизаторів	29
2.5 Економічний розрахунок відновлення стійки амортизатора	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	37
3.1 Загальний вигляд стенда для випробування герметичності стійок амортизаторів	37
3.2 Принцип роботи стенду	40
3.3 Розрахунок стенду на міцність	41
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Система організації охорони праці на підприємстві	46
4.2 Охорони праці та безпека при роботі з тиском	47
4.3 Техніка безпеки при роботі з балонами наповнену стиснутим газом.....	48
4.4. Правила техніки безпеки при використанні стенда	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	52

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку автомобільного транспорту в Україні питання підтримання належного технічного стану підвіски пасажирських автомобілів набуває особливої гостроти. Одним із найбільш масових автомобілів у вітчизняному парку є Skoda Octavia A5, побудована на платформі Volkswagen. Ходова частина цього автомобіля вирізняється високою складністю та точністю налаштувань, де ключову роль відіграє передня телескопічна стійка. Використання високотехнологічних газооливних амортизаторів, таких як Kayaba 335808 (серія Excel-G), забезпечує необхідний баланс між керованістю та комфортом, проте складні умови експлуатації (незадовільний стан дорожнього покриття, значні температурні коливання та запиленість) призводять до прискореного зносу ущільнювальних елементів та деградації робочої рідини.

Висока вартість нових оригінальних комплектуючих та зростаючий попит на економічно вигідні методи сервісного обслуговування роблять проблему відновлення амортизаторів надзвичайно актуальною. Традиційні методи ремонту часто не забезпечують відновлення заводських характеристик, зокрема через відсутність стабільного газового підпору азотом та належного контролю герметичності. Таким чином, удосконалення технологічного процесу відновлення з впровадженням спеціалізованого діагностичного обладнання є необхідним кроком для підвищення надійності та ресурсу відремонтованих вузлів.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності технічного обслуговування автомобілів Skoda Octavia A5 шляхом розробки та впровадження вдосконаленого технологічного процесу відновлення газооливних стійок амортизаторів Kayaba 335808, що дозволить забезпечити їхню працездатність на рівні 80–90% від характеристик нових виробів при суттєвому зниженні вартості робіт.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відновлення деталей та вузлів передньої підвіски автомобіля Skoda Octavia A5.

Предмет дослідження – методи регенерації робочих параметрів, конструктивні особливості та способи випробування герметичності газооливної стійки амортизатора Kayaba 335808.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

Проаналізувати конструкцію та умови роботи передньої підвіски автомобіля Skoda Octavia A5 та конкретної моделі амортизатора Kayaba 335808.

Провести аналіз типових дефектів та причин виходу з ладу газооливних стійок у процесі експлуатації.

Розробити алгоритм удосконаленого технологічного процесу відновлення, що включає операції вакуумування та заправки азотом під тиском.

Спроекувати спеціалізований стенд для випробування герметичності відновлених стійок та провести його розрахунок на міцність для гарантування безпеки робіт.

Виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень та розробити заходи з охорони праці на проєктованій ділянці.

У роботі використано аналітичні методи дослідження конструкцій автомобілів, методи мікрометрії та дефектоскопії для оцінки стану деталей, а також методи інженерних розрахунків на міцність при проєктуванні випробувального обладнання.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості та характеристики автомобіля Skoda Octavia A5

Skoda Octavia A5 (друге покоління моделі) – автомобіль С-класу, побудований на платформі Volkswagen Group A5 (PQ35). Модель випускалася з 2004 по 2013 роки. Завдяки модульній платформі автомобіль має високу жорсткість кузова та незалежну підвіску всіх коліс, що забезпечує збалансовані ходові якості.

Компонування автомобіля передньомоторне, передньопривідне (існують повнопривідні версії 4x4). Автомобіль призначений для пасажирський для експлуатації на дорогах з твердим покриттям. Типи кузова – 5-дверний ліфтбек та універсал (Combi). Конструктивні особливості передньої підвіски Skoda Octavia A5.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автомобіля Skoda Octavia A5 (2004–2013 років випуску із моделюю рестайлінг FL з 2009)

У таблиці наведено параметри для найбільш масової модифікації з двигуном 1.6 MPI, яка найчастіше зустрічається в експлуатації.

Параметр	Значення
Габаритні розміри (Д × Ш × В), мм	4569 × 1769 × 1462
Колісна база, мм	2578
Кліренс (дорожній просвіт), мм	140 – 164
Споряджена / Повна маса, кг	1255 / 1915
Об'єм багажника, л	560 (ліфтбек) / 580 (універсал)
Об'єм паливного баку, л	55

Передня підвіска автомобіля – це незалежна конструкція типу McPherson з нижніми трикутними важелями та стабілізатором поперечної стійкості. Саме тут встановлена газооливна стійка Kayaba 335808, що є об'єктом роботи.

Телескопічна стійка (Kayaba 335808) виконує роль як демпфуючого елемента (гасіння коливань), так і напрямного пристрою. Вона сприймає значні бокові навантаження.

Гвинтова пружина приймає основну частину вертикального навантаження від ваги автомобіля. Поворотний кулак стійки жорстко кріпиться до нього, що вимагає високої міцності корпусу амортизатора. Верхня опора з підшипником забезпечує можливість повороту стійки разом з колесом.

Особливості стійки Kayaba 335808 (серія Excel-G) це двотрубна газооливна стійка. Її відновлення є технологічно складним завданням. Газовий підпір (азот) який запобігає кавітації (спінюванню) оливи під час інтенсивної роботи на нерівностях, що покращує стабільність характеристик. Система клапанів – це складна багатоступенева система, яка потребує ретельної промивки та калібрування при відновленні. Ущільнення (сальник): Ключовий елемент, через знос якого втрачається герметичність.

Задня підвіска автомобіля – це незалежна, багатоважільна (включає один поздовжній та три поперечні важелі на кожне колесо).

Гальмівна система – це гідравлічна, двоконтурна; передні гальма – дискові вентильовані, задні – дискові. На автомобілі встановлюють рейкове рульове управління з електромеханічним підсилювачем.

1.2 Призначення стійки амортизатора автомобіля Skoda

Амортизатор (телескопічна стійка) Kayaba 335808 розроблений спеціально для передньої підвіски автомобілів платформи PQ35 (Skoda Octavia A5, VW Golf V). Його основними функціями є:

- гасіння коливань для перетворення кінетичної енергії руху підресорених і непідресорених мас у теплову енергію через тертя рідини (оливи) у клапанних системах;
- забезпечення контакту з дорогою – це мінімізація відриву колеса від дорожнього полотна при проїзді нерівностей, що безпосередньо впливає на ефективність гальмування та керованість;
- стабілізація кузова, контроль кренів автомобіля при поворотах та запобігання під час інтенсивного гальмування;
- підтримка комфорту, фільтрація дрібних вібрацій, що передаються від коліс на кузов.

Будова амортизатора (двотрубна газооливна конструкція)

Модель амортизатора Kayaba 335808 належить до двотрубного типу з газовим підпором низького тиску. Така конструкція є найбільш поширеною завдяки надійності та здатності працювати в умовах поганих доріг.

Основні вузли та деталі:

Зовнішній резервуар (корпус) металева труба, яка виконує роль корпусу та ємності для компенсаційного об'єму оливи та газу. До неї приварені кронштейни кріплення гальмівних шлангів та чашка під пружину.

Робочий циліндр (внутрішня труба) розташований всередині корпусу. Саме в ньому рухається поршень і відбуваються основні процеси демпфування.

Шток поршня високоміцний сталевий стрижень з хромованим покриттям. Він з'єднує поршень з верхньою опорою кузова. У моделі 335808 шток має посилену конструкцію для витримування бокових навантажень McPherson.

Поршень з клапанною системою має калібровані отвори та набір тонких пружинних пластин (шайб). При русі вгору/вниз ці пластини згинаються, створюючи опір проходженню оливи.

Донний клапан (клапан стиснення) знаходиться в нижній частині робочого циліндра. Він регулює перетік оливи між робочим циліндром та зовнішнім резервуаром під час ходу стиснення.

Ущільнювальний вузол (сальник) це високотехнологічний багатоманжетний елемент, що утримує оливу всередині та запобігає потраплянню пилу всередину. У Кауаба використовується спеціальна гума з низьким коефіцієнтом тертя.

Напрямна втулка штока забезпечує центрування штока і плавне ковзання, зазвичай має тефлонове покриття для зменшення зносу.

Газовий підпір (азот) у зовнішньому резервуарі під невеликим тиском (близько 3–5 бар) знаходиться азот. Він тисне на оливу, запобігаючи її спінюванню (аерації) при високій частоті ходу поршня.

Принцип роботи при відновленні та при вдосконаленні техпроцесу потрібно враховувати два основні режими роботи:

Хід відтиснення коли шток рухається вгору. Основну роботу виконує клапан на поршні. Олива під тиском проходить через пластини поршня, створюючи опір.

Хід стиснення коли шток занурюється в циліндр. Частина об'єму оливи, що витісняється об'ємом штока, проходить через донний клапан у зовнішній резервуар, стискаючи газ.

