

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi.

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

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Холохолов Г.М.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Керівник	<u>Ляшук О.Л.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Нормоконтроль	<u>Левкович М.Г.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Зав. кафедри	<u>Цьонь О.П.</u> <small>(прізвище та ініціали)</small>
Рецензент	<u></u> <small>(прізвище та ініціали)</small>

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Холохолову Геннадію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi.

Керівник роботи Ляшук О.Л., д.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi.

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Характеристика та аналіз роботи системи кондиціонування автомобіля Audi – A1;

Елементи системи системи кондиціонування автомобіля Audi – A1;

Технологічний процес технічного обслуговування системи кондиціонування

автомобіля Audi – A1; Стенд системи кондиціонування автомобіля Audi – A1;

Процесів протікання холодоагенту в системі кондиціонування автомобіля

Audi – A1; Дільниця для ремонту системи кондиціонування автомобілів

Audi – A1;

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 24.січня 2022р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.02.2023	
2	Технологічний розділ	08.03.2023	
3	Конструкторський розділ	12.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	04.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	22.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	21.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Холохолов Г.М.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ляшук О.Л.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., професор Ляшук О.Л.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 52 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини 2 сторінки додатків.

Ключові слова: проведення діагностики, вимірювання параметрів, заміна деталей, заправка системи холодильного агенту, вакуумне відкачування.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	7
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	9
1.1 Характеристика об'єкту проектування.....	9
1.2 Характеристика та аналіз його роботи радіатора.....	12
1.3 Система клімат-контроль для Audi.....	15
1.4 Система управління.....	16
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	21
2.1 Процесів протікання холодоагенту.....	21
2.2 Технологічний процес діагностування системи кондеціонування.....	22
2.3 Технологічний процес ремонту системи кондеціонування.....	24
2.4 Запобіжні заходи при обслуговуванні системи кондиціонування повітря.....	25
2.5 Розрахунок необхідної кількості робітників для виконання робіт на дільниці.....	27
2.6 Розрахунок та підбір технологічного обладнання.....	29
2.7 Розрахунок площ виробничих приміщень.....	31
2.8 Розрахунок економічної ефективності проекту.....	32
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....	34
3.1 Призначення пристосування, що розробляється.....	34
3.2 Визначення необхідної сили на штоку пневмоциліндра.....	34
3.3 Вибір пневмоциліндра.....	35
3.4 Розрахунок пальця пневмоциліндра на зріз.....	35
3.5 Розрахунок пальця на зім'яття.....	37
3.6 Розрахунок кронштейна на згин.....	37
3.7 Розрахунок на міцність зварювального з'єднання стійки.....	38
3.8 Розрахунок зварного з'єднання кронштейна на міцність.....	39
3.9 Розрахунок гвинтів кріплення радіаторів.....	41
3.10 Розрахунок різьбового з'єднання на зріз.....	42
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> .....	43
4.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.....	44

4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації абразивних кругів.....	6 48
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>50</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>51</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi є важливим етапом в підтримці та забезпеченні оптимальної роботи цієї системи. Кондиціонування автомобілів стає все більш необхідною функцією для забезпечення комфорту водія та пасажирів у різних погодних умовах. Автомобільна система кондиціонування включає в себе складну комбінацію компонентів, які потребують регулярного обслуговування та діагностики, щоб забезпечити надійну та ефективну роботу.

Розробка технологічного процесу технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi передбачає вивчення специфікацій, документації та рекомендацій виробника. Це включає детальний аналіз схеми системи кондиціонування, розуміння принципу її роботи та вимог щодо обслуговування.

Перший крок у розробленні технологічного процесу - це проведення діагностики системи кондиціонування, що включає перевірку роботи компонентів, вимірювання параметрів, аналіз даних та виявлення потенційних проблем. При цьому важливо мати доступ до спеціального обладнання та діагностичних інструментів, які дозволяють здійснювати точні вимірювання та аналізувати дані.

Після діагностики необхідно виконати ряд процедур з обслуговування системи кондиціонування. Це може включати заміну або ремонт дефектних деталей, заправку системи холодильного агенту, проведення вакуумного відкачування для видалення повітря та вологи з системи, а також перевірку на наявність витоків.

Далі, важливим етапом є очищення фільтрів та теплообмінників, що дозволяє забезпечити нормальний потік повітря та ефективне охолодження або обігрів. Крім того, проводиться перевірка роботи компресора та калібрування регуляторів для забезпечення оптимальних налаштувань та ефективної роботи системи.

Після завершення обслуговування проводиться фінальне тестування системи кондиціонування, щоб переконатися в її правильній роботі та

ефективності. Критерії тестування включають ефективність охолодження та обігріву, регулювання температури, рівень шуму та загальний комфорт для водія та пасажирів.

Нарешті, після успішного завершення обслуговування системи кондиціонування, розроблюється звіт, який містить деталі про проведені процедури, виявлені проблеми та рекомендації щодо подальшого обслуговування. Цей звіт може служити документацією для власників автомобілів Audi та допомагати зберігати оптимальну роботу системи кондиціонування на протязі тривалого періоду.

Отже, розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi є важливим кроком для забезпечення оптимальної роботи цієї системи та задоволення потреб комфорту водія та пасажирів. Цей процес включає діагностику, обслуговування, тестування та документацію, що допомагає забезпечити ефективне та надійне функціонування системи кондиціонування автомобіля Audi протягом тривалого періоду.



# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Характеристика об'єкту проектування

Загальний вигляд автомобіля Audi-A6 показано на рисунку 1.1, а його технічна характеристика приведена в таблиці 1.2 нижче.



Рис. 1.1. Автомобіль Audi A6

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика автомобіля Audi A6

• кузов: 4 дв. седан (С5, 4В)
• Тип двигуна: L4
• Марка палива: AI-95
• Об'єм двигуна, куб. см .: +1781
• Клапанів на циліндр: 5
• наддув: с інтеркулером
• Потужність, к.с .: 150
• Досягається при об. в хв .: 5700
• Крутний момент, Нм / об. в хв .: 210/1750
• Максимальна швидкість, км / год: 216
• Час розгону до 100 км / год, сек .: 9.7
• Витрата палива (змішаний цикл), л. на 100 км .: 8.4
• Витрата палива (у місті), л. на 100 км .: 11.3
• Витрата палива (за містом), л. на 100 км .: 6.6
• Компонування двигуна: Спереду, поздовжньо
• Система харчування: розподілене уприскування
• Система газорозподілу: dohc
• Діаметр циліндра, мм: 81
• Хід поршня, мм: 86.4
• Вихлоп CO <sub>2</sub> , г / км: 202
• Коефіцієнт стиснення: 9.5
• Тип приводу: передній
• Коробка передач: МКПП
• Кількість ступенів: 5
• передня: підвіска незалежна багатоважільна зі стабілізатором поперечної стійкості
• задня: Незалежна багатоважільна зі стабілізатором поперечної стійкості гальма
• передні: дискові вентильовані
• задні: дискові

• <b>Довжина, мм: 4800</b>
• <b>Ширина, мм: 1810</b>
• <b>Висота, мм: 1450</b>
• <b>Колісна база, мм: 2760</b>
• <b>Коля коліс спереду, мм: 1540</b>
• <b>Коля коліс ззаду, мм: 1570</b>
• <b>Кліренс, мм: 120</b>
• <b>Кількість місць: 5</b>
• <b>Розмір шин: 205 / 55WR16</b>
• <b>Споряджена маса, кг: 1430</b>
• <b>Допустима маса, кг: 1980</b>
• <b>Обсяг багажника, л: 551</b>
• <b>Обсяг паливного бака, л: 70</b>
• <b>Діаметр розвороту, м: 11.7</b>

Система охолодження двигуна повинна нормально працювати при температурі навколишнього повітря 50°C. Допускається підвищення температури охолоджуючої рідини до 119°C, що можливо при закритій системі охолодження, яка знаходиться під тиском 1 кгс/см<sup>2</sup>.

