

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

на тему: «Вдосконалення конструкції і випробування гальмівних трубок  
автомобіля»

Шифр: ДРБАТ 24.20209.000. ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група АТ -20-1 Васю В.В. Кобзаренко

Керівник

Дитинюк д. філос. В.О. Дитинюк

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ Диха О.В.

5 06 2024 р.

Хмельницький, 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр  
Галузь знань: 27 «Транспорт»  
Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»  
Спеціалізація: «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедрою ТАМ  
Диха О.В.  
" 10 " квітня 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Кобзаренко Владислав Віталійович

1. Тема проекту:  
«Вдосконалення конструкції і випробування гальмівних трубок автомобіля»

керівник проекту: Дитинюк Володимир Олександрович, д. філософ.

Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024р. № 8

2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту:

1) *Технічні умови на технологію виготовлення деталей гальмівної системи автомобіля.*

2) *Річна програма ремонту деталей.*

3) *Результати літературного огляду і патентного пошуку.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. *Стан питання використання гальмових трубок у легковому автомобілі*

2. *Аналіз дефектів гальмових трубок автомобілів*

3. *Проектування нової конструкції гальмових трубок*

4. *Експериментальні дослідження ефективності застосування захисних рукавів*

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: 10 квітня 2024р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Стан питання використання гальмових трубок у легковому автомобілі	1.05.2024	
2	Аналіз дефектів гальмових трубок автомобілів	15.05.2024	
3	Проектування нової конструкції гальмових трубок	25.05.2024	
4	Експериментальні дослідження ефективності застосування захисних рукавів	15.06.2024	

Студент



Кобзаренко В.В.

Керівник роботи



Дитинюк В.О.

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 70 сторінок, кількість рисунків – 33, таблиць – 4, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 32.

Студент гр. АТ-20-1 Кобзаренко В.В.

### Тема «Вдосконалення конструкції і випробування гальмівних трубок автомобіля»

Метою дипломної роботи був пошук та розробка нових способів підвищення експлуатаційних властивостей гальмівних трубок, таких як надійність, довговічність, стійкість та ресурс.





Для досягнення заданої мети вирішено такі завдання:

- проведено аналіз класифікації та номенклатури існуючих конструкцій гальмівних трубок;
- проведено аналіз виникнення дефектів гальмівних трубок на автомобілях;
- проведено аналіз нових способів підвищення експлуатаційних властивостей гальмівних трубок, на підставі якого обрано найбільш техніко-економічно вигідний;
- запропоновано нову конструкцію гальмівних трубок із захисними рукавами;

**Перелік ключових слів:** автомобіль, гальмівні трубки, захисні рукава, випробування, зношування

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	6
1.СТАН ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЛЬМОВИХ ТРУБОК У ЛЕГКОВОМУ АВТОМОБІЛІ.....	8
1.1.Актуальність удосконалення гальмівних трубок.....	8
1.2. Класифікація гальмівних трубок та їх номенклатура.....	10
1.3.Вимоги до гальмівних трубок.....	11
1.4.Матеріал та покриття гальмівних трубок.....	12
1.5.Розвальцювання гальмівних трубок.....	13
1.6.Наконечники гальмівних трубок.....	14
1.7.Технологія виготовлення гальмівних трубок.....	16
1.8.Тести та випробування гальмівних трубок.....	22
1.9.Несправності та фактори зносу гальмівних трубок.....	28
2.АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ГАЛЬМОВИХ ТРУБОК АВТОМОБІЛІВ.....	30
2.1.Огляд дефектів гальмівних трубок автомобілів.....	30
2.2.Аналіз дефектів та пошук вирішення проблеми зносу гальмівних трубок.....	37
2.3.Аналіз способу ремонтпридатності гальмівних трубок.....	38
2.4.Аналіз сучасних правил проектування та компонування вузлів гальмівної системи.....	39

					ДРБАТ 24.20209.000. ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кобзаренко			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Дитинюк				4	72
Н.контр.		Бабак			ХНУ,		
Затвер		Диха			гр. АТ-20-1		

Вдосконалення конструкції і  
випробування гальмівних  
трубок автомобіля



## Вступ

Через підвищення вимог безпеки легкового автомобіля існує проблема, пов'язана з відставанням показників надійності гальмівної системи вітчизняних автотранспортних засобів від досягнутого світового рівня.

На сьогоднішній момент існує проблема, пов'язана з гальмівними трубками, які є найуразливішими деталями гальмівної системи автомобіля через прямий вплив піскоструминного бруду та води, що летить під час експлуатації транспортного засобу, здатного на деформування, корозію та руйнування, яке може викликати повну відмову гальмівної системи і тим самим призвести до негативних наслідків для водія та пасажирів.

Актуальність цієї проблеми пов'язана з тим, що політика вітчизняних автовиробників полягає у виробництві автомобілів бюджетного класу, тим самим заощаджуючи на неякісних матеріалах, антикорозійній обробці та конструкторському компонуванні гальмівних трубок, які безпосередньо пов'язані з безпечною експлуатацією транспортних засобів.

Метою дипломної роботи є пошук та розробка нових способів підвищення експлуатаційних властивостей гальмівних трубок у легкому автомобілі, на прикладі автомобілів LADA.

Метою розробки даних способів є підвищення експлуатаційних якостей гальмівних трубок, таких як:

- надійність,
- довговічність,
- стійкість,
- ресурс.

Для досягнення поставленої мети буде потрібно:

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- провести аналіз існуючої конструкції гальмівних трубок та виявити вразливі місця;
- провести аналіз виникнення вразливих місць та запропонувати нову конструкцію гальмівних трубок, що виключає виникнення подібних місць;
- довести з допомогою експериментів підвищення експлуатаційних властивостей нової конструкції гальмівних трубок.

Дана робота включає огляд існуючої класифікації і номенклатури гальмівних трубок, описується характеристика досліджуваного об'єкта, проводиться аналіз існуючих дефектів, на підставі яких ведеться пошук оптимального технічного рішення.

Дипломна робота складається з 71 сторінки пояснювальної записки і включає: вступ, чотири розділи, висновок, список використуваних джерел, а також 8 таблиць, 55 малюнків і 28 джерел.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 СТАН ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГАЛЬМОВИХ ТРУБОК У ЛЕГКОВОМУ АВТОМОБІЛІ

## 1.1 Актуальність удосконалення гальмівних трубок

Динаміка зростання автомобільного парку одна з найвищих у світі. Проте цей процес відбувається в умовах суттєвого відставання споживчих показників та показників активної та пасивної безпеки вітчизняних автотранспортних засобів від досягнутого світового рівня.

Гальмівна система служить для зниження швидкості та швидкої зупинки автомобіля, а також для утримання його на місці при стоянці [1]. Наявність надійних гальм дозволяє збільшити середню швидкість руху, а, отже, ефективність при експлуатації автомобіля, що визначається, за розрахунковою оцінкою гальмівного шляху або часом руху автомобіля до зупинки. Чим ефективніша дія гальм, тим вища безпечна швидкість, яку може допустити водій, і тим вища швидкість руху автомобіля на всьому маршруті [9]. Гальмування необхідно не тільки для швидкої зупинки автомобіля при раптовій появі перешкод, але і як засіб керування швидкістю його руху.

У зв'язку з неймовірною швидкістю розвитку технології машинобудування у світі, а саме поява сучасних турбованих двигунів, потужність яких сягає 500 к.с. і вище, потрібна надійна гальмівна система, що підходить під дані запити і вимоги, адже саме завдяки ній визначається безпека руху автомобілів з високими швидкостями. В обстановці, що характеризується високою інтенсивністю руху автомобільного транспорту, до якого залучені десятки мільйонів людей і велика кількість транспортних засобів, ДТП через відмову гальмівної системи стає однією з найсерйозніших соціально-економічних проблем [5]. Від її успішного

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вирішення значною мірою залежить не лише життя та здоров'я людей, а й розвиток економіки країни.

Для того, щоб розібратися в цій проблемі, спочатку потрібно вивчити з чого складається гальмівна система і виявити її «слабкі» місця для подальшого аналізу та опрацювання технічного рішення. Як приклад розглянемо стандартну гальмівну систему (Рисунок 1) вітчизняних легкових автомобілів марки LADA із застосуванням гідроагрегату (блоку) ABS, яка відповідає останнім вимогам безпеки та використовується у всьому модельному ряді компанії.

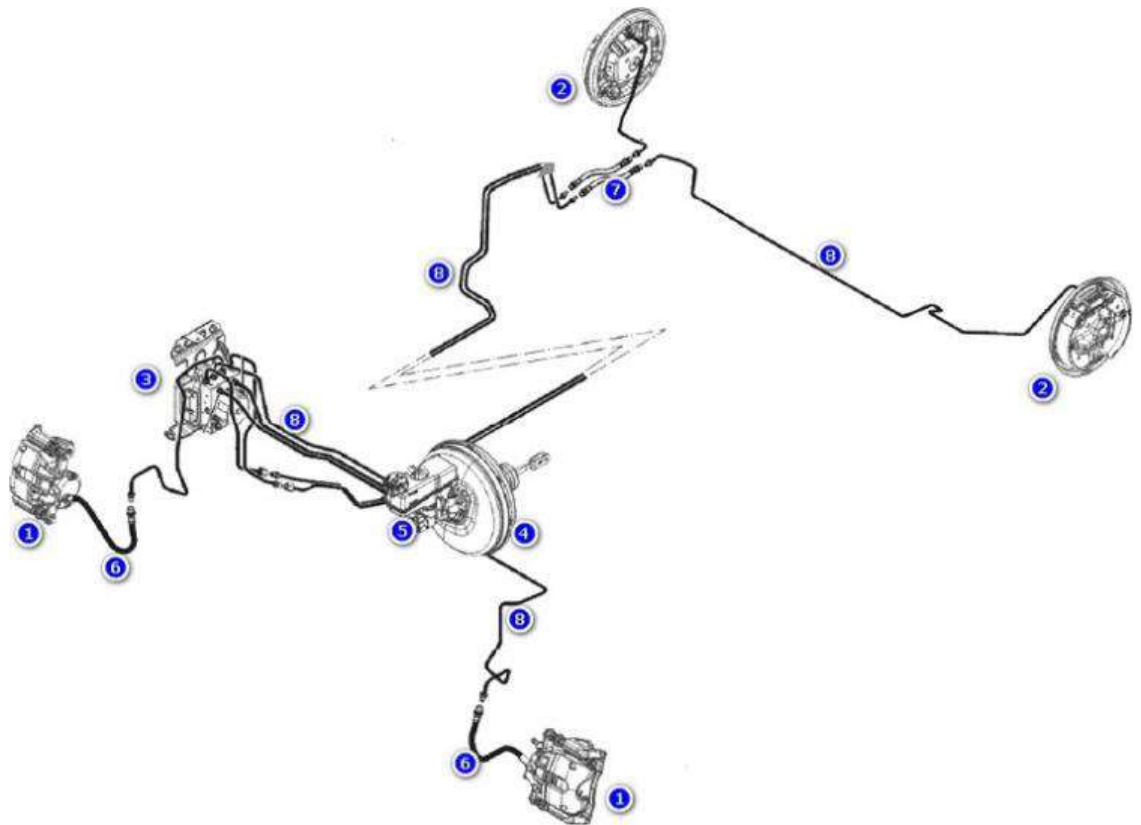


Рисунок 1 – Автомобільна гальмівна система LADA

Гальмівна система (Рисунок 1) складається з передніх 1 і 2 задніх гальмівних механізмів, гідроагрегату (блоку) ABS 3, вакуумного підсилювача 4, головного гальмівного циліндра з бачком 5, передніх 6 і задніх 7 гальмівних шлангів і гальмівних трубок 8.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Нормальне функціонування системи гальм неможливе без якісних каналів [15]. Найчастіше багато автовласників вважають, що гальмівні трубки – це «вічні деталі» і безвідповідально ставляться до контролю їхнього технічного стану. Але існує проблема, пов'язана з їх дефектами або деформуванням з подальшим руйнуванням, що призводить до виходу із системи гальмівної рідини, а отже, до неможливості швидкої зупинки транспортного засобу. Причиною зниження ефекту гальмування є витік у трубопроводі, що може призвести до нещасного випадку на дорозі. Саме тому гальмівні трубки виступають гарантією безпеки водія та ряду пасажирів.