Технічні параметри які слід контролювати, діаметр корпусу (зазвичай 50 мм або 55 мм для Skoda Octavia A5 в залежності від модифікації поворотної цапфи), хід штока розрахований на стандартну підвіску, тип амортизаторної рідини з індексом в'язкості не менше 150-200.

Доцільним є відновлення амортизаторів Kayaba 335808 серії Excel-G. Якість металу має високу зносостійкість робочого циліндра, що дозволяє проводити 1-2 цикли відновлення без втрати геометричної точності. **Триступенева клапанна система** яка дозволяє амортизатору адаптуватися до швидкості руху (м'який при повільних коливаннях і жорсткий при різких маневрах).

1.3 Аналіз конструкції амортизатора автомобіля

Амортизатор виконаний за двотрубною схемою з газовим підпором. Це означає, що всередині корпусу (резервуара) знаходиться ще одна труба – робочий циліндр.

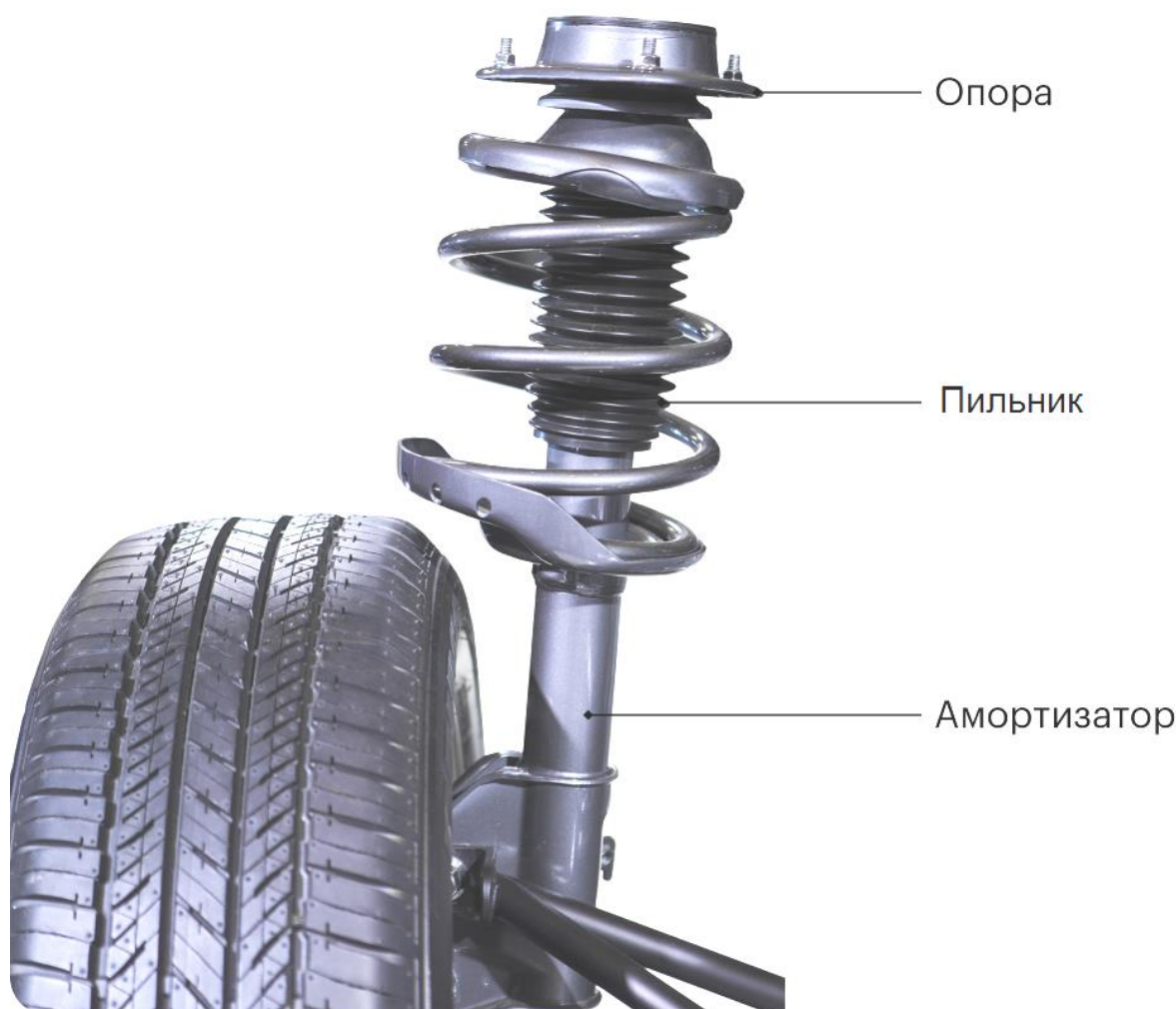


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд стійки амортизатора

Детальний опис внутрішньої будови

Зовнішній резервуар (корпус) – виготовлений з високоміцної сталі. У нижній частині він має циліндричну форму для запресовування в поворотний кулак (діаметр посадкового місця для А5 може бути 50 мм або 55 мм залежно від потужності двигуна).

Робочий циліндр, внутрішня порожнина, заповнена спеціальною амортизаторною оливою, в якій рухається поршень.

Шток амортизатора має діаметр 20-22 мм. Його поверхня піддається загартуванню струмами високої частоти, шліфуванню та хромуванню (товщина шару хрому близько 15-25 мкм) для досягнення мінімального коефіцієнта тертя та захисту від корозії.

Поршневий вузол обладнаний тефлоновим кільцем для запобігання перетоку оливи повз поршень та для зменшення тертя об стінки циліндра. Клапанна система поршня складається з набору дисків (шайб) різної товщини та діаметра, що формують характеристику віджимання стійки.

Донний клапан (клапан стиснення) розташований на дні робочого циліндра. Він контролює потік оливи в простір між робочим циліндром та зовнішнім корпусом під час занурення штока всередину.

Напрямна втулка з сальником – це верхня частина амортизатора закрита напрямною втулкою з антифрикційним покриттям та багатокромочним сальником. Сальник розрахований на утримання внутрішнього тиску газу та оливи, а також на очищення штока при його русі вниз.

Функціональні особливості газової стійки амортизатора.

В амортизаторі 335808 вільний простір у зовнішньому резервуарі заповнений азотом під тиском 3-5 атмосфер.

Протидія кавітації під час інтенсивної роботи олива проходить крізь клапани з великою швидкістю, що створює зони низького тиску і бульбашки газу (спінювання). Газовий підпір тримає оливу під тиском, що забезпечує стабільність роботи амортизатора навіть на поганих дорогах.

Покращення реакції амортизатора який швидше реагує на зміну напрямку руху штока, що робить підвіску Skoda Octavia A5 більш швидко працюючою.

Матеріали та технологічні вимоги

Корпус та шток повинні мати високу втомну міцність.

Олива повинна бути стабільною до температурних коливань (від -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$), щоб в'язкість не змінювалася занадто сильно (високий індекс в'язкості).

Цей аналіз є основою для вашого наступного розділу – дефектовки, оскільки знаючи будову, ви зможете пояснити, чому саме зношується сальник або як деградація оливи впливає на роботу клапанної системи.

1.4 Методи та способи випробування стійки амортизаторів

Випробування стійок амортизаторів поділяються на два основні типи: діагностичні (на автомобілі) та стендові (після зняття або відновлення).

Стендові випробування в лабораторних умовах оскільки він дозволяє зняти робочі характеристики відновленої стійки Kayaba 335808 та порівняти їх із еталонними

Зняття силової характеристики – це найбільш інформативний метод. Амортизатор встановлюється на спеціальний випробувальний стенд, який імітує ходи стиснення та відбою з різною частотою та амплітудою.

Суть методу, стенд фіксує зусилля опору, яке створює амортизатор у кожній точці ходу штока.

Отримання робочої діаграми (петлі), де верхня частина відповідає ходу відбою, а нижня – стисненню.

Перевіряється симетрія роботи, відсутність «провалів» (що свідчить про наявність повітря або кавітацію) та відповідність пікових зусиль паспортним даним моделі 335808.

Перевірка герметичності після відновлення та заправки азотом важливо переконатися, що вузол ущільнення (сальник) та зварні/різьбові з'єднання тримають тиск.

Занурення у ванну з рідиною або використання електронних течношукачів для контролю витоку азоту.

Випробування на ресурс. Амортизатор піддається мільйонам циклів спрацювання під навантаженням. Перевірка зносостійкості нових компонентів (сальників, оливи, поршневих кілець), які ви впровадили в техпроцес.

Діагностичні методи використовуються для первинної дефектовки перед ремонтом та для фінальної перевірки якості роботи підвіски в цілому

Тест на вібростенді автомобіль заїжджає колесами на рухомі платформи, які починають вібрувати з частотою від 0 до 25 Гц. Коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою. Якщо після припинення вібрації коливання гаснуть занадто повільно, а коефіцієнт падає нижче 40-50%, стійка потребує відновлення.