Кількість тепла (холоду), яке розвіюється радіатором, залежить від його конструкції, параметрів вентилятора, умов входу повітря в радіатор і виходу його з підкапотного простору.

При виборі конструкції радіатора (рис.1.2) керуються тепловим і навантажувальними параметрами радіаторів різних типів.

Проведені дослідження показали, що трубчасто-стрічкові радіатори характеризуються найбільшим теплопоглинанням з одиниці маси серцевини, в порівнянні з радіаторами інших типів. Це можна пояснити високим коефіцієнтом обребрення, обумовленим великими відстанями між трубками по фронту радіатора ( 14 мм замість 9,5 мм у трубчасто-пластинчастих радіаторів) і малими відстанями між ребрами. Проте внаслідок значних відстаней між трубками по фронту радіатора необхідно для обребрення використовувати

матеріали з великим коефіцієнтом теплопровідності, щоб забезпечити температуру ребра, найбільш близьку до температури стінки трубки. По цій же причині повинна бути підвищена якість пайки охолоджуючих ребер до трубок.

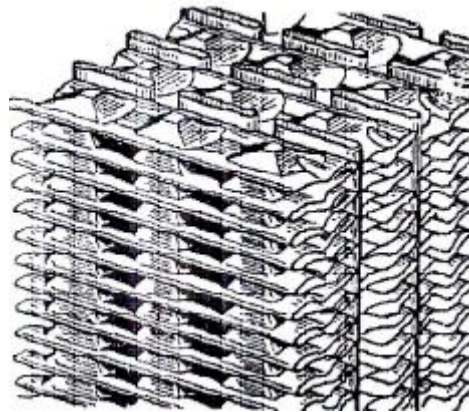


Рис. 1.2. Охолоджуючий елемент трубчасто-стрічкового радіатора

До переваг трубчасто-стрічкового радіатора слід віднести можливість використання оброблення спеціальної форми, яке створює турбулентний рух потоку повітря.

## 1.2 Характеристика та аналіз його роботи радіатора

Радіатор кондиціонера автомобіля рис. 1.3. є важливою складовою системи кондиціонування повітря в салоні транспортного засобу. Його основна функція полягає в охолодженні гарячого холодоагенту, що циркулює у системі кондиціонування повітря.

Характеристика роботи радіатора кондиціонера:

Розташування: Радіатор кондиціонера зазвичай розташовується з передній частині автомобіля, ззовні або всередині двигуна. Він розташований поруч з радіатором системи охолодження двигуна.

Конструкція: Радіатор кондиціонера складається з металевих або алюмінієвих сплесків, які мають багато малих прорізів або каналів. Це забезпечує більшу площу контакту з повітрям для покращення процесу охолодження.

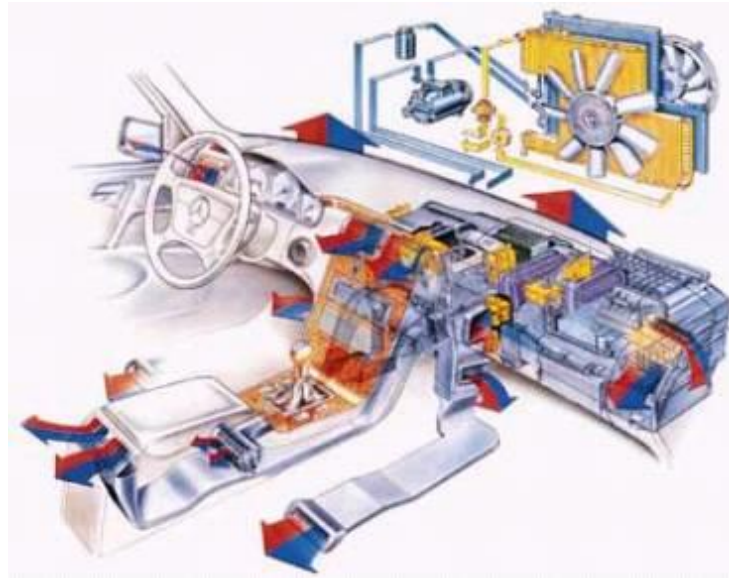


Рис. 1.3. Чисте повітря тепло,прохолода.

Принцип роботи: Кондиціонер автомобіля використовує холодоагент, який циркулює у системі. Гарячий холодоагент з компресора проходить через радіатор кондиціонера, де він охолоджується за рахунок пропускання повітря крізь сплески радіатора. Після цього охолоджений холодоагент повертається до салону автомобіля для подальшого охолодження повітря.

Ефективність охолодження: Радіатор кондиціонера має бути ефективним в розсіюванні тепла. Якщо радіатор пошкоджений або забруднений, це може призвести до зниження ефективності охолодження кондиціонера і недостатнього охолодження повітря в салоні.

Перевірка та обслуговування: Для забезпечення нормальної роботи радіатора кондиціонера, його потрібно періодично перевіряти та обслуговувати. Це включає очищення від бруду та інших забруднень, перевірку на наявність пошкоджень і витоків, а також перевірку рівня холодоагента.

Проблеми та ушкодження: Радіатор кондиціонера може мати такі проблеми, як утворення корозії, пошкодження сплесків або ущільнень, забруднення від мух і листя, виток холодоагента тощо. Ці проблеми можуть призвести до недостатньої охолодження або навіть несправності всієї системи кондиціонування повітря.

Аналіз роботи радіатора кондиціонера включає оцінку ефективності охолодження, перевірку наявності пошкоджень, притоку та витоків

холодоагента, а також оцінку загального стану радіатора. Якщо виявляються проблеми, рекомендується звернутися до спеціаліста для діагностики та ремонту.

Важливо знати, що описана інформація є загальною, і конкретні характеристики та аналіз роботи радіатора кондиціонера можуть відрізнятися в залежності від моделі автомобіля. Рекомендується сконсультуватися з інструкцією автомобіля або звернутися до фахівця для отримання детальної інформації.

Система потоків, відома також як система вентиляції потоків рис. 1.4. (HVAC), в автомобілі є важливою частиною системи кондиціонування повітря і забезпечує комфортні умови в салоні автомобіля. Вона відповідає за розподіл повітря від системи кондиціонування до різних зон салону, забезпечуючи оптимальний рівень охолодження або обігріву.