Виходячи з перерахованого вище, для пошуку вирішення проблеми з дефектами гальмівних трубок потрібно вивчити їх класифікацію і номенклатуру, матеріал, покриття, технологію виготовлення, а також причини різного типу зносу.

## **1.2 Класифікація гальмівних трубок та їх номенклатура**

Щоб зрозуміти призначення гальмівних трубок необхідно вивчити повний процес гальмування легкового автомобіля. Коли водій хоче зупинити автомобіль, він натискає на педаль гальма. Під дією головного гальмівного циліндра каналами рухається спеціальна гальмівна рідина, яка за допомогою спеціальних каналів (гальмівних трубок) доставляє її під тиском в гальмівний механізм, після чого автомобіль починає гальмування [27]. Гальмівна трубка є інфраструктурою цілісної системи. Її головна роль – забезпечення доставки зусилля до гальмівних колодок коліс [28]. З'єднання трубок проводиться за допомогою різьблення, при цьому досягається максимальна надійність навіть за високого тиску в системі [17]. На малюнку 2 представлена стандартна конструкція гальмівної трубки.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

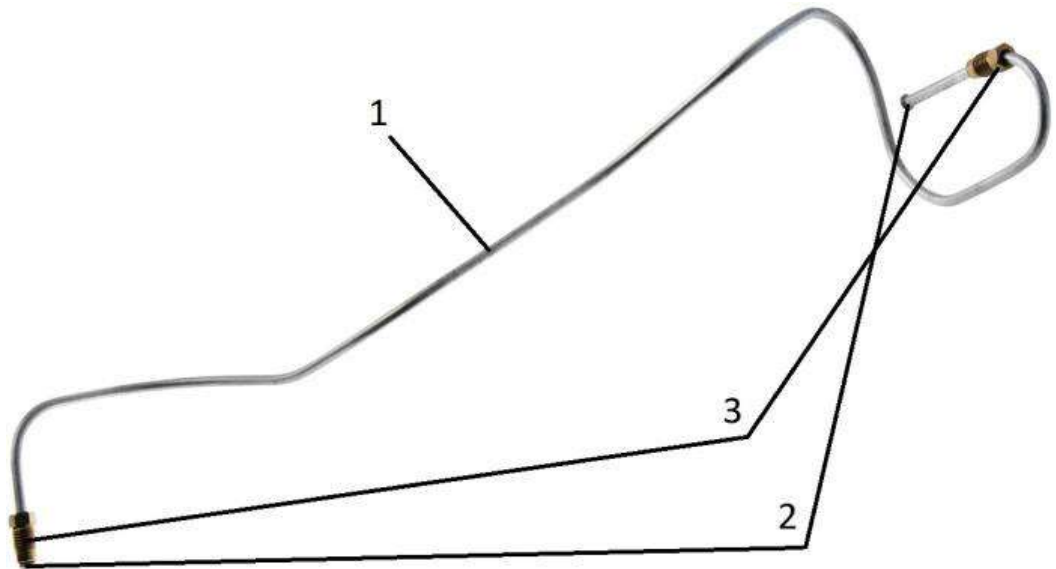


Рисунок 2 – Гальмівна трубка

Стандартна гальмівна трубка складається з трубки 1, 2 розвальцювання і наконечників (штуцерів) 3.

### 1.3 Вимоги до гальмівних трубок

Трубки та шланги повинні відповідати вимогам цього стандарту, ГОСТ 4364, ГОСТ 23181 та технічній документації (ТД), затвердженій у встановленому порядку [7].

Металеві та пластикові трубки та гумові рукави без наконечників, призначені для використання у гідравлічних та пневматичних гальмівних приводах, повинні мати відповідні сертифікати.

Трубки і шланги повинні мати герметичність і міцність при тиску: для гідравлічного гальмівного приводу - за ГОСТ 23181 (пункт 1.4), але не менше 20 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>) протягом 2 хв ±5 с.

Також гальмівна трубка має характеризуватися відсутністю змін поперечного перерізу. В іншому випадку частина робочої сили тиску буде спрямована на розширення трубки замість того, щоб стискати гальмівний супорт (або його розширювати) [24]. Внутрішня структура матеріалу має бути дрібнозернистою, щоб після деформації (наприклад, шляхом профілювання) трубка не ламалася і не розтягувалася.

						ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11

Виробництво трубок повинне дотримуватися суворих норм і трубки повинні проходити ряд тестів герметичності для того, щоб переконатися, що вони витримують високий тиск гальмівних систем.

Трубки та шланги випробовують за такими параметрами:

- герметичність,
- міцність,
- сумісність з гальмівною рідиною,
- довговічність в умовах циклічного навантаження,
- стійкість до корозії

#### **1.4 Матеріал та покриття гальмівних трубок**

На сьогоднішній момент гальмівні трубки виготовляють із:

- міді (Cu),
- сплаву міді та нікелю (CuNi),
- сталі у ПВХ оболонці.

Покриття гальмівних трубок може бути:

- цинковим,
- цинк-полімерним.

На малюнку 3 представлена модель гальмівної трубки з компонентами і матеріалами, що входять до неї, а також покриттями, які використовуються на всіх діючих на сьогодні моделях автомобілів LADA.

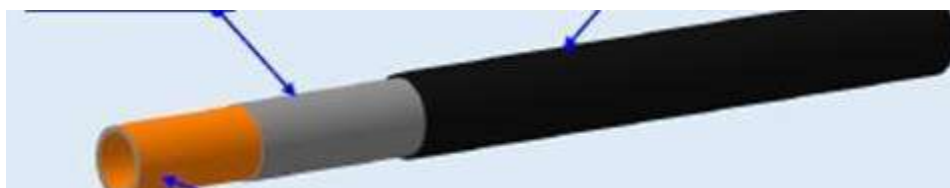


Рисунок 3 – Гальмівна трубка

Варто зазначити, полімерні покриття PVF, часто використовуються як покриття металів для поліпшення їх стійкості до погодних явищ, до

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

впливу хімічних речовин і забруднень, і все це в поєднанні з високими механічними властивостями і електричним опором [31]. Але найголовніша перевага PVF-покриття полягає у відмінній стійкості до стирання [25].

### 1.5 Розвальцювання гальмівних трубок

Наступним дуже важливим елементом гальмівної трубки є її розвальцювання – це збільшення трубки на обох кінцях, які використовуються для постійного ущільнення гальмівних трубок з іншими частинами гальмівної системи та формування герметичних стиків. Процес розвальцювання гальмівних трубок є спеціальною деформацією країв виробу [14]. Існує три типи розвальцювання:

- «грибок»,
- «воронка»,
- розвальцювання, яке застосовується в гальмівних трубках автомобілів Citroen.

"Грибок" - це тип розвальцювання, що застосовується в гальмівних трубках більшості європейських автомобілів (рисунок 4).

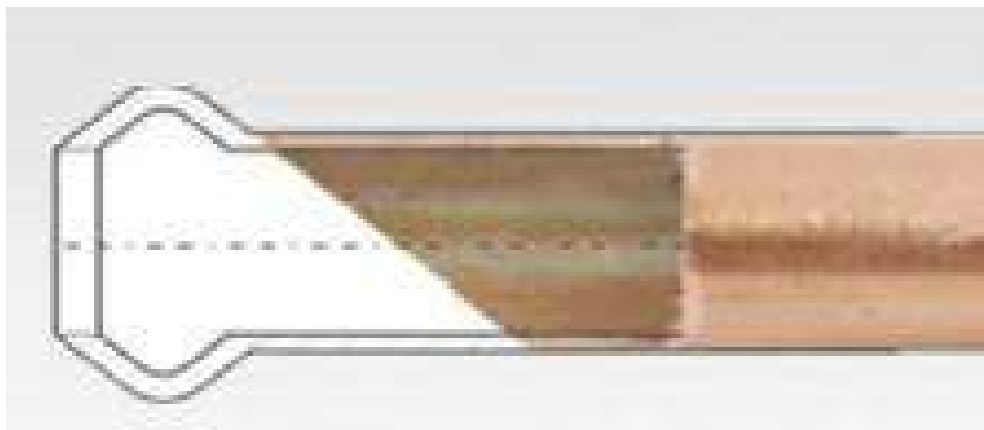


Рисунок 4 – Розвальцювання «Грибок»

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

«Воронка» – це розвальцювання, спрямоване усередину трубки, зустрічається в основному в автомобілях корейського та японського виробництва (рисунок 5).

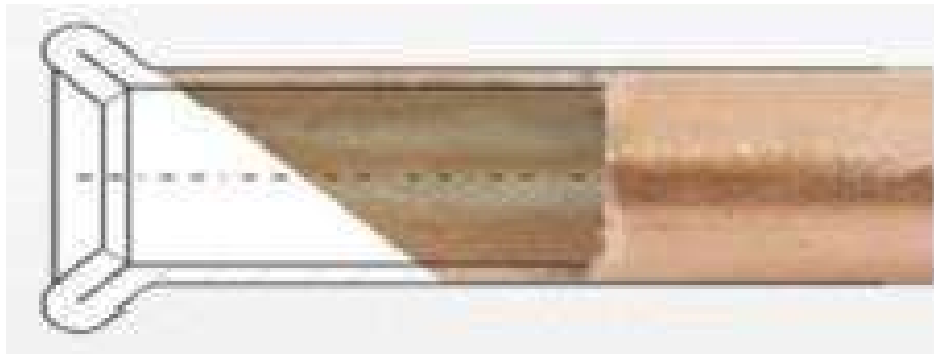


Рисунок 5 – Розвальцювання «Воронка»

Розвальцювання, яке застосовується в гальмівних трубках автомобілів марки Citroen (ВХ, СХ, 2CV, Хантиа) (рисунок 6).

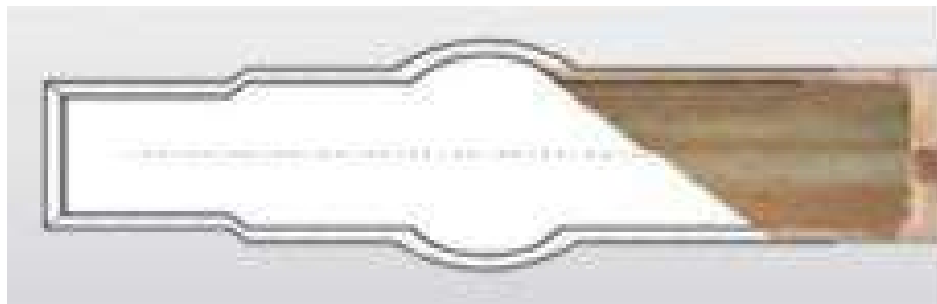


Рисунок 6 – Розвальцювання для автомобілів Сітроен

Поверхня розвальцьованих кінців має бути гладкою і не мати дефектів, здатних порушити герметичність з'єднання після збирання.

### 1.6 Наконечники гальмівних трубок

Наконечники - це сталеві болти (штуцери), або перехідники з внутрішнім отвором (накидні гайки), які затискаються на обох кінцях гальмівної трубки, утворюючи посадку з натягом.

Наконечники разом із розвальцюванням відіграють важливу роль у

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

гальмівній системі, т.к. через належне загвинчування їх у гальмівний супорт або інші елементи гальмівної системи, вони створюють постійне ущільнення для запобігання витoku гальмівної рідини з системи [30]. Залежно від застосування штуцери/наконечники можуть мати багато типів різьблення (зовнішнє або внутрішнє), але найбільш поширені – це M10×1 та M12×1, які зустрічаються приблизно у 70 % автомобілів [18].

На малюнку 7 представлені класичні види наконечників, що використовуються у всьому світі.



Рисунок 7 – Наконечники гальмівних трубок

На малюнку 8 представлені наконечники, які застосовуються на всіх моделях автомобілів LADA, що діють на сьогодні.