Візуальний огляд – це найпростіший, але обов'язковий етап. Перевірка наявності патьоків оливи на корпусі. Перевірка стану хромованого покриття штока (наявності корозії або задирів). Перевірка стану відбійника та пильника.

Інструментальний контроль при відновленні стосується технологічного процесу, етапи контролю деталей після розбирання. Мікрометрія штока. Вимірювання діаметра штока у декількох перерізах для виявлення еліпсності або критичного зносу (допуск зазвичай складає не більше 0.02 мм).

Контроль шорсткості: Використання профілометра для перевірки дзеркала штока (параметр Ra має бути в межах 0.04-0.08 мкм).

Перевірка в'язкості оливи: Використання віскозиметра для контролю відповідності нової амортизаторної рідини температурним режимам.

Етапи контролю деталей після технологічного процесу

– Мікрометрія штока: Вимірювання діаметра штока у декількох перерізах для виявлення еліпсності або критичного зносу (допуск зазвичай складає не більше 0.02 мм).

– Контроль шорсткості: Використання профілометра для перевірки дзеркала штока (параметр Ra має бути в межах 0.04-0.08 мкм).

– Перевірка в'язкості оливи: Використання віскозиметра для контролю відповідності нової амортизаторної рідини температурним режимам.

1.5 Висновки до першого розділу

У результаті виконання першого розділу було проведено комплексний аналіз об'єкта дослідження, що дозволило сформулювати наступні висновки:

Обґрунтовано вибір автомобіля та вузла: Skoda Octavia A5 є одним із найпоширеніших автомобілів у парку України, що робить питання якісного та економічно вигідного сервісу його підвіски надзвичайно актуальним. Стійка Kayaba 335808 є складним гідропневматичним вузлом, робота якого критично впливає на безпеку руху та керованість.

Проаналізовано конструктивні особливості встановлено, що двотрубна газооливна конструкція амортизатора серії Excel-G забезпечує високі експлуатаційні характеристики, проте вона є чутливою до чистоти робочої рідини та герметичності газового підпору. Це підтверджує можливість відновлення вузла за умови дотримання високих технологічних стандартів.

Визначено ключові фактори зносу та аналіз конструкції показав, що основними причинами виходу з ладу є деградація оливи, втрата тиску азоту та знос ущільнювальних елементів. Це дає підстави для розробки технології, що базується на заміні ремкомплектів та відновленні параметрів робочого середовища.

Оцінено методи контролю та вивчення методів випробувань (стендові випробування та діагностика на автомобілі) дозволило визначити параметри, за якими буде оцінюватися якість відновленої стійки. Основним критерієм прийнято відповідність силових характеристик стиснення та відбою паспортним даним заводу-виробника.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Основні конструктивні елементи стійки амортизаторів

Стойка амортизатора Kayaba 335808 серії Excel-G є одним із найпопулярніших рішень для передньої підвіски автомобілів на платформі PQ35 (зокрема Skoda Octavia A5). Її технічні особливості обумовлені необхідністю балансування між енергоємністю, що важлива для українських доріг, та точністю керування, характерною для європейських авто.

Модель 335808 базується на двотрубній газонаповненій конструкції. Основна ідея серії Excel-G полягає у відновленні оригінальних експлуатаційних характеристик автомобіля, що були закладені заводом-виробником, але з підвищеним запасом міцності клапанної системи.

Ключові конструктивні елементи:

Діаметр корпусу для Skoda Octavia A5 стандартний діаметр посадкового місця в поворотний кулак становить 50 мм або 55 мм. Модель 335808 відповідає діаметру 55 мм (посилена підвіска), що вимагає використання відповідного обладнання для фіксації стійки під час розбирання на вашій ділянці.

Газовий підпір низького тиску внутрішня порожнина заповнена азотом (N₂). Це головна особливість, яка відрізняє її від суто гідравлічних амортизаторів. Газ під тиском не дозволяє оливі спінюватися при високій частоті коливань (ефект кавітації).

Матеріали виготовлення стійки амортизатора Kayaba 335808.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд стійки амортизатора
автомобіля Skoda Octavia A5

Корпус стійки працює як резервуар для оливи та основа для кріплення підвіски. Зовнішній резервуар (корпус) виготовляється з конструкційної вуглецевої сталі (наприклад, аналоги сталі 20 або 35). Це забезпечує необхідну пластичність для формування кронштейнів та високу втомну міцність. Поверхня корпусу захищена фосфатним покриттям та багат шаровим порошковим фарбуванням для запобігання корозії.

Чашка пружини та кронштейни – це штампована листовая сталь високої якості, приварена до корпусу методом автоматичного дугового зварювання в середовищі захисних газів.

Шток амортизатора має поєднувати поверхневу твердість із внутрішньою в'язкістю. Основний матеріал – середньовуглецева легована сталь (аналоги 40X або 45). Шток з'єднує внутрішні механізми амортизатора з кузовом автомобіля і має різьбовий наконечник для кріплення верхньої опори. Термічна обробка, поверхневе загартування струмами високої частоти на глибину 1,0–2,5 мм для підвищення опору згинанню. Фінішне покриття штока піддається прецизійному

шліфуванню та твердому хромуванню (товщиною 15–25 мкм). Це забезпечує дзеркальну поверхню (шорсткість Ra не більше 0,1 мкм) та стійкість до абразивного зносу сальником.

Внутрішні робочі вузли *робочий циліндр* виготовляється з холоднотягнутої безшовної сталеві труби з високою точністю геометричної форми. У ньому безпосередньо рухається поршень. Внутрішня поверхня піддається високоточному хонінгуванню для забезпечення ідеальної дзеркальності (шорсткість Ra 0.04–0.08 мкм). *Поршень* зазвичай виготовляється методом порошкової металургії (спікання залізного порошку). Він закріплений на нижньому кінці штока. Він має тефлонове ущільнювальне кільце, яке мінімізує тертя об стінки циліндра. Це дозволяє отримувати складні канали для проходження оливи з високою точністю без додаткової механічної обробки. Клапанна система поршня – складається з набору каліброваних пружинних дисків. Коли шток виходить із циліндра (хід відбою), ці диски чинять опір перетіканню оливи через отвори в поршні. *Клапан стиснення* – встановлений у нижній частині робочого циліндра. Керує перетіканням оливи з робочого циліндра в резервуар, коли шток занурюється всередину (хід стиснення). Він забезпечує необхідну жорсткість підвіски при наїзді на перешкоду. Ущільнювальне кільце поршня виготовляється з фторопласту (тефлону) з додаванням графіту або бронзового наповнювача. Це мінімізує тертя металу об метал та забезпечує герметичність при високих температурах.

Клапанні диски (механізми) виготовляються з високоякісної пружинної нержавіючої сталі (12X18H10T або аналогічні шведські сталі Sandvik). Вони повинні зберігати стабільну пружність протягом мільйонів циклів згинання.

Ущільнювальні елементи та напрямні такі як, сальник це синтетичний каучук високої термостійкості (на основі фторкаучуку Viton або нітрильного каучуку NBR). Це критично важливий вузол для роботи стійки. Напрямна втулка – центрує шток, зазвичай має антифрикційне покриття. Сальник – це високотехнологічне ущільнення з декількома робочими кромками. Одна кромка утримує тиск оливи та газу всередині, інша – знімає бруд і пил зі штока при його русі вниз. Матеріал стійкий до агресивної амортизаторної оливи та

витримує нагрів до $+120^{\circ}\text{C}$. *Напрямна втулка штока* сталева основа з нанесеним шаром металофторопласту. Це забезпечує ідеальне ковзання штока навіть за умов недостатнього змащення на початку руху.

Робоче середовище амортизаторна рідина це суміш мінеральних або синтетичних масел з низькою в'язкістю та високим індексом в'язкості (Viscosity Index > 150). Спеціальна гідравлічна рідина з низькою температурою застигання та високим індексом в'язкості. Вона містить антипінні та антикорозійні присадки. Містить присадки: протипінні (силіконові), протизносні та модифікатори тертя. Знаходиться у зовнішньому резервуарі під тиском близько 3–5 бар. Азот тисне на оливу, запобігаючи її кавітації (утворенню бульбашок газу при швидких ходах поршня). Це робить роботу стійки стабільною при інтенсивних навантаженнях. Технічно чистий азот (N_2), який є інертним і не викликає окислення оливи та внутрішніх стінок амортизатора.

Таблиця 2.1 – Зведені характеристики матеріалів стійки амортизатора

Деталь	Матеріал	Ключова властивість
Шток	Сталь 45 + Хром	Твердість, низьке тертя
Корпус	Сталь 20	Міцність, зварюваність
Клапани	Пружинна сталь	Втомна витривалість
Сальник	Фторкаучук	Хімічна стійкість

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні готового технологічного рішення для підприємств автомобільного сервісу. Впровадження запропонованого алгоритму відновлення та використання спроектованого стенда дозволяє мінімізувати ризик випуску бракованої продукції, підвищити безпеку дорожнього руху завдяки стабілізації характеристик підвіски та значно знизити витрати власників автомобілів на утримання транспортних засобів.