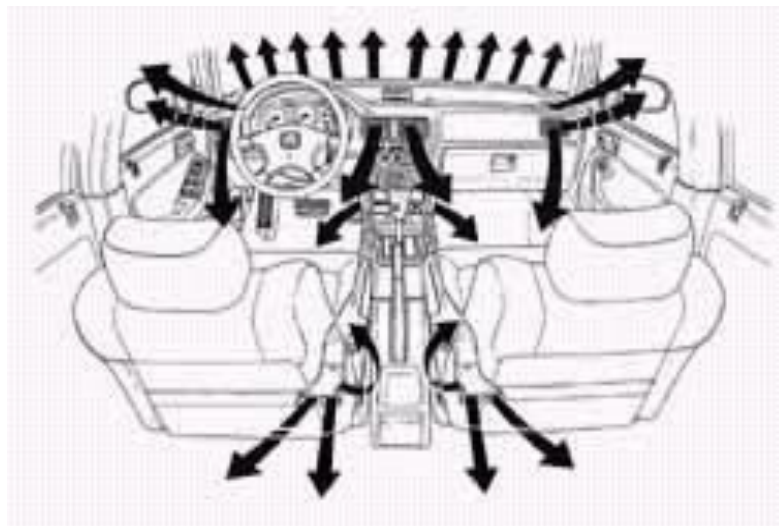


Рис. 1.4 - Більш розвинена система потоків.

Основні компоненти системи потоків включають:

**Вентилятор:** Вентилятор в системі потоків відповідає за витягування повітря з салону та створення потоку повітря, який подається до радіатора кондиціонера та радіатора підігріву.

**Розподільний блок:** Розподільний блок дозволяє регулювати напрямок потоку повітря в різні зони салону, такі як дефлектори, вентиляційні отвори на панелі приладів, під сидіннями тощо. За допомогою цього блоку можна

налаштувати напрямок потоку повітря вгору, вниз, вперед або назад, в залежності від вимог пасажирів.

**Регулятори температури:** Регулятори температури дозволяють вам контролювати рівень охолодження або обігріву повітря, що подається в салон. Вони дозволяють змінювати температуру повітря відповідно до вашого вибору.

**Режими роботи:** Система потоків може мати різні режими роботи, такі як режими кондиціонування, обігріву, охолодження пасажирів заднього ряду, обдув лобового скла тощо. Це дозволяє забезпечити комфортні умови для всіх пасажирів у салоні.

**Фільтр салону:** Система потоків може також містити фільтр салону, який очищає повітря від пилу, пилових кліщів, запахів та інших забруднень, що потрапляють зовнішнім повітрям.

Робота системи потоків в залежить від правильної роботи всіх компонентів і регулярного обслуговування системи. Дотримання рекомендацій виробника щодо обслуговування системи потоків допоможе забезпечити її ефективну роботу та тривалий термін служби.

### **1.3 Система клімат-контроль для Audi**

Система клімат-контролю в автомобілі Audi є важливою складовою частиною комфорту в салоні і забезпечує оптимальні умови охолодження або обігріву повітря, а також контроль вологості і циркуляції повітря. Давайте розглянемо її детальніше:

**Автоматичний клімат-контроль:** Більшість моделей Audi оснащені автоматичною системою клімат-контролю, яка дозволяє встановити бажану температуру для салону. Система самостійно регулює роботу кондиціонера, обігрівача, вентилятора і розподілу повітря, щоб підтримувати задану комфортну температуру.

**Зононий клімат-контроль:** Деякі моделі Audi мають можливість зонового клімат-контролю, що дозволяє незалежно регулювати температуру для різних зон салону. Це дозволяє кожному пасажирові встановити комфортні умови за своїми вподобаннями.

Режими роботи: Система клімат-контролю в Audi може мати різні режими роботи, такі як режими кондиціонування, обігріву, охолодження пасажирів заднього ряду, обдув лобового скла тощо. Це дозволяє забезпечити комфортні умови для всіх пасажирів у різних ситуаціях.

Електронні датчики: Система клімат-контролю в Audi використовує електронні датчики для вимірювання температури, вологості, сонячної інтенсивності тощо. Ці дані використовуються для точного контролю параметрів клімату в салоні і підтримки заданих умов.

Розподіл повітря: Система клімат-контролю в Audi дозволяє регулювати напрямок та силу потоку повітря в різні зони салону. За допомогою регуляторів і дифузорів можна налаштувати напрямок потоку повітря вгору, вниз, вперед або назад.

Фільтрація повітря: Деякі моделі Audi мають вбудований фільтр салону, який очищає повітря від пилу, пилових кліщів, запахів і інших забруднень, що потрапляють зовнішнім повітрям. Це допомагає покращити якість повітря в салоні і захистити пасажирів від алергенів та шкідливих речовин.

Керування на пульту або сенсорним екраном: Управління системою клімат-контролю в Audi може здійснюватися за допомогою пульта дистанційного керування, сенсорного екрана або рульових перемикачів, що дозволяє зручно налаштовувати налаштування клімату.

Важливо зазначити, що описана інформація є загальною, і конкретні характеристики та функції системи клімат-контролю можуть варіюватися залежно від моделі та року випуску Audi. Рекомендується звернутися до інструкції користувача або звернутися до офіційного дилера Audi для отримання докладної інформації.

#### **1.4 Система управління**

Щоб активувати автоматичний режим системи кондиціонування повітря (A / C) в автомобілі, достатньо натиснути кнопку "AUTO" на панелі управління. Потім можна встановити бажану температуру, використовуючи кнопки Warmer чи Cooler, зображені на рисунку 1.5. Після цього система буде



працювати в автоматичному режимі при кожному запуску автомобіля. Крім того, систему можна включити у один із п'яти паралельних режимів, які найкраще підходять користувачу.

У разі виникнення помилок у системі вакуумного регулювання, автоматична система кондиціонування повітря (А / С) автоматично переключиться у режим обдування вікон.

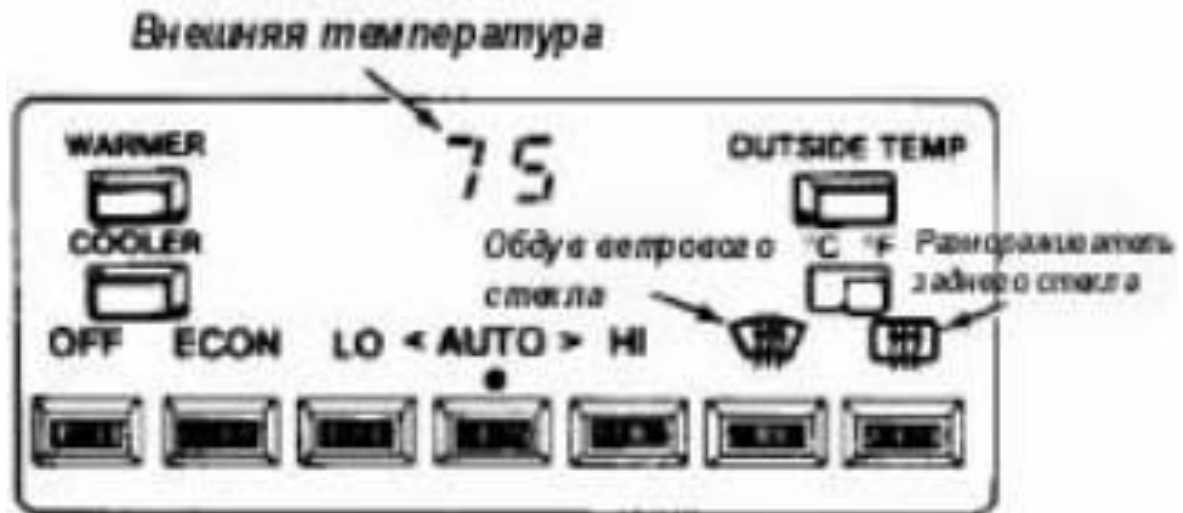


Рис. 1.5. Режими управління.