Рисунок 8 – Наконечники для гальмівних трубок автомобілів

Різьблення штуцерів та накидних гайок не повинно мати зірваних ниток, вибоїн та інших ушкоджень, що перешкоджають її вільному з'єднанню з частинами у відповідь. Для гальмівних трубок різьбові з'єднання при встановленні на автомобіль повинні з'єднуватися з моментом затягування від

14,7 до 18,6 Н·м, а момент стругування з'єднання від 16,5 до 21,7 Н·м.

### 1.7 Технологія виготовлення гальмівних трубок

На сьогоднішній день усі світові виробники гальмівних трубок працюють за наступним технологічним маршрутом:

- різання сировини,
- шліфування торців,
- лазерне нанесення PVF-покриття,
- зняття фасок,
- встановлення наконечників та формування торців,
- установка захисних ковпачків,
- згинання трубки,
- контроль,
- маркування,
- Упаковка.

Розглянемо елементи технологічного маршруту докладніше.

Різання сировини (двостінна сталева трубка з Zn-покриттям) на певні ділянки різної довжини (залежно від геометрії готового виробу) здійснюється на спеціальних відрізних верстатах (рисунок 9).



Рисунок 9 – Різання гальмівних трубок: а – гальмівна трубка; б - відрізний верстат

Шліфування торців від задирок із двох сторін відбувається на спеціальному шліфувальному верстаті (рисунок 10).

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

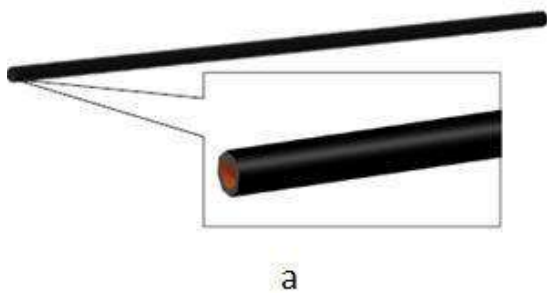


Рисунок 10 – Шліфування торців трубки: а – торець гальмівної трубки; б - шліфувальний верстат

Лазерне нанесення PVF покриття виконують на спеціальному верстаті (рисунок 11). Шар покриття має становити мінімум 15 мкм. На зовнішній поверхні трубки з полімерним покриттям не повинно бути тріщин, пір, натіків полімерного покриття, подряпин, видимих неозброєним оком.

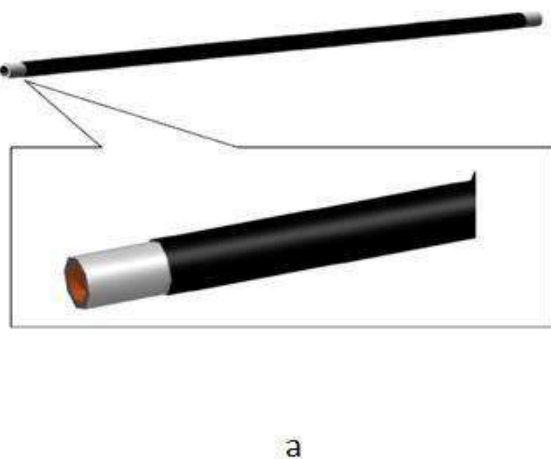
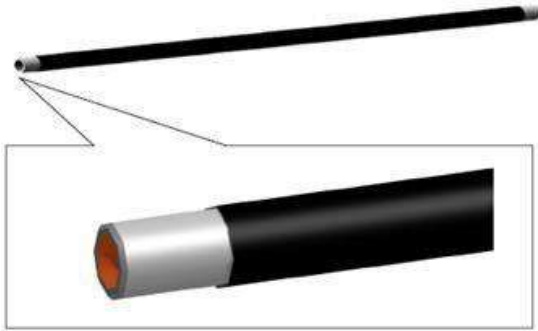


Рисунок 11 – Лазерне нанесення PVF-покриття: а – гальмівна трубка з покриттям; б - спеціальний верстат

Зняття фасок із двох сторін також виконують на спеціальному верстаті (рисунок 12).

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17



а



б

Рисунок 12 – Зняття фасок: а – гальмівна трубка з фаскою; б - спеціальний верстат

Установка наконечників та формування торців (розвальцювання) з двох сторін відбувається на спеціальному верстаті (рисунок 13).



а



б

Рисунок 13 – Встановлення наконечників та розвальцювання торців: а – гальмівна трубка із встановленим наконечником; б - спеціальний верстат

Далі йде встановлення захисних ковпачків на кінці трубок (рисунок 14). Кожен кінець повинен бути забезпечений пластмасовим ковпачком, що закриває, для захисту внутрішньої частини труби від забруднень, вологи і для підтримки накладної гайки на кінці труби. Ковпачки, що

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

закривають, повинні бути здатні зніматися вручну (із зусиллям менше 30 Н), не залишаючи частинок, здатних забруднити контури.



Рисунок 14 – Встановлення захисних ковпачків

Гнучка трубки за заданою програмою (залежно від геометрії готового виробу) відбувається на спеціальному згинальному обладнанні, де також виконують додаткові згинання трубки за допомогою ручного пристрою (рисунок 15).

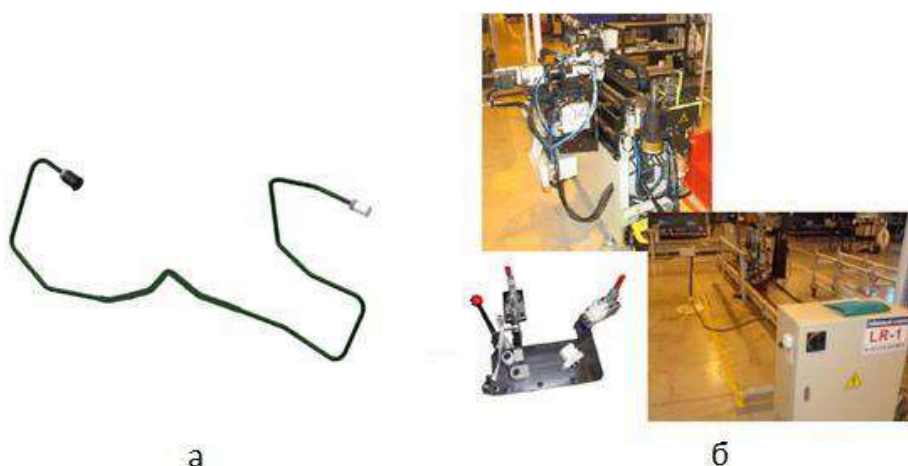


Рисунок 15 – Гнучка гальмівної трубки: а – гальмівна трубка потрібної форми; б – згинальне обладнання

Контроль крайніх та проміжних точок вигинів виконують на спеціальному контрольному стенді (рисунок 16).

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

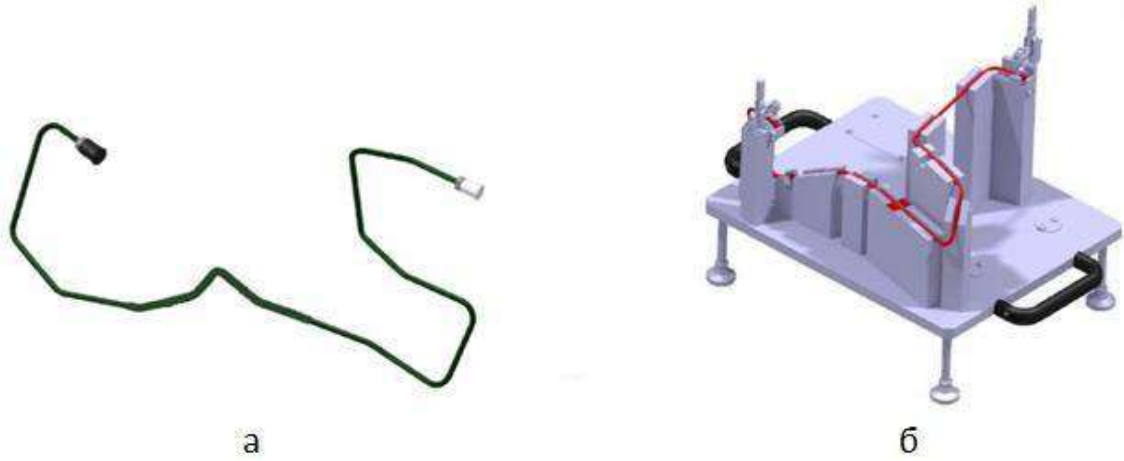


Рисунок 16 – Контроль геометрії: а – гальмівна трубка; б – спеціальний контрольний стенд

Також для контролю використовується різне високотехнологічне вимірювальне обладнання.

Прецизійний напівавтомат FORMTRACER SV-C 3200 (рисунок 17) використовують для вимірювання геометрії та шорсткості поверхні з програмним забезпеченням FORMTRACERPAK.



Рисунок 17 – FORMTRACER SV-C 3200

А вимірювальний маніпулятор ROMER AbsoluteArm 7535 (Рисунок 18) дозволяє безконтактно вимірювати тривимірну геометрію трубки за допомогою спеціального датчика та програмного забезпечення.



Рисунок 18 – ROMER Absolute Arm 7535

Відеовимірювальна система Norgau NVM-2010 (рисунок 19) має широкі можливості з вимірювання різних поверхонь деталей, обробки вимірюваних даних, забезпечує просте та швидке базування вимірюваної деталі.



Рисунок 19 – Norgau NVM-2010

Маркування (Рисунок 20). Усі гальмівні трубки повинні бути промарковані ідентифікаційною табличкою (етикеткою), що містить:

- найменування підприємства-виробника;
- позначення трубок за КД підприємства-споживача.

Маркування повинне бути збереженим протягом усього періоду експлуатації гальмівних трубок. У деяких випадках може знадобитися

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

незмивне єдине маркування деталей.



Рисунок 20 – Маркування гальмівних трубок

Ну і нарешті – упаковка. Готові гальмівні трубки повинні поставлятися в упаковці, що відповідає моделі та узгодженій постачальником та замовником. Упаковка повинна забезпечувати захист від зовнішніх пошкоджень (корозії, ударів тощо) до моменту монтажу на автомобілі.

### 1.8 Тести та випробування гальмівних трубок

Для того щоб переконатися як гальмівні трубки, вони повинні бути перевірені в наступних умовах:

- динамічний випробування на герметичність;
- стійкість до очищення під тиском;
- стійкість до розриву;
- стійкість до дії озону;
- стійкість до температури;
- випробування на вигин;
- випробування на удар;
- сумісність із гальмівною рідиною.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

### 1.8.1 Динамічне випробування на герметичність

Кількість випробувальних зразків складає 6 штук в новому стані з покриттям (рисунок 21).

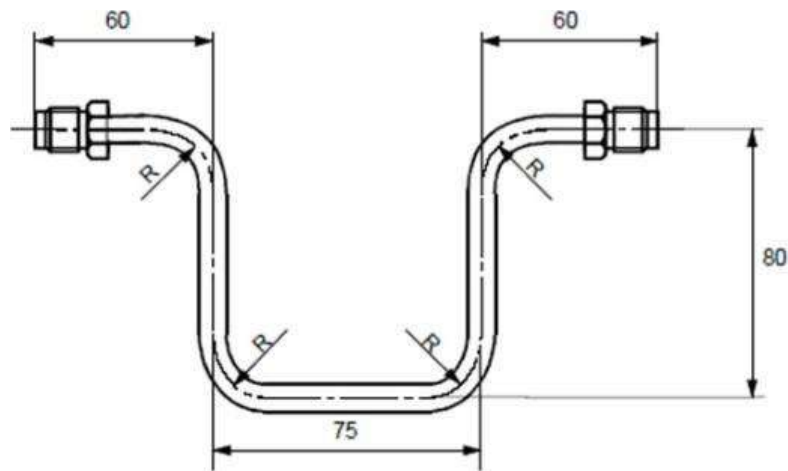


Рисунок 21 – Випробувальний зразок

Ціль:

- відсутність падіння тиску;
- відсутність тріщин у розвальцюванні після демонтажу.

Принцип випробування.