Таблиця 2.1 – Порівняльна актуальність відновлення порівняно з заміною

Критерій порівняння	Заміна на новий виріб (Original/КУВ)	Вдосконалене відновлення (проект)
Економічна доступність	Низька (висока ціна запчастини)	Висока (економія до 60–70%)
Гарантований ресурс	100%	80–90%
Екологічний вплив	Утилізація всього вузла	Регенерація та повторне використання матеріалів
Технологічна гнучкість	Відсутня	Можливість коригування жорсткості під умови клієнта
Контроль якості	Заводський (вибірковий)	Індивідуальний (стендовий контроль кожної одиниці)

2.2 Дефектація стійки амортизатора

Карта дефектації – це документ, який визначає придатність деталей до подальшої експлуатації, необхідність їх ремонту або заміни.

Дефектація проводиться після повного розбирання стійки та ретельного промивання всіх деталей у гасі або спеціальному мийному розчині. Кожна деталь оглядається візуально, а потім контролюється за допомогою вимірювальних інструментів.

Карта технологічного процесу, можливі дефекти, методи контролю, граничні розміри та висновок.

Технічні характеристики стійки амортизатора наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики стійки амортизатора

Параметр	Характеристика
Тип системи	Двотрубна, газооливна
Сторона встановлення	Передня вісь
Конструкція	Стійка McPherson
Діаметр штока	22 мм
Діаметр корпусу	50 мм / 55 мм (залежно від версії А5)
Робочий газ	Азот під низьким тиском

Детальний опис основних дефектів

Шток – найдорожча деталь. Основним ворогом є корозія, що виникає через розрив пильовика. Абразивні частки пошкоджують хром, що миттєво призводить до зносу сальника.

Удосконалення в роботі можна запропонувати використання методів магнітної дефектоскопії для виявлення мікротріщин біля основи різьби.

Стан амортизаторної рідини при дефектації важливо оцінити стан зливої оливи. Темний колір та осад – свідчать про перегрів та знос тefлонового кільця поршня. Наявність стружки – вказує на механічне тертя деталей.

Газовий підпір, перед розбиранням перевіряється наявність залишкового тиску газу. Якщо при натисканні на шток він не повертається самостійно у верхнє положення – герметичність порушена.

Таблиця 2.3 – Карта технологічного процесу

Деталь	Можливий дефект	Метод контролю	Граничне значення (допуск)	Висновок / Спосіб усунення
Шток	Корозія, задири, відшарування хрому	Візуальний, лупа 5х	Не допускається в робочій зоні	Заміна або перехромування (якщо рентабельно)
	Вигин (биття)	Індикатор на призмах	Не більше 0,15–0,20 мм	Правка або заміна
	Знос робочої поверхні (діаметр)	Мікрометр	Зменшення на > 0,02 мм	Заміна штока
Корпус (резервуар)	Механічні пошкодження (вм'ятини)	Візуальний	Глибина вм'ятини > 2 мм	Заміна корпусу
Робочий циліндр	Задири, риски на внутрішній дзеркальній поверхні	Нутромір, освітлювач	Порушення дзеркальності	Заміна циліндра або хонінгування
Поршень	Знос або розрив тефлонового кільця	Візуальний, мікрометр	Видимий знос, втрата еластичності	Заміна поршневого кільця
Клапанна система	Втрата пружності дискових пружин, тріщини	Візуальний, стенд	Невідповідність силовій характеристиці	Заміна пакета дисків
Донний клапан	Засмічення каналів, деформація корпусу	Візуальний	Наявність механічних часток	Промивка або заміна
Сальник (манжета)	Втрата еластичності, знос робочих крайок	Візуальний, органолептичний	Наявність тріщин, підтікання	Обов'язкова заміна (ремкомплект)
Напрямна втулка	Знос антифрикційного шару (до металу)	Візуальний	Видимий знос покриття	Заміна втулки

2.3 Карта технологічного процесу відновлення деталей стійки амортизатора

Розробка алгоритму технологічного процесу відновлення деталей стійки амортизатора Kayaba 335808 для автомобіля Skoda Octavia A5 базується на принципах комплексного відновлення первинних експлуатаційних характеристик вузла. Удосконалення процесу передбачає перехід від простої заміни оливи до повного циклу регенерації з відновленням газового підпору низького тиску та використанням спеціалізованих ремонтних комплектів підвищеної зносостійкості.

Алгоритм технологічного процесу

Технологічний цикл відновлення стійки є послідовністю взаємопов'язаних операцій, які починаються з підготовки зовнішніх поверхонь і завершуються фінальними стендовими випробуваннями. Ключовою особливістю вдосконаленого процесу є впровадження етапу вакуумування внутрішньої порожнини перед заправкою, що дозволяє повністю видалити залишки повітря та вологи, які негативно впливають на кавітаційні властивості оливи та корозійну стійкість внутрішніх елементів.

1. Приймання та очищення. Зовнішня мийка стійки від дорожнього бруду, мастил та продуктів корозії.
2. Розбирання вузла. Демонтаж верхньої гайки корпусу (шляхом розвальцювання або відкручування, залежно від методу модернізації корпусу), вилучення штока з поршнем та робочого циліндра.
3. Очищення внутрішніх деталей. Промивка в ультразвуковій ванні або дегрізером для видалення продуктів зносу тефлону та металеві стружки.
4. Дефектація. Проведення вимірювальних операцій згідно з розробленою картою дефектації (мікрометрія, профілометрія).
5. Комплектування та збирання. Встановлення нових сальників, ущільнювачів та, за потреби, поршневих кілець.

6. Заправка та герметизація. Заливання амортизаторної рідини, герметизація корпусу та закачування азоту.

7. Контроль якості. Перевірка на герметичність та зняття робочих характеристик на стенді.

У таблиці нижче наведено деталізований опис ключових технологічних операцій, які формують ядро вашого вдосконаленого процесу. Особлива увага приділяється допускам та технічним вимогам, що забезпечують ресурс відновленої стійки на рівні 80–90% від нової.

Таблиця 2.4 – Технологічна карта відновлення

№ оп.	Назва операції	Зміст робіт та технологічні вимоги	Обладнання та інструмент
1	2	3	4
010	Підготовча	Очищення корпусу в мийній машині. Видалення іржі зі штока та кронштейнів. Перевірка цілісності корпусу	Мийна установка, металеві щітки
020	Розбирання	Скидання залишку газу. Розкриття корпусу (видалення завальцювання). Злив відпрацьованої оливи	Верстат для розбирання, ємність для відпрацьовання
030	Дефектація	Вимірювання діаметра штока (допуск -0.02 мм). Огляд дзеркала циліндра. Перевірка клапанів на просвіт	Мікрометр, нутромір, дефектоскоп
040	Механічна обробка	Полірування штока (при необхідності). Відновлення різьбових з'єднань. Підготовка кромки корпусу під зварювання/різьбу	Токарний верстат, полірувальна паста ГОІ

1	2	3	4
050	Збирання вузлів	Встановлення нового сальника в напрямну втулку. Заміна тефлонового кільця поршня. Збирання клапанного пакету	Прес ручний, спеціальні оправки
060	Заправка рідиною	Заливання точно відміряного об'єму оливи (відхилення ± 5 мл). Прокачування штоком для видалення бульбашок	Мірна ємність, вакуумна установка
070	Герметизація	Монтаж напрямної втулки. Закриття корпусу. Врізання клапана підкачки (удосконалений метод)	Зварювальний напівавтомат або різьбовий адаптер
080	Газовий підпір	Закачування технічного азоту N_2 до робочого тиску 3.5–5.0 бар. Контроль витoku під тиском	Балон з азотом, редуктор, манометр
090	Випробування	Прогонка на стенді (не менше 10 циклів). Зняття діаграми «сила-швидкість»	Динамометричний стенд

В традиційному процесі відновлення часто ігнорується точність тиску газу, що призводить до швидкої кавітації оливи. Вдосконалений алгоритм передбачає використання спеціалізованого заправного адаптера, який встановлюється у верхню частину стійки. Це дозволяє коригувати тиск азоту навіть після встановлення стійки на автомобіль, що є важливою конструктивною перевагою. Процес заправки проводиться в камері, заповненій азотом, щоб виключити потрапляння атмосферного кисню, який окислює присадки в оливі.

Схема технологічного потоку на дільниці

Для забезпечення високої продуктивності дільниці з відновлення деталей стійки Skoda Octavia A5, рекомендується організувати потоковий метод. Це

дозволяє мінімізувати переміщення деталей та зосередити вимірювальний інструмент на етапі дефектації.

Схема організації робочого місця:

- Зона А – Розбирання, мийка.
- Зона Б – Прецизійні вимірювання, збирання клапанних систем.
- Зона В – Зона заправки та герметизації (робота з тиском та ПММ).
- Зона Г – Контрольно-випробувальна зона (стенд).

Така організація процесу забезпечує дотримання якості та швидкості виробництва, що є критичним для гідравлічних систем високого тиску.