Режим "ECON" в системі кондиціонування повітря (А / С) в автомобілі дозволяє досягти економії палива шляхом зниження споживання енергії системою. Коли режим ECON активований, система зменшує потужність компресора кондиціонера, знижує швидкість вентилятора та обмежує роботу деяких елементів системи, таких як підігрівач заднього скла або дзеркала. Це допомагає зменшити навантаження на двигун автомобіля і, відповідно, знижує споживання палива. Однак, у режимі ECON може бути знижена ефективність охолодження або обігріву салону, тому цей режим рекомендується використовувати в періоди, коли вам не потрібно максимальне охолодження або обігрів, а пріоритетним є економія палива.

Режим LO в системі кондиціонування повітря (А / С) в автомобілі встановлює найнижчу можливу температуру охолодження. Коли режим LO активований, система працює на максимальному рівні охолодження, забезпечуючи швидке зниження температури в салоні автомобіля. Цей режим особливо підходить для ситуацій, коли потрібно швидко знизити температуру

або при високих зовнішніх температурах. В режимі LO система старається досягти як найнижчої температури, що дозволяє створити комфортні умови охолодження в салоні автомобіля.

Режим "AUTO" в системі кондиціонування повітря (А / С) в автомобілі дозволяє автоматично регулювати температуру і функції системи з мінімальним втручанням користувача. Коли режим AUTO активований, система виявляє потреби в охолодженні або обігріві салону і налаштовує режими роботи відповідно до цих потреб.

У режимі AUTO система вимірює температуру в салоні за допомогою вбудованих датчиків і автоматично регулює роботу кондиціонера, обігрівача, вентилятора та інших компонентів для підтримки заданої комфортної температури. Вона також може автоматично регулювати розподіл повітря і швидкість вентилятора для оптимального розподілу повітря по салону.

Режим AUTO забезпечує зручність і комфорт для користувача, оскільки він не потребує постійного втручання та регулювання параметрів системи. Система самостійно виконує необхідні налаштування, оптимізуючи роботу А / С для досягнення комфортної атмосфери в салоні автомобіля.

Таблиця 1.2 - Таблиця операцій панелі управління

Режим	Температура	Робота системи
DEF	32 ° C	Тепле повітря тече на скла і ноги. Двигун вентилятора працює на макс. оборотах.
HI	32 ° C	Тепле повітря тече на обличчя. Незначна частина тече на скла. Двигун вентилятора працює на макс. оборотах.
AUTO	24 ° C	Після невеликої паузи швидкість вентилятора поступово збільшується. В салон, в залежності від температури, надходить теплий або холодний повітря.
AUTO	15 ° C	Швидкість вентилятора збільшується до макс. В салон надходить холодне повітря. Заслінка рециркуляції плавно закривається.

LO	15 ° C	Швидкість вентилятора збільшується до дуже маленьких оборотів. Повітря тече на обличчя.
ECON	15 ° C	Компресор відключений. Швидкість вентилятора збільшується до макс. В салон, в залежності від температури, надходить теплий або холодний повітря.
OFF		Компресор і вентилятор відключені. Заслінка рециркуляції закрита.
REAR DEFROG	NONE	Чи включається обігрів заднього скла. Після 10 хвилин відбувається автоматичне відключення.
OUTSIDE	NONE	На індикаторі відображається зовнішня температура.

Режим "HI" в системі кондиціонування повітря (А / С) в автомобілі встановлює найвищу можливу температуру обігріву. Коли режим "HI" активований, система працює на максимальному рівні обігріву, щоб швидко підігріти салон автомобіля в холодну погоду або при низьких температурах. Цей режим дозволяє створити швидке інтенсивне обігрівання, забезпечуючи комфортні умови для пасажирів.

У режимі "HI" система старається досягти як найвищої температури, що дозволяє швидко і ефективно підігріти салон автомобіля. Вона регулює роботу обігрівача, вентилятора та інших компонентів, щоб забезпечити інтенсивне обігрівання. Режим "HI" особливо корисний в ситуаціях, коли швидке і ефективне обігрівання необхідне для забезпечення комфорту пасажирів під час холодної погоди або замерзання.

Важливо зауважити, що в режимі "HI" система може працювати з високою потужністю, що може призводити до швидшого споживання енергії або палива. Режим "HI" рекомендується використовувати тільки в періоди, коли потрібне інтенсивне обігрівання, а не для тривалого використання, щоб забезпечити оптимальну ефективність системи А / С.

Режим розморожування вітрового скла та заднього скла автомобіля активується для швидкого видалення замерзання або запотіння з цих скляних

поверхонь. Це допомагає поліпшити видимість водія під час поганої погоди і забезпечує безпеку на дорозі.

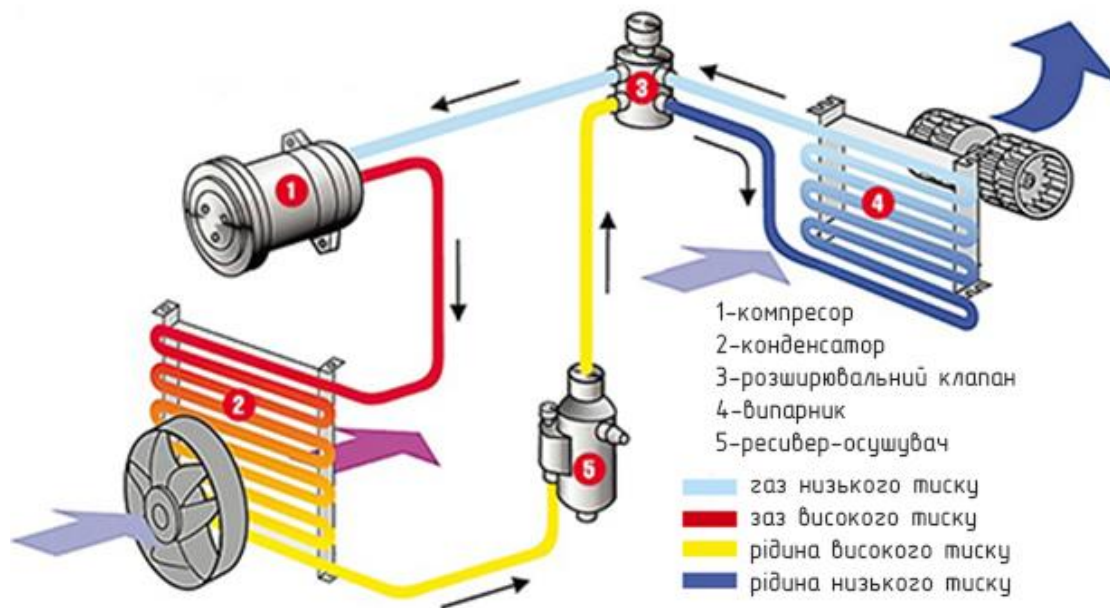


Рис. 1.6. Елементи системи кондиціонування.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Процесів протікання холодоагенту

Процес протікання холодоагенту в системі кондиціонування повітря (А / С) автомобіля може мати кілька причин і наслідків. Давайте розглянемо цей процес детальніше.

Причини протікання холодоагенту:

Пошкоджені або зношені ущільнювальні прокладки: У системі А / С є різні прокладки, які запобігають витоку холодоагенту. Якщо прокладки пошкоджені або зношені, вони можуть протікати і викликати витік холодоагенту.

Пошкоджені трубки або роз'єми: Іноді трубки, що переносять холодоагент, можуть пошкодитися або мати пошкоджені роз'єми, через які відбувається витік.