Зразки для випробування є жорсткими гальмівними трубами, верхній кінець яких заглушений, а нижній кінець (з боку зовнішньої розвальцювання/наконечника) закручений у спеціальний випробувальний стенд (рисунок 22) із заданим моментом затягування/кутом:

- $7 \text{ Н}\cdot\text{м} \pm 20\% + 40 \pm 6^\circ$  для всіх конфігурацій труб.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

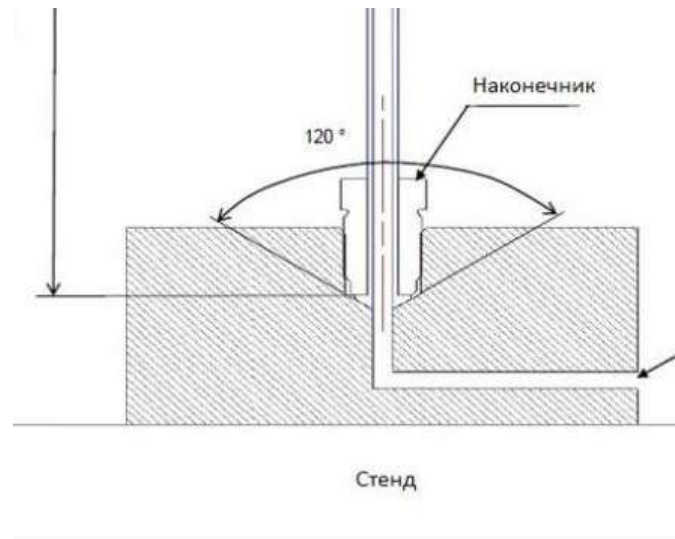


Рисунок 22 – Випробувальний стенд

Вони зазнають навантаження відповідно до умов, наведених у таблиці 1.

Таблиця 1 – Умови випробування на герметичність

Діаметр трубок, мм	4,75	6	8
Довжина, мм	228	228	250
Частота, Гц	50 год при 20 Гц та 50 год при 30 Гц	50 год при 20 Гц та 50 год при 30 Гц	50 год при 20 Гц та 50 год при 30 Гц
Амплітуда, мм	± 2	± 2	± 2

Метод випробування:

- тривалість випробування 100 год;
- тиск 17 МПа у гальмівній рідині або 8,5/9 МПа у повітрі.

### 1.8.2 Стійкість до очищення під тиском

Кількість тестових зразків складає 6 штук у новому стані з покриттям (рисунок 21).

Принцип випробування.

Тверді гальмівні труби довжиною 300 мм поміщаються вертикально в коробку і підтримуються на кінцях. За допомогою розпилювальної

форсунки наноситься очищувач. Схема випробування представлена малюнку 23.

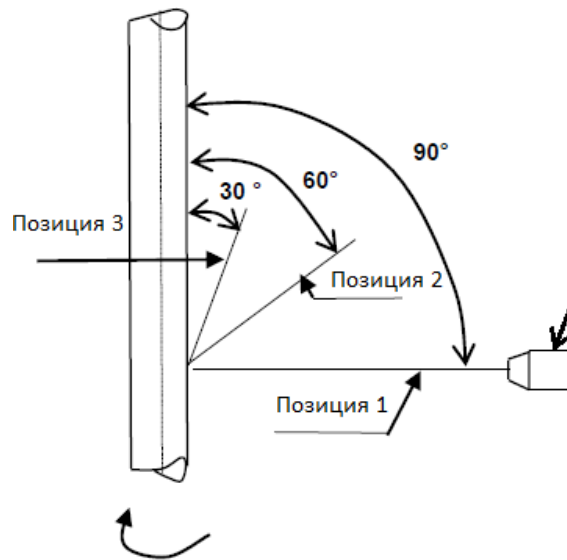


Рисунок 23 – Схема випробування

Умови випробування:

- обертання гнучких шлангів 5 оборотів за хвилину;
- обтискні з'єднання мають бути випробувані;
- тривалість 30 с на кожну позицію починаючи з позиції 1.

Після нанесення очищувача наноситься миючий розчин, який складається з води з додаванням миючого засобу (частка 0,5% за вагою).

Умови розпилення миючого розчину:

- температура  $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- тиск  $6,5 \pm 0,2\text{ МПа}$ ,
- витрати  $750 \pm 50\text{ л/год}$ .

Відразу після миття зразки повинні бути прополоскані в гарячій воді ( $53\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) під тиском  $5,3 \pm 0,2\text{ МПа}$ .

Випробувальні зразки повинні бути висушені на відкритому повітрі протягом 24 годин. Після цієї витримки проводиться тест на стійкість до розриву при температурі навколишнього середовища.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

### 1.8.3 Стійкість до розриву

Кількість випробувальних зразків становить 6 штук у новому стані з покриттям (рисунок 21).

Зразки для випробувань встановлюються на пристрій, що імітує з'єднання труби з наконечником з гідравлічним підйомником.

Тиск розриву має бути більшим:

- 110 МПа для випробуваної деталі діаметром 4,75 мм;
- 85 МПа для випробуваної деталі діаметром 6 мм;
- 68 МПа для випробуваної деталі діаметром 8 мм.

### 1.8.4 Стійкість до впливу озону

Кількість зразків для випробувань складає 6 штук у новому стані з покриттям (рисунок 21).

Випробування проводять при концентрації  $50 \pm 5^\circ\text{C}$  протягом 72 годин при температурі  $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

Ціль: відсутність зміни стану покриття.

### 1.8.5 Стійкість до температури

Кількість зразків для випробувань становить 12 штук (Рисунок 21) завдовжки 450 мм.

Використовується трубка перед покриттям, тобто. трубка без покриття у кількості 6 штук.

Умови випробувань: після підтримання температури  $218 \pm 14^\circ\text{C}$  протягом  $30 \pm 5$  хв, 6 зразків повинні витримувати гідравлічний тиск не менше 55 МПа.

Завдання:

- відсутність падіння тиску,
- відсутність набухання,
- відсутність постійної деформації.

Трубка із покриттям у кількості 6 штук.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Умови випробувань: після підтримання температури  $218 \pm 14$  °С протягом  $30 \pm 5$  хв, 6 зразків повинні витримувати гідравлічний тиск не менше 55 МПа.

Цей цикл повторюється

10 разів. Завдання:

- відсутність падіння тиску,
- відсутність набухання,
- відсутність постійної деформації.

#### **1.8.6 Випробування на вигин**

Виконується ручне згинання на кут  $180^\circ$  навколо циліндричної оправки діаметром в чотири рази перевищує діаметр трубки.

Візуальний контроль: відсутність дефектів, тріщин, зморшок чи недостатньої адгезії, видимих неозброєним оком.

#### **1.8.7 Випробування на удар**

Зразки довжиною 500 мм повинні витримувати удар силою 2 Дж у поперечній площині по відношенню до трубки. Випробування проводиться за допомогою загартованого сталевого леза, що утворює кут  $60^\circ$  і має кінчик радіусом 1 мм.

Після випробування на удар, трубки піддаються внутрішньому гідравлічному тиску 49 МПа і внутрішньому гідравлічному тиску 49 МПа. Не повинно спостерігатися виток, руйнування або набухання в зоні удару та 50 мм з кожного боку від цієї зони.

#### **1.8.8 Сумісність із гальмівною рідиною**

Після занурення на 5 хвилин у гальмівну рідину гідравлічний гальмівний трубопровід повинен капати у вертикальному положенні при температурі навколишнього середовища. Гальмівні рідини повинні відповідати функціям класу 3, класу 4, класу 5.1, класу 6 стандартів ISO 4925, а також DOT 3, DOT 4, DOT 5.1 правил FMVSS 116.

Оцінка розм'якшення покриття може бути проведена шляхом

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

дряпання та порівняння з новою деталлю (не допускається руйнування) [8].

### 1.9 Несправності та фактори зносу гальмівних трубок

Існує кілька видів несправностей гальмівних трубок:

- тріщини та будь-які інші зовнішні дефекти;
- витік гальмівної рідини через негерметичні сполуки;
- обрив трубки.

Сталеві трубки здебільшого бояться корозії. Передумов для цього відразу кілька. Це насамперед природна електрохімічна корозія через застосування мідних та латунних штуцерів та шайб у системі [26]. Нові гальмівні системи намагаються обходитися без потенційних гальванопарів, але при нормальній експлуатації пошкодження від такої корозії невеликі та нівелюються присутністю алюмінієвих компонентів у системі. Внутрішня корозія гальмівних трубок пов'язана з гігроскопічність гальмівної рідини: при її несвоєчасній заміні гальмівна трубка починає поступово кородувати зсередини, а інгібітори корозії з часом виробляються [16].

Зовнішня поверхня гальмівної трубки ушкоджується з багатьох причин. Цілком природний механічний вплив частинок ґрунту та каміння з часом може пошкодити незакриті кожухами елементи траси.

Також дуже часто буває руйнування трубки через теплову дію, яка походить від колектора двигуна. Пластикове покриття просто старіє, а підплівкова корозія, олії та агресивні рідини роз'їдають і руйнують його [29].

Пошкодження кузова при ДТП та некваліфікованому ремонті також трапляються. Якщо не здійснювати спеціальну обробку антикорозійними складами, зовнішня поверхня поступово кородує до утворення свищів. Але найчастіше вібрації та робочий тиск розривають трубку раніше [22].

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Додатковими факторами, що негативно впливають на збереження гальмівних трубок, стають забруднення поверхні ґрунтом і гігроскопічними матеріалами, пошкодження опор, корозія сусідніх елементів, попадання на зовнішню поверхню олій і агресивних хімічних складів, використання неякісної гальмівної рідини, а також. Як показує практика, у машин, що мають корозійні пошкодження кузовних панелей днища, ймовірність пошкодження корозією та гальмівних магістралей сягає 100 %, а термін служби заводського захисного покриття становить приблизно 10 – 15 років за умов великих міст [2].

Підсумовуючи перший розділ, можна зробити наступний висновок: гальмівні трубки відіграють важливу роль у працездатності гальмівної системи автомобіля і, незважаючи на їх просту конструкцію, вони мають дуже велику номенклатуру і непростий технологічний процес виготовлення, а також різного роду дефекти. Тому для того, щоб детально вивчити та наочно побачити несправності гальмівних трубок, а також виявити причину їх виникнення необхідно провести пошук дефектів трубопроводів на прикладі автомобілів LADA.

## 2 АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ГАЛЬМОВИХ ТРУБОК АВТОМОБІЛІВ

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## 2.1 Огляд дефектів гальмівних трубок автомобілів

Для того, щоб знайти та виявити дефекти гальмівних трубок у різних вузлах гальмівної системи у модельного ряду компанії LADA, ми звернулися на різні інформаційні сайти відгуків власників наступної лінійки автомобілів: Granta, Vesta, XRay, Largus, Niva Legend та Niva Travel.

### 2.1.1 Дефекти гальмівних трубок автомобіля

Можливий контакт із подальшим протиранням кабелю датчика ABS та гальмівної трубки лівого переднього колеса з оплеткою троса приводу зчеплення (рисунок 24) [20].



Рисунок 24 – Протирання гальмівних трубок об тросик приводу зчеплення  
Даний дефект викликає руйнування цілісності гальмівних трубок

(Рисунок 25) і призводить до течії гальмівної рідини і, відповідно, до зниження ефективності гальмівної системи автомобіля [21].

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рисунок 25 – Наслідок перетирання гальмівної трубки

Крім цього дефекту існує також торкання гальмівних трубок зі шлангом розширювального бачка (рисунок 26).



Рисунок 26 – Торкання гальмівних трубок із шлангом розширювального бачка

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Крім даних дефектів, власники скаржаться на постійне забруднення гальмівних трубок в особливо вразливих місцях, розташованих на днищі кузова автомобіля, де постійно відбувається контакт із брудом і водою, що летить з-під коліс під час експлуатації.

### 2.1.2 Дефекти гальмівних трубок автомобіля LADA Vesta

На автомобілі LADA Vesta у комплектації з силовим агрегатом об'ємом 1,6 л. Існує проблема, пов'язана з перетиранням гальмівних трубок [10].

Даний дефект викликаний конструкторським прорахунком, внаслідок якого незакріплений кронштейн на патрубку, контактує з гальмівними трубками і цим протирає їх під час експлуатації автомобіля (рисунок 27).



Рисунок 27 – Протирання гальмівних трубок про незакріплений кронштейн

Цей дефект також може призвести до подальшого зниження ефективності гальмівної системи автомобіля та негативно позначитися на

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

безпеці всіх, хто експлуатує цей транспортний засіб [3].