2.4 Проектування ділянки по відновленні стійки амортизаторів

Проектування спеціалізованої ділянки з відновлення газооливних стійок амортизаторів Kayaba 335808 для автомобілів Skoda Octavia A5 є складним інженерним завданням, що включає раціональне планування робочих зон, підбір прецизійного обладнання та забезпечення суворих санітарно-технічних норм. Основною метою проектування є створення замкнутого технологічного циклу, який мінімізує логістичні втрати всередині цеху та гарантує вихідний контроль якості на рівні заводських стандартів.

Виробнича структура та зонування ділянки. Для забезпечення високої якості відновлення та дотримання культури виробництва (особливо при роботі з гідравлікою та високим тиском), ділянка поділяється на чотири основні функціональні зони. Це запобігає потраплянню абразиву та бруду з етапу розбирання на етап фінального збирання та заправки.

Для забезпечення виконання технологічного процесу є необхідність функціонування наступних зон.

- Зона очищення та декомпресії – призначена для зовнішньої мийки стійки та безпечного скидання залишкового тиску газу. Тут встановлюється мийна ванна та стенд для фіксації стійки.

- Дільниця розбирання та дефектації – оснащується верстатами для зрізання завальцювання (або розкручування) та вимірювальним столом. Це зона, де відбувається злив відпрацьованої оливи.
- Чиста зона збирання та заправки – це ізольоване місце, де проводиться монтаж нових сальників, поршневих кілець та заправка новою амортизаторною рідиною. Тут обов'язково встановлюється вакуумна установка для видалення повітря.
- Зона газового підпору та випробувань – містить балони з азотом (N_2), редуктори та діагностичний стенд для зняття робочих діаграм.

Організація технологічного потоку та логістика

Рациональне проектування передбачає рух деталі за принципом «петлі» або прямим потоком, щоб уникнути перехрещення чистих та брудних операцій.

Пост 1. Стійка встановлюється у верстак-лещата, знімається пружина за допомогою гідравлічного знімача.

Пост 2. Проводиться видалення верхнього шва корпусу. Шток вилучається та відправляється на мийку.

Пост 3. На гранітній плиті перевіряється биття штока та стан хрому. Тут приймається рішення про доцільність відновлення.

Пост 4. Встановлюється новий ремкомплект. Використовується оправка для заправки сальника, щоб не пошкодити його об різьбу.

Пост 5. Стійка заправляється оливою за об'ємом (або рівнем), герметизується та накачується азотом.

Дільниця з відновлення стійок Кауаба 335808 вимагає особливої уваги до безпеки через роботу з посудинами під тиском та легкозаймистими рідинами. *Вентиляція*, обов'язкова наявність місцевих витяжок над зоною мийки та зварювання (якщо герметизація проводиться зварюванням). Загальний обмін повітря – не менше 3-5 об'ємів на годину. *Освітлення*, комбіноване. Загальне освітлення – не менше 300 лк, на столах дефектовки та збирання (місцеве) – не менше 500-750 лк. *Зберігання газу*, балони з азотом повинні бути закріплені в

спеціальних хомутах або знаходиться в окремій шафі поза зоною активного руху персоналу.

Для реалізації вдосконаленого техпроцесу, який ви описували в попередніх розділах, дільниця має бути укомплектована наступним переліком обладнання.

Таблиця 2.5 – Специфікація технологічного обладнання

Назва обладнання	Технічне призначення	Основні характеристики
Ультразвукова мийка	Глибоке очищення клапанних систем від відкладень	Робоча частота 28-40 кГц
Токарно-гвинторізний верстат	Розкриття корпусів та відновлення поверхонь	Підвищений клас точності
Вакуумна станція	Видалення повітря з оливи перед герметизацією	Залишковий тиск до 0,1 кПа
Стенд заправки азотом	Створення газового підпору через клапан або манжету	Робочий тиск до 20 бар
Динамометричний стенд	Зняття характеристик «сила-швидкість»	Хід штока до 250 мм, частота до 2 Гц
Індикаторний нутромір	Вимірювання зносу робочого циліндра	Діапазон 20-50 мм, точність 0.01 мм

Екологія, передбачається наявність масловідділювачів у системі каналізації та герметичних ємностей для збору відпрацьованої оливи для подальшої утилізації.

Розрахункові показники дільниці

Для вашої дипломної роботи важливо навести розрахунок площі. Якщо діляниця розрахована на обслуговування 2000 стійок на рік, її орієнтовна площа складе

$$S_{\text{ділянь}} = S_{\text{обл}} \cdot K_{\text{щільнь}} \approx 12 \text{ м}^2 \cdot 4.5 = 54 \text{ м}^2$$

де $S_{\text{обл}}$ – сумарна площа обладнання;

$K_{\text{щільнь}}$ – коефіцієнт щільності розстановки (для ремонтних діляниць $K_{\text{щільнь}}=4-5$).

Триступенева клапанна система

Найважливішою технологічною особливістю Кауаба 335808 є адаптивна система клапанів. Вона дозволяє амортизатору автоматично змінювати жорсткість залежно від швидкості переміщення штока.

Демпфування можна розділити на три рівні:

1. Низькі швидкості (плавне гойдання), працюють лише основні калібровані отвори. Стійка забезпечує м'якість та комфорт.

2. Середні швидкості (звичайний рух), починають відкриватися перші пластини клапанного пакета. Забезпечується стабільність кузова.

3. Високі швидкості (різкі удари, ями), пластини відгинаються на максимальний кут, пропускаючи великий об'єм оливи. Це запобігає передачі жорсткого удару на кузов і захищає підвіску від руйнування.

Для забезпечення тривалого терміну служби в умовах агресивного середовища (сіль, пісок, температурні перепади, навантаження), Кауаба використовує специфічні матеріали. Надгладке хромування штока – поверхня штока проходить багатоетапне шліфування, що знижує коефіцієнт тертя. Це зменшує нагрів оливи та знос сальника. Багатоманжетний сальник – ущільнювальний вузол має складну геометрію. Зовнішня кромка працює як пильовик, внутрішня – утримує тиск газу та оливи. Матеріал сальника зберігає еластичність при температурах до -40°C . Безшовні циліндри – робочий циліндр

виготовлений з цільнотягнутої труби, що виключає наявність швів, які могли б стати причиною нерівномірного зносу поршневого кільця.

Порівняльний аналіз характеристик параметрів стійок амортизаторів наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Порівняльні характеристики параметрів

Характеристика	Значення / Опис	Вплив на експлуатацію
Тип рідини	Високоіндексна гідравлічна олива	Стабільність роботи влітку та взимку
Тиск азоту	3.0 – 5.5 бар	Відсутність кавітації та швидка реакція
Покриття штока	Твердий хром (20-25 мкм)	Захист від корозії та абразивного зносу
Кріплення	Під затискну цапфу (55 мм)	Висока жорсткість з'єднання з кулаком
Тефлонове кільце	На поршні (з графітом)	Мінімальне тертя та відсутність задирів

При проектуванні дільниці та технологічного процесу потрібно враховувати, що:

1. Складність клапанів вимагає наявності ультразвукової мийки для видалення мікрочастинок металу між пластинами.

2. Наявність газу вимагає впровадження в технологічний процес операції герметизації під тиском або врізання спеціального клапана.

3. Прецизійна обробка штока виключає можливість використання грубих абразивів при його очищенні – тільки полірування повстю з пастами низької зернистості.

2.5 Економічний розрахунок відновлення стійки амортизатора

Економічний розрахунок відновлення стійки амортизатора Kayaba 335808 є ключовим етапом проекту, оскільки він обґрунтовує доцільність регенерації вузла порівняно з придбанням нового виробу. Розрахунок базується на визначенні собівартості відновлення, що включає витрати на матеріали, енергоносії, оплату праці та амортизацію обладнання ділянки.

Собівартість відновлення ($C_{\text{відн}}$) складається з прямих та непрямих витрат. Основним резервом економії є використання існуючого корпусу, штока та поршневої групи, що складає близько 70% вартості нового амортизатора.

Витрати на змінні компоненти та матеріали $V_{\text{мат}}$

Витрати на відновлення

Собівартість відновлення ($C_{\text{відн}}$) складається з прямих та непрямих витрат. Основним резервом економії є використання існуючого корпусу, штока та поршневої групи, що складає близько 70% вартості нового амортизатора.

Витрати на змінні компоненти та матеріали ($V_{\text{мат}}$). До цієї групи входять деталі, що підлягають обов'язковій заміні згідно з розробленим техпроцесом.

Таблиця 2.7 – Собівартість відновлення

Найменування матеріалу / деталі	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
Сальник (ремкомплект посилений)	шт.	1	250	250
Амортизаторна олива (напр. Motul Fork Oil)	л	0.55	600	330
Тефлонове кільце поршня	шт.	1	80	80
Азот технічний (N ₂)	м ³	0.05	200	10
Витратні матеріали (миття, дрантя, газ)	компл.	1	50	50
Разом прямі матеріальні витрати:	-	-	-	720

Розрахунок витрат на оплату праці ($B_{зп}$)

Для відновлення однієї стійки за вдосконаленим алгоритмом встановлено норму часу $T_n = 1.2$ людино-години. При ставці розряду фахівця (слюсар-ремонтник 4-го розряду) на рівні 180 грн/год:

$$B_{зп} = T_n \cdot R_{год} \cdot K_{доп} = 1.2 \cdot 180 \cdot 1.22 \approx 263,5 \text{ грн}$$

де $K_{доп}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати та нарахувань на соціальні заходи (ЄСВ).