Пошкоджені компоненти системи: Інші компоненти системи А / С, такі як компресор, конденсатор або паровий випарник, також можуть бути пошкоджені, що призводить до протікання холодоагенту.

Наслідки протікання холодоагенту:

Зменшення ефективності системи: Протікання холодоагенту може призводити до зниження рівня охолодження, оскільки зменшується кількість холодоагенту, який доходить до кондиціонера.

Витрата холодоагенту: Протікання може призводити до поступової втрати холодоагенту, що вимагатиме поповнення системи для забезпечення її нормальної роботи.

Пошкодження компонентів: Холодоагент, що протікає, може пошкодити інші компоненти системи, такі як електричні з'єднання або дротові гарнітури.

У разі виявлення протікання холодоагенту в системі А / С рекомендується звернутися до кваліфікованого сервісного центру для його діагностики та ремонту. Вони зможуть виявити місце протікання, виправити пошкодження і забезпечити належне функціонування системи А / С автомобіля.

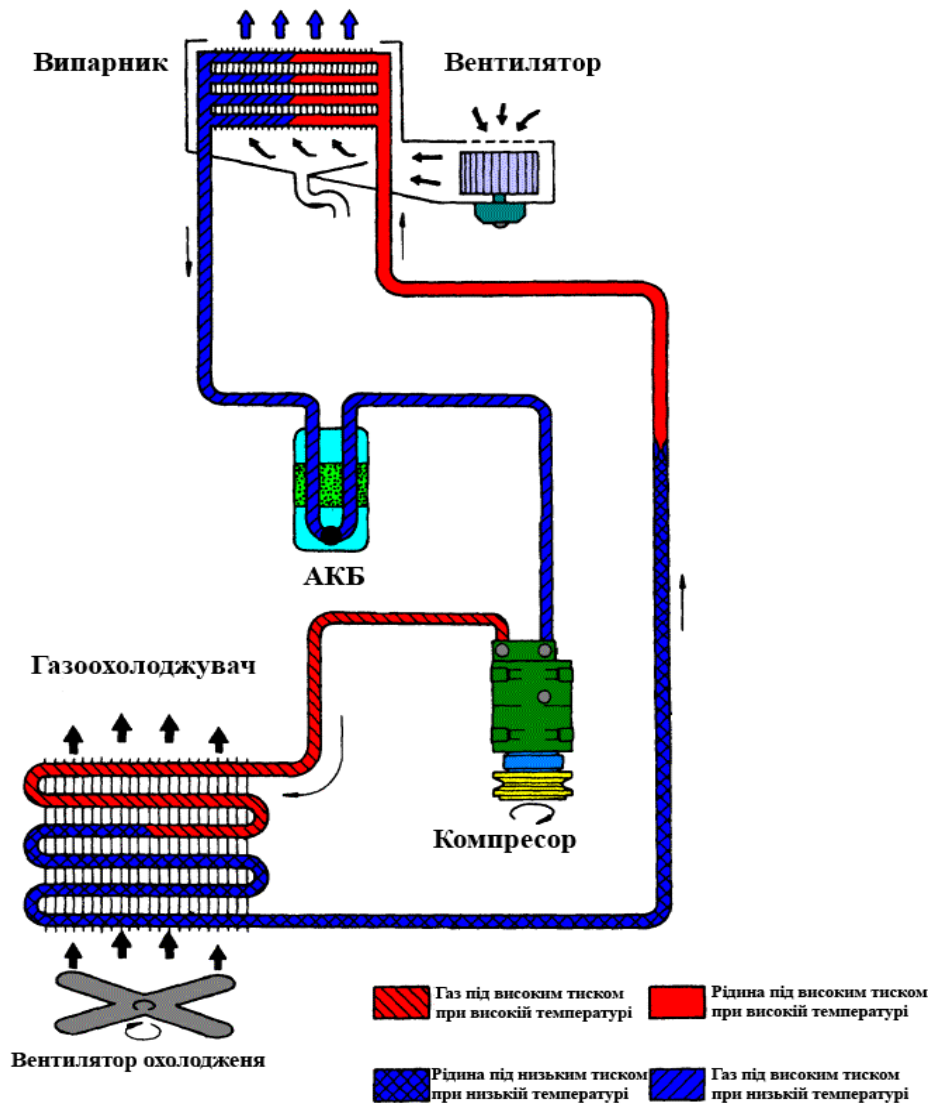


Рис. 2.3. Цикл охолодження.

## 2.2 Технологічний процес діагностування системи кондиціонування

Технологічний процес діагностики системи кондиціонування автомобіля AUDI може включати наступні кроки:

**Перевірка електричного живлення:** Перш ніж розпочати діагностику, переконайтесь, що автомобіль має стабільне електричне живлення. Перевірте акумулятор та підключення до системи кондиціонування.

**Візуальна перевірка:** Огляньте зовнішній вигляд системи кондиціонування. Переконайтесь, що всі компоненти, такі як компресор, конденсатор, паровий випарник і трубки, не мають видимих пошкоджень або витоків.

Перевірка рівня холодоагенту: Застосуйте спеціальне обладнання для перевірки рівня холодоагенту в системі. Недостатній рівень може вказувати на витік або інші проблеми.

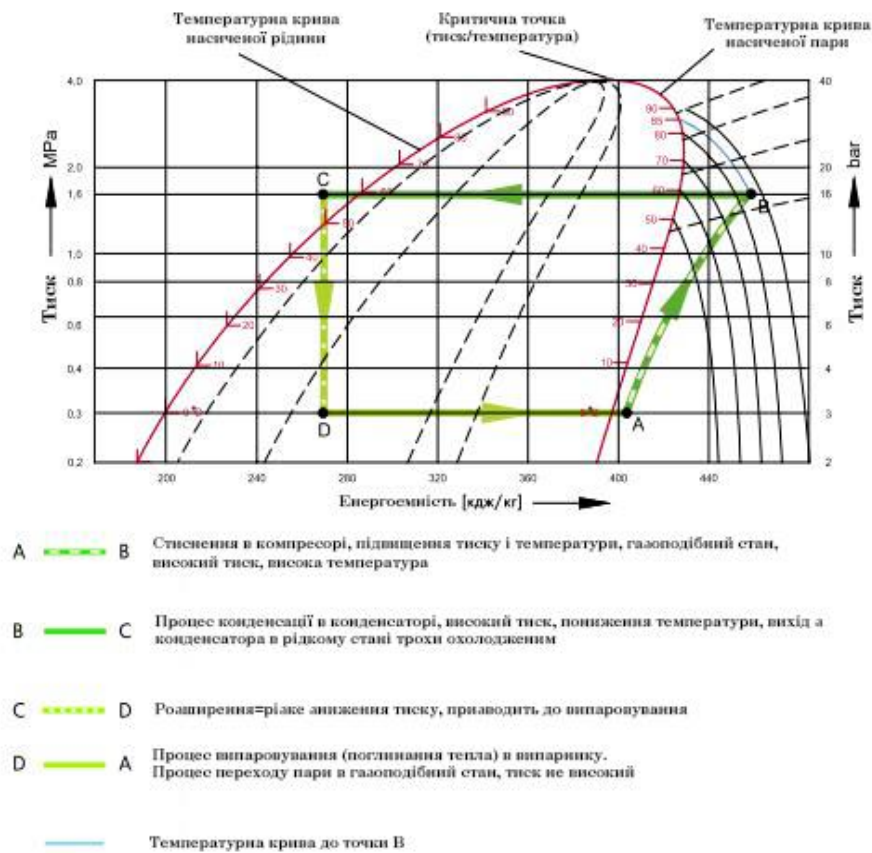


Рис. 2.4. Температурні режими

Перевірка тиску: Виміряйте тиск холодоагенту в системі, який повинен відповідати рекомендаціям виробника. Високий або низький тиск може вказувати на проблеми з компресором або іншими компонентами.