### 2.1.3 Дефекти гальмівних трубок автомобілів LADA Niva Legend та Niva Travel

Так як автомобілі Niva Legend і Niva Travel були спроектовані на одній і тій же платформі, яка з моменту її створення практично не піддалася будь-якої модернізації, то можна сміливо відносити дефекти гальмівної системи відразу до двох автомобілів, що базуються на даній платформі.

На малюнку 28 представлений контакт між гальмівними трубками та шлангом ручного гальма, який спостерігається на величезній кількості даних автомобілів [19]. Даний дефект згодом викликає руйнування гальмівної трубки і текти гальмівної рідини, що призводить до зниження ефективності гальмівної системи і, отже, зниження безпеки.

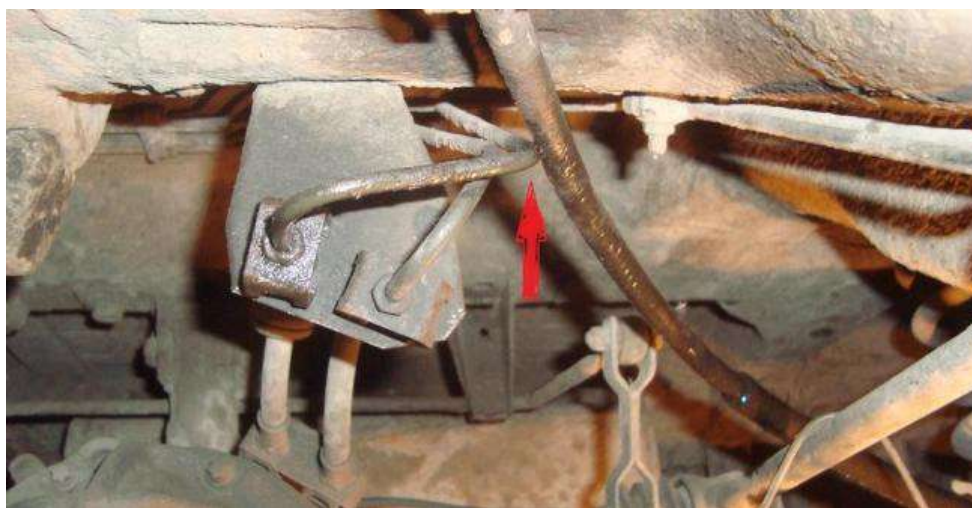


Рисунок 28 – Протирання гальмівних трубок про шланг ручного гальма

Також на багатьох автомобілях спостерігається контакт гальмівної трубки з трубкою зчеплення (рисунок 29).



Рисунок 29 – Контакт гальмівної трубки та трубки зчеплення

Крім вищеписаних дефектів, на автомобілях LADA Niva Travel із механічним регулятором гальмівних зусиль спостерігається контакт між гальмівною трубою та кузовом (рисунок 30).

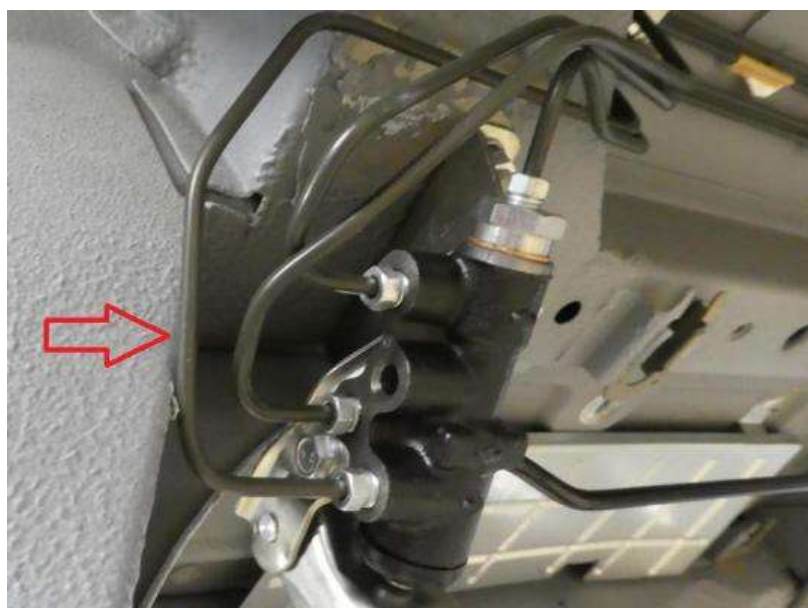


Рисунок 30 – Контакт гальмівної трубки з кузовом

Подібний до вищеписаного дефекту існує і на LADA Niva Legend (рисунок 31).

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рисунок 31 – Контакт гальмівної трубки з кузовом

Також багато власників даних автомобілів скаржаться на погану якість та невеликий ресурс та довговічність багатьох елементів гальмівної системи [4].

#### 2.1.4 Дефекти гальмівних трубок автомобілів LADA Largus та Xray

На автомобілі Largus і Xray не вдалося знайти будь-яких негативних відгуків власників про проблеми, пов'язані з гальмівними трубками, так як автомобіль збирається на відомій французькій платформі В0, яка розроблялася та удосконалювалася довгі роки компанією Renault, у якій існують певні правила проектування та компонування вузлів гальмівної системи.

Незважаючи на всі ці інженерні рішення, у цих автомобілів все одно спостерігається дуже багато дефектів, пов'язаних з контактами та перетиранням різних вузлів автомобіля, зокрема й у гальмівній системі.

На малюнку 32 можна побачити перетирання гальмівних передніх гальмівних шлангів автомобіля Largus про виступи бічних дефлекторів

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

(«пилюків»), прикріплених до передньої частини лонжеронів і стійких повторюваних стійок кріплення підрамника передньої підвіски.



Рисунок 32 – Протирання передніх гальмівних шлангів про дефлектори Також у автомобіля LADA Largus у березні 2021 р. було

виявлено дуже

серйозний дефект [11], через який компанія LADA проводила масштабну відгукну компанію. Він полягав у перетиранні шланга вакуумного підсилювача гальм про шпильку маси (рисунок 33). Руйнування шлангу ВУТ може призвести до повного виведення вакуумного підсилювача гальм з ладу.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 33 – Перетирання шлангу ВУТ про шпильку маси

На мою думку, необхідно провести аналіз та виявити причини перерахованих вище дефектів гальмівних трубок автомобілів LADA, щоб запропонувати способи вирішення.

## **2.2 Аналіз дефектів та пошук вирішення проблеми зносу гальмівних трубок**

Провівши аналіз дефектів гальмівних трубок на прикладі автомобілів LADA, можна дійти невтішного висновку, що вони викликані переважно конструкторськими прорахунками, адже основні причини їх виникнення наступного:

- неправильне компонування та розташування гальмівних трубок на дуже близькій відстані до інших автомобільних вузлів та деталей, що викликає між ними контакт з подальшим руйнуванням

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

(протиранням) один одного під час експлуатації транспортного засобу;

- економія на якісних дорогих матеріалах та покриттях;
- відсутність додаткового захисту в зонах підвищеної температури, а також постійного контакту з брудом, водою та пилом, що надалі може спричинити корозію.

На мою думку, на даний момент існує кілька способів вирішення перелічених вище проблем:

- розглянути способи ремонтпридатності гальмівних трубок;
- розробка або запозичення сучасних правил проектування та компонування вузлів гальмівної системи;
- проектування нової конструкції гальмівних трубок із захисними рукавами.

Потрібно розглянути і провести аналіз, а також техніко-економічний розрахунок кожного з цих способів і вибрати найбільш можливий і позитивний для впровадження на виробництві, щоб надалі спробувати уникнути всіх видів дефектів і тим самим підвищити експлуатаційні властивості гальмівних трубок.

### **2.3 Аналіз способу ремонтпридатності гальмівних трубок**

Провівши аналіз на основі даних про вимоги до гальмівних трубок, їх номенклатуру та фактори зносу, можна зробити наступні висновки: заміна гальмівних трубок у разі виявлення каверн, здуття або протікання повинна виконуватися цілком, оскільки ремонт вставками або пайкою неприпустимий, як і експлуатація пошкоджених деталей [13].

Замінити заводські гальмівні трубки можна на сталеві, мідні або мідно-нікелеві. На легкових автомобілях стоять гальмівні трубки діаметром 475 мм; товщина стінки у сталевих трубок 0,71 мм, у мідних –

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

0,9 мм, у мідно-нікелевих – 0,71 мм. Ідеальним вибором будуть мідно-нікелеві трубки через покращені параметри, такі як: корозійна стійкість, стандартний внутрішній прохідний переріз 4,75 мм, а також легкість монтажу за рахунок еластичності даного матеріалу. Але у них є недолік великої ціни. Наприклад, мідно-нікелеві гальмівні трубки коштують у 3 рази дорожче, ніж сталеві.

Підсумовуючи, можна сказати, що цей спосіб підходить для заміни гальмівних трубок, що вийшли з ладу, проте він не вирішує нашу головну проблему, відповідно дефекти на них будуть також з'являтися при подальшій експлуатації автомобіля, що викличе постійні витрати власника при проходженні певного пробігу транспортного засобу.

Виходячи з перерахованого вище, спосіб ремонтпридатності не зможе підвищити експлуатаційні якості гальмівних трубок і при подальшій роботі ми його розглядати не будемо.

#### **2.4 Аналіз сучасних правил проектування та компоновання вузлів гальмівної системи**

У компанії Renault існують правила проектування та компоновання всіх автомобільних вузлів, включаючи гальмівну систему, згідно з якими повинні витримуватись максимально можливі відстані, а точніше мінімум 10 мм між гальмівними трубками та іншими деталями автомобіля, які перебувають у статичному стані до них. А також 15 мм, якщо деталі мають можливість переміщатися під час експлуатації автомобіля. Все це зроблено для того, щоб запобігти всіляким контактам автомобільних вузлів і знизити або повністю виключити ймовірність появи дефектів.

Дані правила дуже добре зарекомендували себе і зараз активно використовуються при проектуванні всіх нових моделей компанії Renault. Хочу зазначити, що компанія LADA запозичала і користується ними, але,

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

як уже описувалося в п. 3.3, навіть дані правила не завжди дозволяють повністю виключити можливі контакти групи деталей. На мою думку, це може бути пов'язано з такими несприятливими факторами:

- спочатку неправильно продумані платформи автомобілів, що викликало проблеми з компонуванням нових сучасних груп деталей, таких як різні електронні блоки керування (ABS, ESP і т.д.), які, у свою чергу, вимагають кронштейни кріплення, різні джгути підключення та, звичайно ж, Електричне проведення;
- використання застарілих нетурбованих силових агрегатів великого об'єму, які заповнюють більшість підкапотного простору, що знову ж таки викликає труднощі при компонуванні та проектуванні;
- у більш дешевих комплектаціях автомобілів використовуються неформовані шланги, які мають властивість «провисати» і переміщатися під час руху автомобіля, тим самим торкаючись різних груп деталей і протираючись.

Всі ці фактори ускладнюють застосування сучасних правил проектування і тому в деяких місцях конструктори не користуються цими правилами через логічну неможливість їх застосування, що надалі призводить до дефектів, які описуються у розділі 3.

Таким чином, можна сказати, що ці правила є унікальними і при виключенні негативних факторів можуть повністю виключити всі дефекти, а також полегшити роботу інженерам-компонувальникам. Але на жаль, для виключення всіх факторів будуть потрібні великі вкладення, що на даний момент часу неможливо.

Підбиваючи підсумки другого розділу, можна зробити такі висновки:

- виходячи з перерахованого вище, розробка або запозичення сучасних правил проектування та компонування вузлів

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гальмівної системи не дозволить нам повністю позбутися дефектів.

гальмівних трубок або підвищити їх експлуатаційні якості, але при цьому сильно допоможе при компопуванні та проектуванні нової конструкція гальмівних трубок із захисним рукавом, щоб унеможливити всілякі ризики контактів та протирань надалі;

- гальмівні трубки на автомобілях LADA мають достатню кількість дефектів, при аналізі яких виявлено, що вони викликані конструкторськими прорахунками, а точніше неможливістю дотримання потрібного архітектурного проміжку з навколишніми деталями транспортного засобу через невеликі габарити автомобілів та застарілі правила проектування та компопування вузлів гальм.