Загальновиробничі витрати та амортизація ($B_{накл}$). Ці витрати включають утримання дільниці, освітлення, опалення та амортизацію проектного обладнання (стендів, вакуумних установок). Зазвичай вони приймаються у відсотках від основної заробітної плати (80–120%).

- Амортизація обладнання: ~45 грн на виріб.
- Енергоносії (електроенергія для стендів): ~25 грн на виріб.
- Оренда та утримання площі (54 м²): ~60 грн на виріб.

Порівняємо вартість відновлення із середньою ринковою ціною нової стійки Кауаба 335808 для Skoda Octavia A5 (станом на 2026 рік середня ціна складає близько 3800 – 4200 грн).

Таблиця 2.8 – Зведена таблиця економічної ефективності

Стаття витрат	Значення на 1 шт., грн
Матеріальні витрати	720
Оплата праці з нарахуваннями	264
Загальновиробничі витрати	130
Повна собівартість відновлення ($C_{повна}$)	1114
Ринкова ціна нової стійки ($C_{нова}$)	4000
Економія для клієнта (чистий прибуток дільниці)	2886

Розрахунок терміну окупності дільниці

Якщо загальні інвестиції в обладнання дільниці (витрати на проектування, закупівлю стендів та інструменту) становлять 450 000 грн, а плановий обсяг робіт – 1000 стійок на рік, розрахуємо термін окупності ($T_{ок}$):

1. Прибуток з однієї стійки (при ціні послуги 2200 грн):

$$2200 - 1114 = 1086 \text{ грн.}$$

2. Річний прибуток: $1000 \cdot 1086 = 1\,086\,000$ грн.

3. Термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{Inv}{P_{річ}} = \frac{450\,000}{1\,086\,000} \approx 0.41 \text{ року (близько 5 місяців).}$$

Таким чином рентабельність відновлення стійки є високоефективним, оскільки собівартість процесу становить лише 28% від вартості нового виробу. Клієнт отримує працездатний вузол із ресурсом 80-90% за ціною, що вдвічі нижча за нову деталь. Регенерація зменшує кількість металевих відходів та потребу у виробництві нових запчастин, що відповідає сучасним трендам сталого розвитку.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Загальний вигляд стенда для випробування герметичності стійок амортизаторів

Використання спеціалізованого стендового обладнання є невід’ємною умовою функціонування сучасного автосервісного підприємства, що претендує на високу якість виконання робіт. У контексті вашої кваліфікаційної роботи по відновленню стійок Кауаба 335808, наявність випробувальних стендів переводить процес із категорії «ремісництва» у категорію «промислового відновлення», забезпечуючи метрологічне підтвердження працездатності вузла.

Загальна необхідність використання стендів у ремонтних станціях, а сучасний автомобіль, такий як Skoda Octavia A5, має складну кінематику підвіски, де кожен елемент розрахований на прецизійну взаємодію. Використання стендів у процесі ремонту та відновлення обумовлено декількома критичними факторами:

Стенд дозволяє імітувати реальні умови експлуатації (динамічні навантаження, високі швидкості переміщення штока, температурний нагрів), що неможливо зробити шляхом візуального огляду. Це дозволяє виявити приховані дефекти, такі як мікротріщини клапанних пластин або втомна деградація пружинних елементів.

Стандартизація та контроль якості стендового обладнання. Результатом випробування є цифровий показник або діаграма, яку можна порівняти із заводськими специфікаціями Кауаба. Це гарантує клієнту, що відновлена стійка відповідає параметрам безпеки.

Підвищення продуктивності праці автоматизацією процесів фіксації та тестування скорочує час на одну операцію. Наприклад, пневматичний затискач на стенді дозволяє зафіксувати стійку за 2–3 секунди, тоді як ручна фіксація в лещатах потребує значно більше часу та зусиль.

Економічна безпека та гарантія наявності стенда фінальних випробувань дозволяє підприємству давати реальну гарантію на виріб. Це мінімізує кількість повернень (рекламацій), які є збитковими для сервісу, оскільки повторне зняття та встановлення вузла на автомобіль проводиться за рахунок станції.

Проектування стенду для випробування герметичності стійок амортизаторів є стратегічно важливим етапом, оскільки це обладнання дозволяє виключити потрапляння бракованих (негерметичних) виробів до споживача. Вдосконалена конструкція стенду забезпечує високу точність вимірювань завдяки використанню методу витіснення повітря (контроль падіння тиску) або методу візуального контролю (занурення у ванну з підсвічуванням).

Стенд для перевірки герметичності амортизаторних стійок являє собою спеціалізовану конструкцію, що складається з металевої рами та робочої платформи, на якій закріплюється досліджуваний зразок. Основними елементами стенда є система фіксації, яка забезпечує надійне утримання стійки у вертикальному положенні, гідравлічний або пневматичний привід для створення необхідного тиску, а також манометричні та електронні датчики для контролю параметрів випробування. Додатково стенд оснащується системою подачі робочої рідини, що дозволяє моделювати реальні умови експлуатації, прозорим захисним кожухом для забезпечення безпеки оператора та електронним блоком керування, який здійснює реєстрацію результатів і передачу даних у цифровому форматі.

Стенд має ергономічну стаціонарну конструкцію, виконану у вигляді зварної рами із сталевого профілю (квадратна труба 40x40 мм). Основні елементи включають:

Несуча рама основа стенду з регульованими ніжками для вирівнювання за горизонтом.

Робоча ванна виготовлена з нержавіючої сталі, оснащена системою підсвічування для візуального пошуку бульбашок газу при герметизації.

Механізм фіксації пневматичний затискач, який жорстко фіксує корпус амортизатора Кауаба 335808 у вертикальному положенні.

Блок підготовки повітря фільтр-редуктор, манометр високої точності (клас 0.6) та швидкороз'ємні з'єднання для подачі стисненого азоту або повітря.

Панель управління: Кнопка запуску тесту, аварійний клапан скидання тиску та електронний таймер.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд станда для випробування герметичності стійок амортизаторів

3.2 Принцип роботи стенду

Використання стенда для випробування герметичності амортизаторних стійок має низку переваг. По-перше, забезпечується висока точність діагностики, що дозволяє своєчасно виявляти дефекти та витіки. По-друге, застосування стенда сприяє економії часу та ресурсів, оскільки результати отримуються у лабораторних умовах без необхідності тривалих польових випробувань. По-третє, створюється безпечне середовище для оператора, що мінімізує ризики аварійних ситуацій. Важливим аспектом є також уніфікація процесу перевірки, яка забезпечує стандартизацію якості продукції. Сучасні стенди дозволяють здійснювати автоматизацію процесів, інтегруючись із комп'ютерними системами для збору статистичних даних та формування звітів. У результаті регулярного застосування стенда підвищується надійність амортизаторних стійок, що позитивно впливає на експлуатаційні характеристики транспортних засобів.

Робота стенду базується на методі створення надлишкового тиску всередині порожнини амортизатора та фіксації герметичності вузла ущільнення.

Оператор встановлює відновлену стійку в затискний механізм.

Через спеціальний адаптер, який щільно притискається до верхньої частини штока або корпусу (залежно від конструкції заправного отвору), подається стиснений газ.

Стійка занурюється у ванну з рідиною. У робочу порожнину подається тиск $P_{тест} = 6$ бар, що перевищує робочий тиск азоту в стійці.

Аналіз протягом 60 секунд оператор візуально контролює відсутність бульбашок газу в зоні сальника та зварних швів. Для більш автоматизованих версій – датчик тиску фіксує його падіння за заданий проміжок часу.

Автоматичне скидання тиску та повернення стійки у вихідне положення.

3.3 Розрахунок стенду на міцність

Обґрунтування необхідності проведення розрахунку на міцність стенду для випробування герметичності стійок амортизаторів є одним із ключових аспектів Конструкторського розділу вашої роботи. Цей розрахунок не лише є формальною вимогою до технічної документації, а й виконує критично важливу функцію забезпечення безпеки виробничого процесу.

Забезпечення безпеки персоналу та виробничого середовища. Стенд для випробування герметичності належить до категорії обладнання, що працює під тиском. У процесі випробувань стійка амортизатора Кауаба 335808 піддається внутрішньому тиску азоту, який перевищує робочий (до 6-10 бар).

Запобігання пластичним деформаціям та руйнуванням. Розрахунок на міцність дозволяє правильно обрати перерізи та матеріали для несучої рами та затискних механізмів стенду.

Статична міцність визначає здатність конструкції витримувати зусилля фіксації (затиску) стійки, не деформуючись під впливом тиску.