Перевірка електричних з'єднань: Перевірте електричні з'єднання системи кондиціонування, включаючи датчики, реле та інші компоненти. Переконайтеся, що всі з'єднання щільні і не мають окислення або корозії.

Використання діагностичного обладнання: Використовуйте спеціальне діагностичне обладнання, яке дозволяє зчитувати коди помилок системи кондиціонування. Це допоможе виявити можливі несправності або проблеми зі сенсорами і електронними компонентами.

Перевірка роботи компресора: Переконайтеся, що компресор працює належним чином, створюючи необхідний тиск для циркуляції холодоагенту.

Тестування системи: Проведіть тестовий цикл роботи системи кондиціонування, переконайтеся, що вона охолоджує повітря належним чином і вентилятори працюють ефективно.

Виявлення проблем: Якщо виявлено будь-які несправності або проблеми, додатково проведіть розширену діагностику, щоб встановити причину та необхідні ремонтні дії.

Це загальний опис технологічного процесу діагностики системи кондиціонування автомобіля AUDI. Варто відзначити, що кожен виробник автомобілів може мати свої специфічні методи і процедури діагностики, тому рекомендується використовувати офіційну документацію та рекомендації виробника для точної діагностики і обслуговування системи кондиціонування вашого автомобіля AUDI.

### **2.3 Технологічний процес ремонту системи кондиціонування**

Технологічний процес ремонту системи кондиціонування автомобіля включає наступні кроки:

Діагностика проблеми: Перед початком ремонту слід провести діагностику системи кондиціонування, щоб встановити причину несправності. Використовуйте діагностичне обладнання та зчитайте коди помилок, перевірте тиск, рівень холодоагенту та роботу компонентів системи.

Зняття холодоагенту: Якщо ремонт вимагає розбирання системи кондиціонування, спочатку необхідно викачати холодоагент з системи. Це може вимагати спеціального обладнання та навичок.

Заміна пошкоджених компонентів: Виявивши несправні або пошкоджені компоненти, їх слід замінити. Це може включати компресор, конденсатор, паровий випарник, фільтри, клапани та інші елементи системи.

Відновлення системи: Після заміни пошкоджених компонентів систему слід відновити. Це може включати заправку системи холодоагентом, здійснення вакуумної прокачки для видалення повітря та інших забруднень, а також налагодження правильного рівня тиску та температури.



Перевірка роботи: Після ремонту систему кондиціонування слід протестувати, щоб переконатися, що вона працює належним чином. Перевірте охолодження повітря, функцію вентиляторів, наявність витоків та інші параметри роботи.

Заправка холодоагентом: Якщо система потребує заправки холодоагентом, вона повинна бути проведена відповідно до вимог виробника автомобіля та рекомендацій щодо типу і кількості холодоагенту.

Тестова їзда: Після завершення ремонту рекомендується здійснити тестову їзду, щоб переконатися, що система кондиціонування працює ефективно під час руху автомобіля.

Важливо виконувати ремонт системи кондиціонування згідно з рекомендаціями виробника автомобіля та з використанням відповідного обладнання та інструментів. У разі складних проблем або незнання процедур ремонту краще звернутися до кваліфікованого фахівця або авторизованого сервісного центру.

## **2.4 Запобіжні заходи при обслуговуванні системи кондиціонування повітря**

Система кондиціонування заправляється холодоагентом «Фреон R12», деталі системи знаходяться під робочим тиском понад 300 атм. Джерелом підвищеної небезпеки при обслуговуванні системи непідготовленим технічним персоналом і при використанні обладнання, не призначеного для цієї мети, є високий тиск і хімічний вплив холодоагенту.

Рекомендується використовувати спеціальне обладнання, та призначене для утилізації та переробки, при розгерметизації системи кондиціонування. Це робиться з метою захисту навколишнього середовища. Відповідні зображення (рисунки 2.5 - 2.7) надаються для ілюстрації цього обладнання.

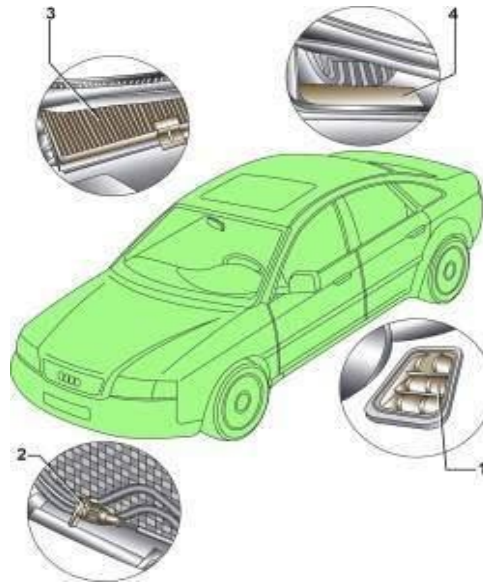


Рис. 2.5. Елементи опалення

1 - канали видалення повітря з салону автомобіля; 2 - датчик температури повітря (встановлюється тільки на автомобілі з дизельними двигунами); 3 - відкидна стулка рециркуляції повітря; 4 - фільтр пилку

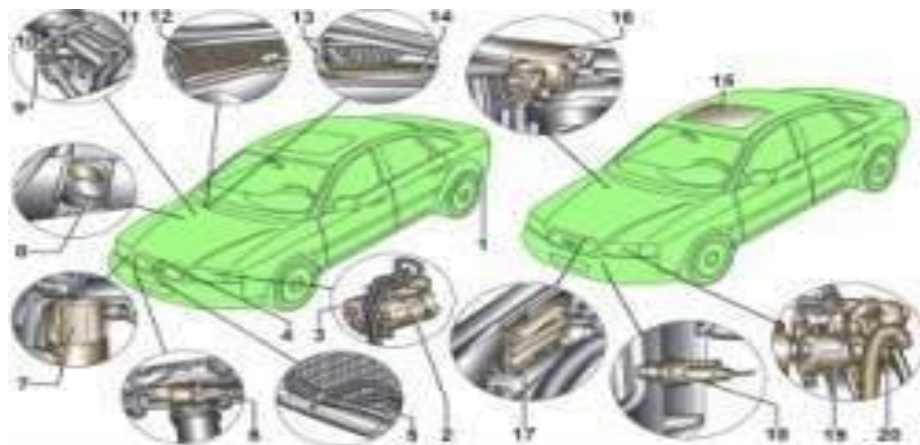


Рис. 2.6.- Елементів системи опалення та кондиціонування

1 - канали видалення повітря з салону автомобіля; 2 - компресор кондиціонера; 3 - магнітна муфта компресора кондиціонера N25; 4 - конденсатор; 5 - датчик температури повітря G17; 6 - датчик тиску в системі кондиціонування F129; 7 - резервуар; 8 - клапан зливу конденсату; 9 - обмежувач тиску; 10 - патрубок для вимірювання, слива і заповнення холодоагенту системи кондиціонування; 11 - патрубок для вимірювання і зливу хладагента системи кондиціонування; 12 - фільтр пилку; 13 - повітряна відкидна стулка; 14 - відкидна стулка рециркуляції повітря; 15 - люк з сонячними осередками; 16 - датчик якості повітря G238; 17 - блок управління вентилятором радіатора J293; 18 - датчик тиску G65; 19 - компресор кондиціонера; 20 - регулюючий клапан N280