### **3 ПРОЕКТУВАННЯ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ГАЛЬМОВИХ ТРУБОК**

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб уникнути великих економічних витрат на заміну трубок, що вийшли з ладу, а також розтрат на розробку сучасних правил проектування, була поставлена мета - спроектувати нову конструкцію гальмівних трубок, яка могла б збільшити ресурс, а разом з ним і експлуатаційні якості в 1,5-2 рази за мінімальних витрат.

Так як у більшості випадків гальмівні трубки руйнуються після прямого контакту з іншими деталями (електричні джгути, шланги і т.д.) автомобіля і через природний механічний вплив частинок ґрунту і каміння, що летять з-під коліс під час експлуатації транспортного засобу, а також через вплив високих температур, що виходять з колектора двигуна, була розроблена і спроектована нова конструкція гальмівних трубок із захисними рукавами (рисунок 34).

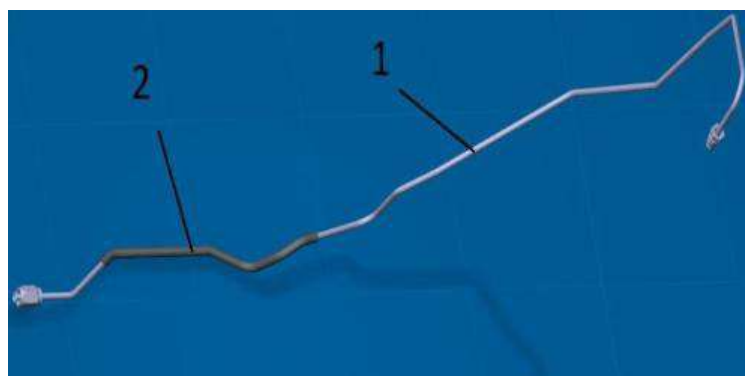


Рисунок 34 – Гальмівна трубка із захисним рукавом

Дана конструкція складається з гальмівної трубки 1 і захисного рукава 2, місце розташування та довжина якого залежатимуть від найуразливіших ділянок гальмівної трубки, де є висока ймовірність контакту з іншими деталями через неможливість дотримання архітектурного зазору

та правильного компонування. Відповідно у кожній моделі автомобіля LADA будуть знайдені подібні місця та спроектовані оригінальні захисні

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

рукави, які захищатимуть гальмівну трубку від протирань, що дозволить підвищити її ресурс та довговічність, а також експлуатаційні якості у декілька разів.

Виходячи з перерахованого вище, можна відзначити кілька важливих переваг цієї конструкції:

- захисний рукав можна зафіксувати на будь-якій проблемній ділянці стандартної заводської гальмівної трубки, тому немає потреби проектувати її нову трасу;
- з метою економії матеріалу, можна використовувати кілька захисних рукавів різної довжини, які будуть встановлені на особливо вразливих місцях, на одній гальмівній трубці;
- при повному зносі захисного рукава можна буде замінити його на новий, при цьому не змінюючи гальмівну трубку, що є великою економією;
- дуже низькі витрати використання даної конструкції з виробництва.

Таким чином, дана конструкція гальмівних трубок не допоможе нам повністю позбавитися дефектів, але за допомогою захисного рукава, безумовно, збільшиться стійкість, ресурс і довговічність трубопроводу в уразливих зонах, тим самим підвищить експлуатаційні якості при найменших витратах. Це відповідає нашій меті.

### 3.1 Застосовність захисних рукавів у світі

Для того щоб провести огляд застосовності захисних рукавів для гальмівних трубок, були обрані найвідоміші та найпопулярніші в світі автомобільні бренди, такі як: Kia, Hyundai, Volkswagen, Skoda, Audi, BMW, Renault, Ford, УАЗ, Volvo, Subaru, Suzuki, Toyota.

Огляд показав, що абсолютно всі наведені вище бренди,

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

використовують захисні рукави для гальмівних трубок. Також варто відзначити, що деякі бренди використовують захисні рукави не тільки для гальмівних трубок, а й для гальмівних шлангів (рисунок 35), що говорить про універсальність застосування такого типу захисту.



Рисунок 35 – Гальмівний шланг із захисним рукавом

При цьому можна відзначити, що автомобільні виробники найчастіше використовують захисні рукави саме у підкапотному просторі та переважно на автомобілях Б-класу, для яких властиво мати невеликі габарити. Як уже описувалося вище, саме через це неможливо дотриматися архітектурних зазорів між сусідніми деталями і вузлами транспортного засобу.

На автомобілях LUX-класу та підвищеної прохідності (позашляховиків), таких брендів як BMW, Audi, Volkswagen тощо, виробники намагаються застосовувати захисні рукави практично по всій довжині гальмівних трубок (рис. 36) та шлангів (рис. 37). В основному це пов'язано з прогнозованими умовами експлуатації цих типів транспортних засобів, щоб повністю захистити гальмівну систему від протирань та течії гальмівної рідини в суворих умовах бездоріжжя.

самим демонструючи високу надійність та безпеку автомобіля. Це викликає довіру та прихильність до бренду у клієнта [6].

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44



Рисунок 36 – Гальмівна трубка та шланг із захисними рукавами



Рисунок 37 – Гальмівний шланг із захисними рукавами

Як зазначалося раніше, деякі виробники встановлюють кілька захисних рукавів однією гальмівної трубки (рисунок 38)



Рисунок 38 – Гальмівна трубка з кількома захисними рукавами

Це зроблено з метою економії матеріалу захисних рукавів. Таким чином, виробник розміщує їх тільки на найуразливіші ділянки гальмівної трубки.

### 3.2 Номенклатура захисних рукавів

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Для того, щоб детально вивчити номенклатуру захисних рукавів, потрібна спеціальна технічна документація на даний тип продукту, яку неможливо знайти у всіляких джерелах через конфіденційність приватних комерційних компаній, але у зв'язку з тим, що компанія Renault і LADA активно співпрацюють і діляться досвідом в галузі машинобудування, існують загальні вимоги щодо використання та застосування захисних рукавів для гальмівних трубок, а також технічні вимоги – це критерії стійкості до стирання та додаткова підтверджуючі тести та перевірки, пов'язані зі стійкістю до фізико-хімічного середовища автомобіля.

У зв'язку з тим, що захисні рукави є елементом безпеки, у компанії Renault вони застосовуються не тільки на гальмівні трубки, а й на паливні, а також різні шланги та електричні джгути циліндричної форми.

У зв'язку з цим захисні рукави діляться на 5 категорій, які розподілені наступним чином (таблиця 2): залежно від інструмента, за допомогою якого випробувані рукави.

Таблиця 2 – Категорії захисних рукавів

Категорія	Інструмент для перевірки захисних рукавів
З 1	гумова трубка
С2	чавун
С3	зношений ніж
С4	гостра кромка пластику
С5	гостра металева кромка

З вищенаведеної таблиці видно, що захисні рукави були поступово розділені на 5 категорій відповідно до їх рівня ефективності (С1 – найнижчий рівень, С5 – найвищий).

У зв'язку з тим, що гальмівні трубки є компонентом безпеки, відповідно їх захист від навколишніх деталей вимагає високого рівня

захисту і має бути виконана з особливою ретельністю. Тому на них повинні бути встановлені захисні рукави категорії С3, С4.

Ці категорії вибираються залежно від навколишньої форми або частин вузлів і деталей, незалежно від їх розташування в транспортному засобі (таблиця 3).

За даними, наведеними в таблиці 3, компанія Renault допускає можливість і враховує контакт захисних рукавів різних категорій один з одним.

Таблиця 3 – Категорії захисних рукавів для гальмівних трубок

Категорії захисних рукавів	Навколишні форми/деталі
С3 (Зношений ніж)	плоска або злегка вигнута металева форма
	плоска пластикова форма (без скловолокна)
	агресивна металева або пластикова форма (без скловолокна) $R \geq 2$
	металева трубка
	мастика (не плоска)
	лиття (не обрізне)
	джгут
	голівка гвинта, голівка болта, різьблення
	поглинаюча сторона (без скловолокна) або плоска поверхня
	рукав категорії С3 або менше
С4 (гостра кромка пластику)	точкове зварювання, дугове зварювання задирок і стиків
	кромка панелі (товщина < 7мм)
	плоска пластикова форма зі скловолокном
	агресивна металева або пластикова (зі скловолокном або без нього) форма $R < 2$
	лиття по краях
	абсорбуюча сторона (завантажена скловолокном)
	сторона з тепловим екраном
	категорія рукава С4 або менше

Різниця категорій С3 та С4 полягає товщиною захисного рукава – 1 та 2 мм відповідно.

### 3.2.1 Матеріал захисних рукавів

Переважає більшість захисних рукавів виготовляються з термозбіжних полімерних матеріалів. Від вибору полімеру залежить

більшість характеристик термоусадки.

У компанії Renault використовують двостінні захисні рукави.

Зовнішня оболонка повинна бути виготовлена з модифікованого поліолефіну та бути пошита. Внутрішня оболонка повинна являти собою клей, що розплавляється. Двостінна трубка має бути однорідною, без вад, дефектів, бульбашок, проколів, швів, тріщин або включень, і кожна стінка має бути однорідною.

Поліолефіни (PE) – синтетичні продукти полімеризації олефінів. Поширені поліолефіни: поліетилен (PE), поліпропілен (PP) та етиленвінілацетат (EVA, севілен), композиція якого використовується як термоплавкий клей для термоусадочних трубок. У промисловості важливі також поліізобутилен та етилен-пропіленовий каучук (EPDM-гума). За масштабами виробництва та широтою областей застосування поліолефіни посідають перше місце серед синтетичних полімерів [23].

З них методом екструзії одержують плівку, труби, шланги, листові матеріали, кабельні вироби, різні ємності, тару, профільні та інші вироби [4].

Профільні вироби найчастіше екструдують з поліетилену низької щільності (ПЕНП) та його кополімерів, поліетилену високої щільності (ПЕВП), поліпропілену (ПП). Іноді застосовується лінійний поліетилен низької щільності ЛПЕНП (1ШРЕ). Профілі з високомолекулярного поліетилену (ВМПЕ) виробляють методом плунжерної екструзії або механічною обробкою напівфабрикатів із нього – плит, стрижнів.

У порівнянні з ПВХ поліолефіни рідше застосовуються для виробництва профілів, проте вони мають свої сфери застосування. Наприклад, якщо потрібні хороші діелектричні властивості або висока пробивна електрична міцність, контакт з харчовими продуктами, підвищена морозостійкість, стійкість до хімічно агресивних середовищ.

У компанії Renault, як і інших іноземних компаніях, захисні рукави

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

виробляють із поліетилену низької щільності (ПЕНП), властивості якого представлені у таблиці 4.

Характеристики:

- висока хімічна стійкість до більшості хімічно активних середовищ;
- стабільність розмірів виробів у широкому діапазоні температур;
- хороша офарблюваність;
- збереження досить високого міцності та еластичності за низьких температур.

Таблиця 4 - Основні властивості поліетилену низької щільності (ПЕНП)

Властивості	ПЕНП (ПЕВС)
Щільність, кг/м <sup>3</sup>	918-935
Температура плавлення, °С	105-115
Температура розм'якшення, °С	60-65
Мовляв. маса промислових марок, 10-4	2-5
Модуль пружності при згинанні, МПа	80-160
Руйнівна напруга при розтягуванні, МПа	10-16
Руйнівна напруга при згинанні, МПа	12-17
Відносне подовження, %	150-600
Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	зразок не ламається
Твердість по Брінеллю, МПа	15-25
Питома теплоємність, кДж/(кг·К)	2,1-2,8
Коефіцієнт температуропровідності, Вт/(м·К)	0,2-0,3
Коефіцієнт лінійного розширення, 10 <sup>4</sup> град-1	2,2-2,5
Показник плинності розплаву, г/10 хв.	0,2-20

Виробництво цього класу полімерів у світі постійно зростає.