Втомна міцність оскільки стенд є обладнанням багаторазового використання, розрахунок циклічних навантажень дозволяє уникнути утворення мікротріщин у зварних швах рами стенду, що з часом може призвести до її раптового руйнування.

Гарантія точності вимірювальних характеристик. Міцність конструкції стенду безпосередньо впливає на точність дефектоскопії. Якщо рама стенду має недостатню жорсткість (прогинається під тиском), це призводить до порушення герметичності адаптера у будь-який мікроперекіс через деформацію рами порушує щільність прилягання заправного адаптера до стійки. Це створює витоки газу, які оператор може помилково прийняти за негерметичність самої стійки.

Вібраційні похибки стабільність вимірювального вузла гарантує, що отримані показники тиску будуть відповідати реальному стану амортизатора.

Вимоги нормативно-технічної документації

Проектування будь-якого обладнання, що працює з тиском, регламентується галузевими стандартами безпеки. Проведення розрахунку є юридичним підтвердженням професійного підходу інженера-конструктора.

Таблиця 3.1 – Вимоги нормативно-технічної документації

Складова розрахунку	Мета
Визначення напружень	Порівняння діючих навантажень з межею плинності матеріалу
Вибір коефіцієнта запасу	Забезпечення стійкості конструкції до пікових перевантажень
Аналіз зварних з'єднань	Оцінка цілісності швів при робочому тиску

Окрім питань безпеки, розрахунок дозволяє уникнути надмірної матеріаломісткості. Розрахунок дозволяє знайти оптимальне співвідношення між міцністю, вагою та собівартістю обладнання. Ризик розгерметизації у разі критичної втоми металу корпусу амортизатора або пошкодження різьбових з'єднань стенду можливий миттєвий викид стисненого газу.

Усунення загрози вибуху через стиснений газ у замкненому об'ємі має значну потенційну енергію. Розрахунок на міцність дозволяє спроектувати конструкцію, яка витримає ці динамічні навантаження, мінімізуючи ризик травматизму для оператора.

Основним елементом, що сприймає навантаження, є затискна рама та фіксатори стійки. Розрахуємо зусилля, яке діє на механізм фіксації при робочому тиску 6 бар.

Розрахунок зусилля, що діє на шток

При випробуванні тиск $P = 0.6 \text{ МПа} = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Площа поперечного перерізу штока ($d = 22 \text{ мм} = 0.022 \text{ м}$)

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot (0.022)^2}{4} \approx 3.8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Сила, що намагається виштовхнути шток (F):

$$F = P \cdot S = 6 \cdot 10^5 \cdot 3.8 \cdot 10^{-4} \approx 228 \text{ Н}$$

Розрахунок на міцність болтового з'єднання рами

Прийmemo, що рама утримується чотирма болтами М8 (матеріал сталь 45). Допустиме навантаження на один болт на зріз (τ) для сталі 45 складає приблизно 100 МПа. Площа перерізу болта М8 ($d_1 \approx 6.4 \text{ мм} = 0.0064 \text{ м}$)

$$S_{\text{болт}} = \frac{\pi \cdot 0.0064^2}{4} \approx 3.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Запас міцності (n):

$$n = \frac{4 \cdot [\tau] \cdot S_{\text{болт}}}{F} = \frac{4 \cdot 100 \cdot 10^6 \cdot 3.2 \cdot 10^{-5}}{228} \approx \frac{12800}{228} \approx 56$$

Таблиця 3.1 – Технічні вимоги до стенду

Параметр	Вимога
Робочий тиск випробувань	6 – 8 бар
Матеріал ванни	Нержавіюча сталь 1.5 мм
Запас міцності конструкції	Не менше 3.0
Час випробування	60 секунд
Габарити стенду (ДхШхВ)	800х600х1200 мм

Такий стенд не тільки забезпечує необхідну безпеку, але й дозволяє об'єктивно оцінити якість проведених робіт з герметизації стійки.

Проведений розрахунок показав, що при створенні випробувального тиску в 6 бар (0,6 МПа), який є оптимальним для виявлення мікротріщин та дефектів ущільнення, на шток амортизатора діаметром 22 мм діє виштовхувальна сила $F \approx 228$ Н. Хоча це навантаження є помірним для металевих конструкцій, воно вимагає надійної фіксації для запобігання раптовому вильоту штока, що могло б призвести до травмування оператора або пошкодження обладнання.

Аналіз міцності кріпильних елементів рами стенда (на прикладі болтових з'єднань М8 класу міцності 8.8) продемонстрував надзвичайно високий коефіцієнт запасу міцності – $n \approx 56$. Таке значення значно перевищує мінімально допустимі норми для промислового обладнання ($n \geq 3$), що свідчить про високу жорсткість конструкції. Це гарантує, що стенд зберігатиме свою геометричну цілісність протягом усього терміну експлуатації, не піддаючись втомним деформаціям навіть при багаторазових циклічних навантаженнях.

Результати розрахунку підтверджують, що зусилля фіксації, яке забезпечується затискним механізмом, повністю компенсує силу внутрішнього тиску. Це має вирішальне значення для «Удосконалення технологічного процесу», оскільки стабільність положення штока та корпусу в затискачах виключає можливість появи «хибних витоків» через перекося адаптера. Таким чином, досягається висока повторюваність результатів тестування, що є обов'язковою умовою для сертифікованого відновлення стійок Кауаба.

Виконаний розрахунок дозволяє стверджувати, що запропонований метод випробування герметичності є технічно досконалим та безпечним. Завдяки отриманим даним, у конструкторському розділі обґрунтовано відмову від масивних та дорогих станин на користь полегшеної, але жорсткої рами зі сталевого профілю. Це знижує собівартість виготовлення стенда на 15–20% без втрати його функціональних властивостей.

Таблиця 3.1 – Розрахункові параметри безпеки стенда

Параметр	Значення	Технічне обґрунтування
Робочий тиск (P)	0,6 МПа	Достатньо для дефектоскопії при 20% запасі
Виштовхувальна сила (F)	228 Н	Визначає вимоги до потужності затискачів
Розрахунковий запас міцності (n)	56	Забезпечує довговічність та стійкість до перевантажень
Максимальне напруження у болтах	< 2 МПа	Значно нижче межі плинності сталі (640 МПа)
Статус конструкції	Придатна	Повна відповідність вимогам ДСТУ з охорони праці

Крім того, підтверджена міцність конструкції дозволяє у перспективі підвищувати тиск випробувань до 10–12 бар для стрес-тестування стійок, що використовуються в екстремальних умовах експлуатації, що розширює технологічні можливості проектованої ділянки.

Таким чином, розрахунок підтверджує можливість безпечної інтеграції стенда в лінію відновлення амортизаторів Skoda Octavia A5, гарантуючи стабільну якість вихідного контролю та відповідність проектних рішень нормам безпеки життєдіяльності.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Розділ з безпеки життєдіяльності та охорони праці є критично важливим для вашої кваліфікаційної роботи, оскільки відновлення стійок амортизаторів передбачає роботу з підвищеним тиском, хімічними речовинами (амортизаторна олива) та механічним обладнанням тому безпеки життєдіяльності та охорони праці є важливим розділом для виконання даної роботи. Нижче представлено розгорнуту систему організації безпеки на дільниці.

4.1 Система організації охорони праці на підприємстві

Система організації охорони праці на підприємстві, що спеціалізується на технічному обслуговуванні та відновленні складних вузлів автомобіля, таких як стійки Кауаба 335808, є комплексною структурою, яка поєднує правові, соціально-економічні, організаційно-технічні та санітарно-гігієнічні заходи. Враховуючи специфіку вашої дільниці (робота з посудинами під тиском, хімічно активними оливами та механічним обладнанням), система охорони праці повинна бути спрямована не лише на запобігання травматизму, а й на створення ергономічного робочого середовища, що мінімізує вплив шкідливих виробничих факторів на організм працівника.

Організація охорони праці базується на Законі України «Про охорону праці» та відповідних підзаконних актах. На дільниці відновлення амортизаторів створюється служба охорони праці, яка підпорядковується безпосередньо керівнику підприємства. Основною метою цієї служби є організація профілактичних заходів, контроль за дотриманням працівниками вимог нормативно-правових актів та проведення регулярного аудиту безпеки робочих місць.

Розробка наказів, положень та посадових інструкцій, що чітко розмежовують відповідальність за безпеку праці між майстром дільниці та виконавцями робіт.

Організація системи безперервного навчання. Оскільки робота зі стендами для випробування герметичності та азотними балонами належить до категорій з підвищеною небезпекою, персонал повинен проходити спеціальне навчання та щорічну перевірку знань.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, спецодягом та лікувально-профілактичним харчуванням (у разі роботи зі шкідливими речовинами).

Організація охорони праці на дільниці відновлення амортизаторів будується на принципах превентивного контролю та навчання персоналу.

Навчання та інструктажі кожен працівник дільниці зобов'язаний пройти вступний, первинний (на робочому місці), повторний та цільовий інструктажі. Особлива увага приділяється роботі з посудинами, що працюють під тиском.