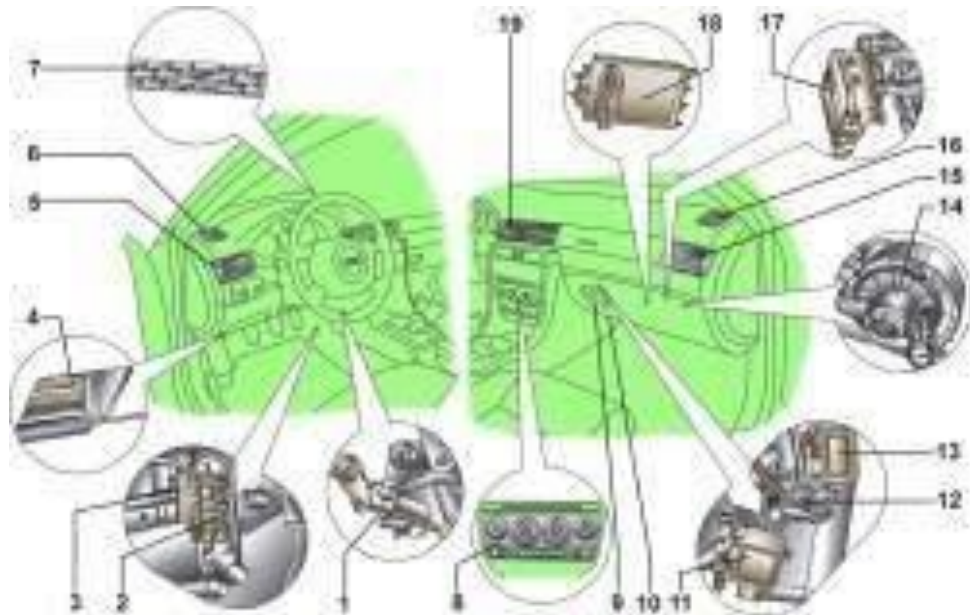


Рис. 2.7. Елементів системи опалення в салоні автомобіля:

1 - трос управління лівої відкидний стулкою; 2 - додатковий обігрівач (тільки на автомобілях з дизельними двигунами); 3 - радіатор опалення; 4 - діагностичний роз'єм; 5 - ліва вентиляційні решітки; 6 - ліве сопло розморожування; 7 - сопла розморожування вітрового скла; 8 - блок управління обігрівачем thermotronic J214; 9 - обігрівач; 10 - сопла подачі повітря в ноги; 11 - двигун управління центральної відкидний стулкою V70; 12 - трос управління правій відкидний стулкою; 13 - двигун управління відкидний стулкою розморожування V107; 14 - вентилятор обігрівача V2; 15 - права вентиляційні решітки; 16 - праві сопла розморожування; 17 - двигун управління відкидний стулкою рециркуляції повітря V154; 18 - резистор N24 вентилятора обігрівача;

## 2.5 Розрахунок необхідної кількості робітників для виконання робіт на дільниці

Для розрахунку кількості виробничих робітників на дільниці ТО та ремонту кузову автомобілів, беремо до уваги всі види ТО та ПР, які включають діагностичні, розбирально-складальні, електротехнічні, ремонт та регулювання гальм, повне ТО, а також акумуляторні роботи. Таким чином, спискову та явочну кількість розраховуємо лише для працівників, що мають вищезазначені спеціальності.

Ми враховуємо, що роботи, такі як діагностичні, розбирально-складальні, електротехнічні, ремонт та регулювання гальм, повне ТО, а також акумуляторні роботи в рамках ТО та ПР ЕСКД, можуть становити від 0% до 100% від загальної трудомісткості кожного виду робіт, як вказано в таблиці 2.1. Наше завдання полягає у заповненні таблиці 2.1 з цими значеннями.

Таблиця 2.1. Трудомісткість робіт по діагностичному посту

Вид робіт	Загальна трудомісткість, люд-год.	Відсоток виконання робіт по дільниці, %	Трудомісткість робіт по дільниці, люд-год.
Діагностичні	1784,88	100	1784,88
Розбирально-складальні	1784,88	25	446,22
Електротехнічні	1784,88	80	1427,904
Ремонт і регулювання гальм	1338,66	100	1338,66
ТО в повному обсязі	6693,3	100	6693,3
Акумуляторні	892,44	10	89,244
<b>Всього</b>			<b>11780,21</b>

Ми проводимо розрахунки чисельності персоналу за аналогією з вищезазначеними обчисленнями.

Отримані результати будуть внесені в таблицю 2.2. Припускаємо, що на діагностичному посту працює 1 основний робітник.

Кількість допоміжних робітників буде такою:

$$P_{дон} = 0,1 \cdot P_{осн} = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ чол.}$$

Згідно встановлених норм, кількість інженерно-технічних робітників буде такою:

$$P_{инн} = 0,09 \cdot (P_{осн} + P_{дон}) = 0,09 \cdot (1 + 1) = 0,18 \text{ чол.}$$

Отже, для виконання допоміжних робіт ми додатково приймаємо ще одного робітника. Загальна кількість працівників на діагностичному посту становитиме 3 особи.

Таблиця 2.2. Розрахунок кількості виробничих робітників на діагностичному посту

Вид робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Кількість днів відпустки	Річний фонд часу, год.		Кількість робітників	
			$\Phi_n$	$\Phi_d$	$P_y$	$P_{ш}$
Діагностичні	1784,88	18	2002	1738	0,89	1,03
Розбирально- складальні	446,22	18	2002	1738	0,22	0,26
Електротехнічні	1427,904	18	2002	1738	0,71	0,82
Ремонт і регулювання гальм	1338,66	18	2002	1738	0,67	0,77
ТО в повному обсязі	6693,3	18	2002	1738	3,34	3,85
Акумуляторні	89,244	18	2002	1738	0,04	0,05
<b>Всього</b>	<b>11780,21</b>					

## 2.6 Розрахунок та підбір технологічного обладнання

У загальному випадку, кількість одиниць обладнання може бути визначена за допомогою такої формули:

$$P_{об} = \frac{T_o}{\Phi_{од} \cdot \eta_3}, \quad (2.1)$$

$$\eta_3 = 0,85 \dots 0,95$$

Трудомісткість діагностичного посту становить 1790,96 людино-годин.  
Тоді:

$$P_{об} = \frac{1784,88}{1942 \cdot 0,95} = 0,97.$$

Приймається одна одиниця основного обладнання. Перелік розрахованого та прийнятого обладнання буде скомпільований в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Відомість обладнання діагностичного поста

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість	Тип, марка	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м <sup>2</sup>	Потужність споживачів, кВт
1	Універсальний контрольно-випробувальний стенд	1	Э 242	1000×800	0,8	16
2	Прилад для перевірки та регулювання фар	1	ОП-49	660×750	0,495	0,5
3	Система відсмоктування відпрацьованих газів	1	ГЗ-20	350×400	0,14	0,5
4	Шафа для інструменту	1	-	1900×1100	2,09	-
5	Комплект виробів для очистки і перевірки свічок підігріву	1	З-203	215×180	-	0,1
6	Комплект ключів	1	И-153	335×160	-	-
7	Верстак слюсарний металевий	1	ВС-1	1300×740	1,924	-
8	Газоаналізатор	1	ГИМА-47	910×600	0,546	2,6
9	Мотортестер	1		900×700	0,63	5,0
10	Вентилятор	1	ВГ-393	1300×630	0,819	0,1
11	Гальмівний стенд	1	СТС-2	1100×3650	4,015	15
12	Верстат для перевірки приладів	1	СПЗ-8, ГАРО	645×630	0,4	0,3