Для виготовлення поліолефінових термоусадочних трубок застосовується радіаційно або хімічно «зшитий» поліетилен із

пластифікаторами, пригнічувачами горіння, барвниками та UV-фільтрами. У світі з поліолефінів виготовляють 90% термоусадочних трубок. Їх властивості схожі через загальний матеріал-основи, відмінності залежать від сировини, добавок і технології виробництва.

Поліолефіни мають гарну гнучкість у широкому температурному діапазоні і достатню для повсякденних завдань механічну міцність. Через дуже хорошу електричну міцність вироби з поліетилену використовуються як електрична ізоляція. З модифікованого поліетилену виготовляють зовнішні ізоляційні оболонки високовольтних кабелів, ізолятори низьковольтного обладнання, водопровідні труби, плівки, прокладки та шайби. Модифіковані поліолефіни стійкі до концентрованих та розведених кислот, ефірів, спиртів, альдегідів, кетонів та рослинних олій. Короткочасно здатні витримати вплив аліфатичних та ароматичних вуглеводнів (бензол), мінеральних олій та сильних окислювачів. При цьому матеріал повільно та незворотно руйнується у тривалому контакті з ПММ. Галогеновмісні вуглеводні руйнують поліолефіни швидко. Діапазон робочих температур поліетиленових трубок: від  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тому їх застосовують як усередині, так і зовні приміщень. Деякі тугоплавкі композиції на основі поліолефіну можуть мати підвищену робочу температуру:  $+135\text{ }^{\circ}\text{C}$  і навіть до  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , але такі високі експлуатаційні температури є граничними для поліолефінів. Залежно від композиції матеріалу змінюється температура усадки поліолефінових трубок. Низькотемпературні трубки починають усадку при  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а високотемпературні трубки вимагають повного усадки нагріву до  $+135\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **3.2.2 Установка, розмір та положення захисних рукавів**

У зв'язку з тим, що захисний рукав має властивості термозбіжних трубок, відповідно технологія установки у них аналогічна: рукав надягають на гальмівну трубку після того, як встановили наконечник на

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

однієї зі сторін (рисунок 39), після чого він піддається нагріванню до температури понад 115 °С і його внутрішній діаметр зменшується до певного потрібного розміру.



Рисунок 39 – Встановлення захисного рукава

Розмір захисного рукава повинен бути обраний відповідно до зовнішнього діаметра гальмівних трубок (таблиця 5), а номінальна товщина його стінки повинна становити мінімум 1 мм (залежно від навколишніх деталей в автомобілі).

Таблиця 5 – Розміри захисних рукавів

Діаметр гальмівної трубки, мм	Внутрішній діаметр захисного рукава до нагрівання, мм	Внутрішній діаметр захисного рукава після нагрівання, мм	Номінальна товщина стінки захисного рукава, мм
4,75	6	4,7	1
6	8	6,1	1
8	10	7,4	1
10	12	7,4	1

Положення захисного рукава має бути гарантовано протягом усього терміну служби автомобіля. У випадку, якщо рукав не має внутрішнього клейового шару, то його переміщення по гальмівним трубкам має бути зупинено шляхом додавання клейкої стрічки на його кінцях або за рахунок тертя, що допускається через вигнуту форму трубок. Якщо клейка стрічка на кінцях не встановлена, зріз рукава має бути чистим та виключати появу заломів.

### 3.3 Тести та випробування захисних рукавів

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Для того щоб переконатися як захисні рукави, вони повинні бути перевірені в наступних умовах:

- стійкість до стирання,
- витривалість,
- вогнестійкість,
- вологостійкість,
- ударостійкість,
- термостійкість.

### 3.3.1 Стійкість до стирання

Стійкість до стирання захисних рукавів є одним із ключових властивостей даного елемента безпеки. Саме від неї залежить підвищений ресурс та довговічність, а також якість захисних рукавів.

У компанії Renault вона визначається не розрахунковим, а експериментальним способом. Відповідно до процедури випробування на зразках вихідного стану, яка є гіпотетичним важким життєвим циклом транспортного засобу.

Необхідні параметри для цього випробування, яке проводиться на спеціальному випробувальному стенді, представлені в таблиці 6.

Наприкінці випробування, після проходження 288 000 циклів кожної осі, не допускається наявність слідів на випробуваних зразках, інакше кажучи – відсутність впливу абразивного зносу, рівень якого має бути

дорівнює або вище за рівень С3 згідно з даними, які були представлені в таблиці 2.

Таблиця 6 – Параметри для випробування стійкості до стирання

Інструменти	Залежно від випадку застосування захисного рукава та його оточення в автомобілі вибирається зношений ніж (С3) або гостра кромка пластику (С4)
Частота	10 Гц

Амплітуда	10 мм
Температура	120 °С
Кількість циклів	288000
Осі	X та Y
Маса	200 г

### 3.3.2 Випробування на витривалість

Випробування на витривалість полягає у проходженні транспортного засобу ділянки загальною протяжністю 30000 км по асфальтованій дорозі, яка включає 3360 км дороги поганої якості (путівцевої), а також 523 км заліза, що має форму серії правильних складок (гофроване залізо).

Випробування на витривалість вважається успішно виконаним при досягненні наступних результатів:

- немає зміщення захисного рукава на гальмівній трубці;
- відсутність розривів захисного рукава;
- ніякого зносу навколишніх деталей.

### 3.3.3 Вимоги до фізико-хімічних характеристик

Для перевірки стійкості до стирання повинні бути проведені різні випробування, щоб продемонструвати, що захисні рукави адаптовані до глобальних умов експлуатації транспортного засобу без погіршення характеристик.

Фізико-хімічні характеристики захисних рукавів та вимоги до них представлені у таблиці 7.

Таблиця 7 - Вимоги до фізико-хімічних характеристик

Фізико-хімічні властивості	Вимоги
----------------------------	--------

Токсичність/вогнестійкість	деталь повинна бути самозагасною
Вологостійкість	немає деформації, відшарування зміна розмірів < 8%
Удароміцність	без розривів та тріщин
Періодичний контакт із рідинами	немає деформації, відшарування зміна розмірів < 8%
Термостійкість (прискорене старіння)	без руйнування, зміна розмірів < 8%

Підбиваючи підсумки третього розділу, можна зробити такі висновки:

- захисні рукави активно застосовують більшість світових автомобільних компаній;
- захисні рукави мають невелику номенклатуру через простоту конструкції;
- матеріал захисних рукавів ідентичний матеріалу термоусадки.

Таким чином, всі властивості захисних рукавів ідеально підходять для надійного захисту гальмівних трубок, але для того, щоб бути впевненим у їх ефективності, потрібно провести експеримент на стійкість до стирання та корозії.

#### **4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАХИСНИХ РУКАВІВ**

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Для того щоб бути впевненим у підвищенні експлуатаційних властивостей гальмівних трубок із захисними рукавами, необхідно довести підвищення таких експлуатаційних показників, як:

- ресурс,
- довговічність,
- стійкість.

Але розрахувати дані показники неможливо через складність окремого випадку абразивного зносу при різній експлуатації транспортного засобу [12]. Тому було ухвалено рішення про проведення експерименту на стійкість до стирання гальмівних трубок із захисними рукавами за методикою компанії Renault, а також експерименту на стійкість до корозії.

#### **4.1 Експеримент на стійкість до стирання**

Провести експеримент на стійкість до стирання можна 2 способами за допомогою:

- випробувального стенду,
- безпосередньо самого транспортного засобу.

У зв'язку з тим, що для появи будь-яких результатів при експлуатації транспортного засобу буде потрібно багато часу на проходження тисяч кілометрів, було прийнято рішення про проведення експерименту на випробувальному стенді.

Експеримент полягає в порівняльному випробуванні на стійкість до стирання за допомогою тертя на розробленій випробувальній установці гальмівної трубки без захисного рукава, так і з рукавом, тим самим імітуючи гіпотетичний важкий життєвий цикл транспортного засобу.

Для проведення даного експерименту, як вихідний зразок, була придбана стандартна сталева гальмівна трубка (рисунок 40) діаметром 4,75 мм, яка на даний момент застосовується на сімействі автомобілів

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

LADA Niva.



Рисунок 40 – Гальмівна трубка як вихідний зразок

Як захисний рукав була придбана термоусадка (рисунок 41) з поліолефіну з внутрішнім діаметром 6 мм.



Рисунок 41 – Термоусадка як захисний рукав

Так як оточуючі та контактуючі з гальмівною трубкою деталі в автомобілі можна представити у вигляді сталевого тупого (зношеного) ножа або тупої кромки пластику, то як випробувальний інструмент було прийнято рішення використовувати електричний лобзик Інтерскол МП-

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

65/550E (рисунок 42) розгорнутий протилежний бік різальної пилкою, яка здійснюватиме зворотно-поступальні рухи, створюючи тертя і, тим самим, імітуючи процес протирання.



Рисунок 42 – Електричний лобзик з розгорнутою пилкою

У таблиці 8 наведено технічні характеристики даного електричного лобзика.

Таблиця 8 – Технічні характеристики електричного лобзика

Потужність, Вт	550
Частота, Гц	5...50
Хід штока, мм	10

Варто зазначити, що під час проведення випробування під час роботи лобзика будуть задіяні такі ж технічні характеристики, як у випробуванні компанії Renault, а саме:

- частота 10 Гц,
- хід штока 10 мм.

Для того щоб імітувати закріплення гальмівних трубок, як на

транспортному засобі, була розроблена спеціальна випробувальна установка, де як кріплення трубопроводу з двох сторін використовуються механічні лещата (рисунок 43).

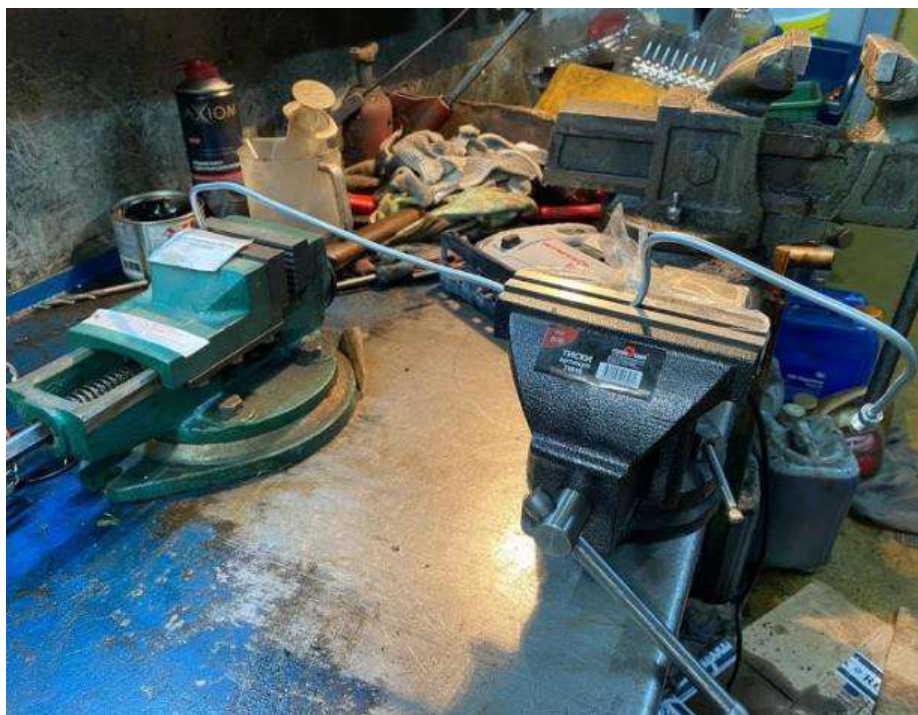


Рисунок 43 – Випробувальна установка із закріпленою гальмівною трубкою

На малюнку 44 представлена повністю зібрана випробувальна установка. Електричний лобзик, жорстко закріплений у механічних лещатах, підноситься до закріпленої гальмівної трубки до торкання (рисунок 45). Після цього на нього подається харчування і починається зворотно-поступальний рух тупою пилкою по гальмівній трубці.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



Рисунок 44 – Випробувальна установка із закріпленою гальмівною трубкою



Рисунок 45 – Торкання зворотної сторони пилки об гальмівну трубку

Тривалість даного випробування склала 3 години або 108000 циклів роботи пилки, що є достатнім для появи результату. На малюнку 46 чітко видно поглиблення на циліндричній поверхні гальмівної трубки без захисного рукава, яке становило 1 мм вглиб.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



Рисунок 46 – Результат експерименту на стійкість до стирання гальмівної трубки без захисних рукавів

Після проведення першого етапу експерименту надягаємо і саджаємо за допомогою нагрівання на дану гальмівну трубку нашу термоусадку



Рисунок 47 – Термоусадка на гальмівній трубці як захисний рукав I

тепер встановлюємо на нашу зібрану випробувальну установку (Рисунок 48).