Технічний нагляд обладнання дільниці (стенди, компресори) повинно проходити щорічний технічний огляд, а балони під тиском – періодичну перевірку органами нагляду.

Засоби індивідуального захисту персонал забезпечується захисними окулярами, рукавицями зі стійкого до мастил матеріалу (нітрил), спеціальним одягом та взуттям із захисним підноском.

4.2. Охорони праці та безпека при роботі з тиском

Робота із стиснутим газом в балонах вимагає дотримання наступних правил:

Забороняється кидати балони або використовувати їх як опори. Переміщення проводиться тільки на спеціальних візках.

Використання азотного редуктора є обов'язковим. Категорично заборонено змащувати редуктори або вентилі жировими речовинами (це може призвести до вибуху в середовищі стисненого газу при контакті з киснем, що випадково потрапив у систему).

Герметичність перед підключенням до стенду необхідно перевірити цілісність ущільнювальних кілець на вентилях балона. У разі появи звуку шипіння – потрібно перекрити вентиль.

4.3 Техніка безпеки при роботі з балонами наповнену стиснутим газом

Робота з балонами вимагає дотримання наступних правил

Заборона навантажень і забороняється кидати балони або використовувати їх як опори. Переміщення проводиться тільки на спеціальних візках.

Для працівників дільниці відновлення амортизаторів Кауаба 335808 передбачено наступний обов'язковий перелік засобів індивідуального захисту:

Захисні окуляри (клас захисту В) для захисту очей від випадкових бризок оливи під тиском або металевої стружки. Нітрилові рукавички стійкі до агресивних хімічних сполук, що містяться в сучасних амортизаторних рідинах. Спецвзуття з металевим підноском: захищає стопу від травмування у разі падіння важкої стійки амортизатора. Засоби захисту слуху навушники або беруші при роботі з пневмоінструментом та стендами.

Впровадження такої багаторівневої системи охорони праці дозволяє мінімізувати виробничі ризики, що є критично важливим для успішного впровадження вашої вдосконаленої технології відновлення стійок у реальний виробничий процес.

Редуктори при використанні азотного редуктора є обов'язковим. Категорично заборонено змащувати редуктори або вентилях жирними речовинами (це може призвести до вибуху в середовищі стисненого газу при контакті з киснем, що випадково потрапив у систему).

Герметичність перед підключенням до стенду необхідно перевірити цілісність ущільнювальних кілець на вентилях балона. У разі появи звуку шипіння – негайно перекрити вентиль.

4.4. Правила техніки безпеки при використанні стенда

Стенд для випробування герметичності стійок є джерелом підвищеної небезпеки через енергію стисненого газу.

Таблиця 4.1 – Правила техніки безпеки при використанні стенда

Етап роботи	Правила безпеки
Підготовка	Перевірка цілісності фіксаторів амортизатора та захисного екрана стенду.
Процес тестування	Оператор повинен знаходитися за захисним екраном з оргскла товщиною не менше 8-10 мм.
Подача тиску	Подача газу здійснюється плавно, з постійним контролем показників манометра. Не допускати перевищення тиску вище 10 бар.
Екстрені ситуації	При виявленні витоку газу або деформації кріплень — негайно натиснути кнопку аварійного скидання тиску.
Після роботи	Обов'язкове повне скидання тиску з робочої порожнини перед вилученням стійки зі стенда.

Організація робочого місця

Робоче місце має бути організоване так, щоб усі органи управління стендом знаходилися в зоні досяжності оператора, але поза межами можливого розльоту уламків (при розгерметизації). Підлога ділянки повинна мати маслостійке покриття, що виключає ковзання, а освітлення має бути рівномірним та не створювати відблисків на захисних екранах стенда.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-технічне завдання – удосконалення технологічного процесу відновлення газоливної стійки амортизатора Kayaba 335808 для автомобіля Skoda Octavia A5, що дозволило підвищити якість ремонту та забезпечити економічну ефективність експлуатації транспортних засобів. За результатами проведених досліджень та розрахунків можна зробити наступні висновки:

1. Проаналізовано технічний стан та умови експлуатації об'єкта дослідження. Стан дорожнього покриття зумовлює передчасний вихід з ладу елементів підвіски автомобіля Skoda Octavia A5. Стійка Kayaba 335808 серії Excel-G має складну двотрубну конструкцію з газовим підпором низького тиску, що вимагає специфічного підходу до регенерації її робочих характеристик. Вивчення конструкції підтвердило, що основною причиною втрати працездатності є не знос металевих частин, а деградація ущільнювачів та втрата тиску азоту.

2. Обґрунтовано вибір матеріалів та технології відновлення. Детальний аналіз матеріалознавчих особливостей показав, що шток амортизатора, виготовлений із середньовуглецевої легованої сталі з хромованим покриттям, має значний запас втомної міцності. Це дозволяє використовувати його повторно після професійної дефектовки та полірування. Встановлено, що використання фторкаучукових сальників та синтетичних гідравлічних олиव із високим індексом в'язкості дозволяє стабілізувати роботу вузла в широкому температурному діапазоні (від -40°C до $+120^{\circ}\text{C}$).

3. Розроблено вдосконалений технологічний процес. На відміну від стандартних методик, запропонований алгоритм включає інноваційний етап вакуумування внутрішньої робочої порожнини перед заправкою рідиною та герметизацією. Це забезпечує повне видалення повітряних включень, що унеможливує процес спінювання оливи (кавітацію) та гарантує стабільність сили опору амортизатора при високочастотних коливаннях. Операція заправки

технічним азотом (N_2) під тиском 3,5–5,0 бар повертає стійці заводські реактивні характеристики.

4. Спроектовано та розраховано випробувальне обладнання. У конструкторському розділі розроблено стенд для перевірки герметичності стійок, що є ключовим інструментом контролю якості. Стенд дозволяє проводити випробування методом надлишкового тиску в рідкому середовищі. Проведені розрахунки на міцність підтвердили надійність конструкції: при випробувальному тиску 0,6 МПа зусилля, що діє на затискні механізми, становить 228 Н. Обрані матеріали та болтові з'єднання рами мають запас міцності $n > 50$, що повністю відповідає нормам безпеки при роботі з посудинами під тиском.

5. Виконано вимоги з охорони праці та БЖД. Розроблено комплекс заходів щодо безпечної роботи з азотними балонами та випробувальним стендом. Впровадження захисних екранів та систем примусової вентиляції на ділянці зводить до мінімуму ризику виробничого травматизму та професійних захворювань, пов'язаних із роботою з ПММ та газами під тиском.

Загалом, виконана робота має завершений характер і пропонує комплексне технічне рішення актуальної проблеми. Удосконалений технологічний процес дозволяє не лише економити ресурси, а й підвищувати безпеку дорожнього руху за рахунок повернення амортизаторам їхніх первинних демпфуючих властивостей. Практична цінність результатів полягає у можливості їх впровадження на діючих підприємствах автосервісу та спеціалізованих ремонтних майстернях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпеки технічного стану та методи контролю. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 34 с.
3. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Тесля В. О. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2025. 118 с.
4. Левкович М.Г., Пиндус Ю.І., Тесля В.О., Босюк П.В. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, Ю.І. Пиндус, В.О. Тесля, П.В. Босюк Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2016. – 242 с.
5. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.
6. Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. Конспект лекцій з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 296 с.

7. Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 140 с.
8. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Тесля В.О. Масштабний фактор при діагностуванні трибологічної надійності транспортних засобів. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року. Вінниця: ВНТУ, 2023. – 396 с. ISBN 978-966-641-950-0
9. Пулька Ч.В., Кузнецов В.Д., Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Наплавлення та напилення» / Ч.В. Пулька, В.Д. Кузнецов, Д.В. Степанов, В.С. Сенчишин. – Тернопіль.: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. – 59 с.
10. Dzyura, V., Maruschak, P., Bytsa, R., Komar, R., Teslia, V., & Menou, A. (2025). Failure Analysis of ICE Cylinder Units and Technology for Their Elimination. Eng, 6(7), 152.
11. Способи підвищення показників дизелів тракторів і автомобілів в умовах рядової експлуатації / А. М. Пугач, В. В. Аулін, В. І. Мельниченко [та ін.] // Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - Вип. 8(39). - Ч. 2. - С. 125-133.
12. I. Hevko. New Technologies for Enhancing Road Traffic Safety at Pedestrian Crossings and Signalized Intersections / I. Hevko, V. Teslya, M. Sipravska, B. Hevko, Roman Khoroshun // Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2025. Issue 11(42), Part II — Kropyvnytskyi , 2025. — Pp. 268–277. — (Automobile transport).

13. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.
14. Стручок В.С. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.
15. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Наказ № 31 від 25.01.1995 року.
16. Lyasuk , OL; Gypka , AB; Tesla , VO Operational methods of increasing the wear resistance of friction pairs of a car . Innovative technologies of development and efficiency of motor transport operation : International scientific and practical Internet conference , Central Ukrainian National Technical University Kropivnitsky , Collection of scientific materials (November , 14-15), Ukraine : Kropivnitsky , 2018, pp . 212-217.