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60



Рисунок 48 – Випробувальна установка із закріпленою гальмівною трубкою із захисним рукавом

Після проведення експерименту, аналогічного попередньому з тими самими режимами та однаковими технічними характеристиками, отримали результат, представлений на малюнку 49.



Рисунок 49 – Результат експерименту на стійкість до стирання гальмівної трубки з термоусадкою

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

З отриманого результату видно, що в зоні контакту з пілкою присутня невелика потертість, але при цьому зношування термоусадки з подальшим руйнуванням не сталося, що говорить про високу ефективність захисних рукавів і відмінну стійкість до стирання. Гальмівна трубка в цій зоні під термоусадкою не отримала жодних пошкоджень (рисунок 50).



Рисунок 50 – Відсутність слідів зношування на гальмівній трубці

Таким чином можна зробити висновок, що експеримент вдався і захисні рукави дійсно за рахунок покращеної стійкості до стирання підвищують експлуатаційні властивості гальмівних трубок.

#### 4.2 Експеримент на стійкість до корозії

Як уже описувалося раніше, захисні рукави є захистом не тільки проти абразивного зношування в зоні контакту з близько розташованими деталями автомобіля, а й проти корозії.

Відомо, що корозія починає проявлятися на гальмівних трубках після потрапляння на них води та різних автомобільних рідин. Але найефективніше вона проявляється після потрапляння різних каменів, що летять з-під коліс у процесі експлуатації транспортного засобу. Каміні та щебінь можуть наносити серйозні сколи, в які потрапляє бруд,

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

унаслідок чого гальмівні трубки корозують набагато швидше.

Захисний рукав через міцну структуру поліолефіну, а також щільне прилягання до гальмівної трубки повинен справлятися з цією проблемою, тому було прийнято рішення про проведення експерименту на стійкість до корозії.

Експеримент полягає в експлуатації транспортного засобу із закріпленої під днищем кузова гальмівної трубки з термоусадкою, яка виконуватиме функції захисного рукава, протягом 10000 км у зимову пору року.

Для проведення даного було придбано сталеву гальмівну трубку діаметром 4,75 мм (рисунок 51).



Рисунок 51 – Гальмівна трубка

Як захисний рукав була придбана термоусадка (рисунок 52) з поліолефіну, яка за своїми властивостями і матеріалом повністю відповідає захисним рукавам, з внутрішнім діаметром 6 мм.



Рисунок 52 – Термоусадка як захисний рукав

Цю термоусадку надягаємо за допомогою нагрівання на гальмівну трубку (рисунок 53).



Рисунок 53 – Термоусадка на гальмівній трубці

Встановлюємо нашу гальмівну трубку з термоусадкою на задній міст (одне з найуразливіших місць автомобіля, яке завжди контактує із брудом та водою) транспортного засобу та закріплюємо за допомогою спеціальних стяжок (рисунок 54).



Рисунок 54 – Закріплена гальмівна трубка з термоусадкою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Через 10000 км експлуатації транспортного засобу в зимову пору року знімаємо нашу трубку та фіксуємо результат (рисунок 55).



Рисунок 55 – Результат експерименту стійкості до корозії

Результатом даного експерименту є відсутність будь-яких слідів попадання бруду або рідини всередину термоусадки, на відміну від незахищених ділянок трубопроводу, де спостерігається підвищений шар бруду, пилу та висохлої рідини, отриманої під час експлуатації транспортного засобу. Це ще раз свідчить про високу ефективність застосування захисних рукавів на гальмівних трубках.

Підбиваючи підсумки четвертого розділу, можна зробити наступний висновок: експерименти на стійкість до стирання та корозії показали та довели наочну та високу ефективність застосування захисних рукавів на гальмівних трубках, підвищуючи їх експлуатаційні властивості, що було головною метою даної дипломної роботи.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## Висновок

У даній дипломній роботі було виконано аналіз існуючої конструкції гальмівних трубок, виявлено вразливі місця, на основі яких знайдено оптимальне технічне рішення шляхом введення нової конструкції гальмівних трубок.

Було визначено, а також доведено, що застосування конструкції гальмівних трубок із захисними рукавами істотно підвищує експлуатаційні властивості трубопроводів, ефективно захищаючи їх від стирання та корозії.

Метою дипломної роботи був пошук та розробка нових способів підвищення експлуатаційних властивостей гальмівних трубок, таких як надійність, довговічність, стійкість та ресурс.

Для досягнення заданої мети вирішено такі завдання:

- проведено аналіз класифікації та номенклатури існуючих конструкцій гальмівних трубок;
- проведено аналіз виникнення дефектів гальмівних трубок на автомобілях LADA, на підставі якого запропоновано способи розв'язання;
- проведено аналіз нових способів підвищення експлуатаційних властивостей гальмівних трубок, на підставі якого обрано найбільш техніко-економічно вигідний;
- запропоновано нову конструкцію гальмівних трубок із захисними рукавами;
- проведено аналіз класифікації та номенклатури існуючих захисних рукавів та їх застосування у світі;
- за допомогою експериментів доведено ефективність застосування захисних рукавів.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## Список використаних джерел

1. Гержодов В. І. Технічний стан автомобілів та безпека руху. Київ: Техніка, 1978. 149 с.
2. Nelson PA Active Control of Sound/SJ Elliot. Academic press. London. 1992. - 436с.
3. Ogawa, S. , Kawate, T. , Takeda, J. and Omori, I. (2016) Side-View Mirror Vibrations Induced Aerodynamically при Separating Vortices. Open Journal of Fluid Dynamics, 6, 42-56. doi:[10.4236/ojfd.2016.61004](https://doi.org/10.4236/ojfd.2016.61004).
4. RD Ripple Fixing Vexing Vibrations // Engine Service. 2018. №1 URL: <https://www.motor.com/magazine-summary/?issue-year=2018&issue-month=03>(Дата звернення: 15.12.2020).
5. Simon H., Веб-конце Розробка моделей з Surround-View Cameras and Route Planners / H. Simon, D. Dengxin, Luc Van Gool // Pal Multimedia Tools and Applications – 2018. – Vol. 92 № 3. P. 4115-4138.
6. Сажко, В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : підручник/ В.А.Сажко;рец.:В.В.Рудзінський, С.К.Полянський,А.З.Філіпов.–К. : Каравела,2008.–400с.:іл.
7. Лудченко, О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління : підручник / О. А. Лудченко.–К. : Знання-Прес, 2004.–478с.:іл.
8. Бабіч, Б. С., Лущик В. В. Технічне обслуговування й ремонт металевих кузовів автомобілів: підручник/Б.С. Бабіч,В.В.Лущик.–К. :Либідь,2001.–460с.:іл.
9. Технологічне проектування автотранспортних підприємств : навч. посібник / С. І. Андрусенко, В. О. Білецький, П. І. Бортницький та ін. ; рец.: О. К. Коробочка, В. В. Рудзінський,В.В.Березняцький.–К. : Каравела, 2009.–368с.– (Українська книга)
10. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність : навч. посібник/В.П.Сахно,Г.Б.Безбородова, К.К.Маяк, С.К.Шарай.–К. : КВІЦ,

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

2004.–174с.:іл.

11. Automobiles : навч. посібник з англійської мови/Н. І.Марченко,Н.О. Курносова, О. В. Забашта та ін.Житомир:ЖДТУ,2005.–256с.

12. Довідник водія. Добірка законодавчих актів для власників транспортних засобів/упорядкув. Є. К. Пашутинського.–К. : КНТ, 2005.–408с.

13. Мельничук,С.В. Гідравлічні системи автомобіля : навч. посібник.–Житомир : ЖДТУ,2004.–294с.:іл.

14. Дерех, З. Д., Душник В. Ф. Підручник водія. Основи керування автомобілем / З. Д. Дерех, В. Ф. Душник. –К. : Арій, 2008. –144 с. : іл.

15. Технічна експлуатація та надійність автомобілів : навч. посібник / Є.Ю. Формальчик, К. С. Оліскевич, О. Л. Мاستикаш,Р.А.Пельо.–Львів:Афіша, 2004.–492с.

16. Полянський, С. К., Коваленко, В. К. Експлуатаційні матеріали: підручник/С.К. Полянський,В.К.Коваленко.–К.:Либідь, 2003.-448с.

17. Окоча, А. І., Білоконь, Я.Ю. Паливномастильні та інші експлуатаційні матеріали : підручник/А. І.Окоча,Я. Ю. Білоконь.–К. : Центр. дух. культ., 2004.–448с.

18. Кисликов,В.Ф.,Лущик,В.В.Будова й експлуатація автомобілів : підручник.–5-те вид.–К. :Либідь, 2005.–400с.:іл.

19. ГОСТ Р 52452-2005. Трубки та шланги гідравлічного та пневматичного приводу гальк.

20. Дигало В. Г. Технології випробування систем активної безпеки автотранспортних засобів. М: Машинобудування, 2013. 387 с.

21. Зайцева К. К., Мегера Г. І., Веремєєнко А. А. Діагностика технічного стану транспортних засобів // Будівництво та архітектура. 2015. №1. С. 124-126.

22. Інформаційний сайт для власників автомобілів LADA «LADA Online» [Електронний ресурс]. URL:

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

<https://лада.онлайн/do-my-self/tuning/tuning-lada-vesta/1286-cto-delat-esli-peretirayutsya-shlangi-trubki-pod-kapotom-avtomobilya-lada.html>  
(Дата звернення 07.04.2022).

23. Інформаційний сайт для власників автомобілів LADA «LADA Online» [Електронний ресурс]. URL: <https://лада.онлайн/auto-news/autovaz/15319-avtovaz-proverjaet-na-lada-largus-fl-vozhnoe-peretiranie-shlanga-vakuumnogo-usilitelja.html> (Дата звернення 07.04.2022).

24. Левченко Є. Теорія та практика абразивної розрізки труб. М: Монографія, 2018. 142 с.

25. Папаскуа А. А. Фактори зниження ресурсу елементів гальмівної системи з АБС// Унікальні дослідження XXI століття. 2015. №5. С. 154-160.

26. Презентація з офіційного сайту виробника гальмівних трубок WP [Електронний ресурс]. URL:<http://www.pwpnet.pl/ru/> (Дата звернення 28.01.2022).

27. Сайт автолюбителів "Drive" [Електронний ресурс]. URL:<https://www.drive2.ru/l/509650303704892269/>(Дата звернення 07.04.2022).

28. Сайт автолюбителів "Drive" [Електронний ресурс]. URL:<https://www.drive2.ru/l/5110312/>(Дата звернення 07.04.2022).

29. Сайт автолюбителів "Drive" [Електронний ресурс]. URL:<https://www.drive2.ru/l/9879416/>(Дата звернення 07.04.2022).

30. ТУ 4591-021-480-93689-2010. Трубопроводи гідроприводу гальм та зчеплення для автомобілів LADA.

31. Albatlan S Abu Alyazeed. Improving виконання hydraulic brake system for passenger car. Ph. D Thesis, Ain Shams University, Faculty of Engineering, Automotive Department, Cairo; 2005.

32. Antanaitis David та ін. Automotive brake hose fluid consumption characteristics and its effect on brake system pedal feel. SAE Int J Passeng Cars

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Mech Syst; 2010 року.

33. Khan та ін. Modeling experimentation i simulation of a brake apply system. In: American control conference; 1992.

34. Limpert R. Brake design and safety. SAE; 1992

35. Nantais Nath, Minaker Bruce P. Active four wheel brake proportioning for improved performance and safety. SAE International; 2008.

					ДРБАТ.24.20209.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70