	системи запалювання автомобілів					
13	Прилад для перевірки щиткових контрольно- вимірювальних приладів і датчиків автомобілів	1	М531, ГАРО	325×275	-	0,3
14	Ларь для відходів	1	2317-П	500×500	0,25	-
15	Умивальник	1	-	500×400	0,2	-
16	Місце під автомобіль	1	-	6000×2000	12	-
17	Сервер	1	Fujitsu	770×445	0,343	0,8
18	ПК встановлений на стіл	1		750×640	0,48	0,5
19	Модем	1	HN7000	292×280	0,082	0,25
20	Маршрутизатор	1	HN7700	292×280	0,082	0,25
	<b>ВСЬОГО</b>				25,296	42,2

## 2.7 Розрахунок площ виробничих приміщень

При визначенні виробничої площі електротехнічної дільниці для легкових автомобілів, необхідно керуватися такими принципами: виробничі приміщення повинні бути компактними, мати достатню площу і забезпечувати як природне, так і штучне освітлення, щоб забезпечити нормальні умови праці та високу продуктивність.

Площу дільниці розраховуємо відповідно до наступної формули:

$$F_{dil} = \sum f_{об} \cdot \kappa_n, \quad (2.2)$$

$\kappa_n=1,0...5,0$ .

$$F_{\text{дйл}} = \sum f_{\text{об}} \cdot \kappa_n = 25,296 \cdot 2,0 = 50,592 \text{ м}^2.$$

Ми вважаємо, що площа ділянки становить  $S_{\text{д}} = 50 \text{ м}^2$ , розмірами  $5 \times 10 \text{ м}^2$ .

Різниця між обчисленою площею та фактично прийнятою становить:

$$\Delta = \frac{50,592 - 50}{50,592} \cdot 100 = 1,17 \text{ \%}.$$

Величина різниці між обчисленою та фактично прийнятою площею відповідає встановленим нормам відхилень, де допустиме відхилення повинно бути в межах плюс-мінус 5,0%.

## 2.8 Розрахунок економічної ефективності проекту

Оцінка ефективності капітальних вкладень проводиться з використанням наступної формули:

$$E = \frac{\Pi}{K}$$

$$A = \frac{2386032}{1,1 * 10845600} = 0,2$$

Строк окупності визначається таким чином:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{1}{E}$$

$$O_{\text{і.}} = \frac{1}{0,2} = 5 \text{ років}$$

Загальна рентабельність вимірюється наступним чином:

$$R_{\text{заг.}} = \frac{\Pi}{\Phi_{\text{осн.}} + \Phi_{\text{об.н.}}} \cdot 100\%$$

Вартість нормованих оборотних фондів приймається на рівні 5% від вартості основних фондів.

$$R_{\text{заг.}} = \frac{2386032}{10845600 \cdot 1,05} \cdot 100\% = 20,95\%$$

Фондовіддача основних фондів визначається таким чином:

$$\Phi_{\text{в}} = \frac{Д}{\Phi_{\text{осн.}}}$$



$$\hat{O}_A = \frac{8696346}{10845600} = 0.95$$

Фондоозброєність праці визначається наступним чином:

$$\Phi_o = \frac{D}{N_{АТП}}$$

$$\Phi_o = \frac{8696346}{246} = 35351 \text{ грн. /чол.}$$

Продуктивність праці водіїв оцінюється за наступною формулою:

$$ПП_B = \frac{P}{N_B}$$

$$ПП_B = \frac{48560440}{165} = 294306 \text{ пл.км/вод}$$

Продуктивність праці працівників, що працюють на автотранспортному підприємстві (АТП), оцінюється за такою формулою:

$$ПП_{амп} = \frac{D}{N_{АТП}}$$

$$ПП_{АТП} = \frac{8696346}{246} = 35351 \text{ грн. /чол.}$$

Таблиця 2.5. Техніко-економічні показники роботи АТП

Назва показника	Одиниця виміру	Значення показника	
Об'єм перевезень		378102	
Транспортна робота	пл. км	48560440	
Собівартість одиниці транспортної роботи	коп. /10 пл. км	1119,3	
Доходи	Грн.	8696346	
Витрати	Грн.	6348531	
Прибуток	Грн.	861620	
Вартість основних фондів	Грн.	10845600	
Продуктивність праці	Водіїв	Пл.км/чол.	294306
	Працюючих	Грн. /чол.	35351
Загальна рентабельність	%	21	
Рентабельність перевезень	%	40	
Фондовіддача	Грн. /грн.	0,95	
Ефективність капітальних вкладень	-	0,2	
Термін окупності капітальних вкладень	роки	5	

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Призначення пристосування, що розробляється

Стенд, який розробляється, має на меті проведення перевірки та ремонту радіаторів. Він складається з кронштейна, на якому радіатор закріплюється за допомогою гвинтів. Випускний патрубок радіатора закривається дерев'яною пробкою, а до заливної горловини підводиться шланг із стислим повітрям. За допомогою пневматичного циліндра радіатор опускається у ванну з водою.

Після відмічання місць, де виходить повітря, радіатор піднімається з ванни, а потім здійснюється запаювання місць, де виявлені пробки повітря, та проводиться подальша перевірка.

#### 3.2 Визначення необхідної сили на штоку пневмоциліндра

Для підняття та опускання радіатора необхідно застосовувати силу, яка перевищує вагу радіатора. Для уніфікації пристосування, ми прийmemo максимальну силу, яку потрібно застосувати для утримання радіатора, рівною 200 Н. Ми визначимо необхідну силу на штоку, згідно зі схемою, яка зображена на рисунку 3.1.

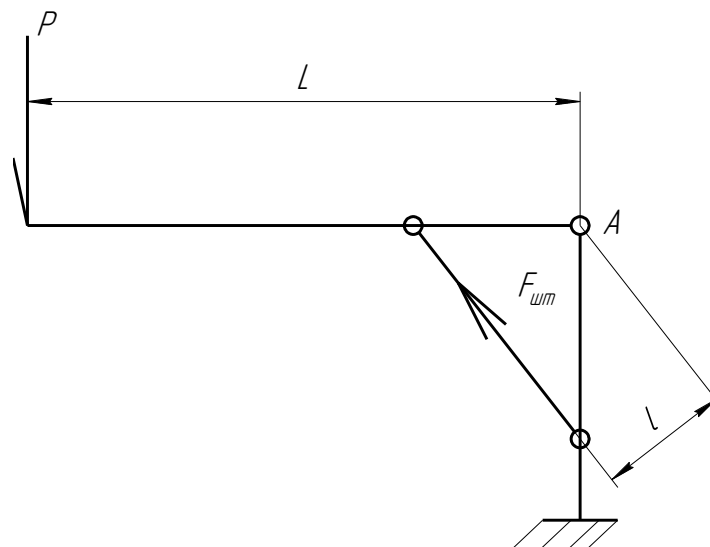


Рис. 3.1. Визначення зусилля на штоку.

Знайдемо  $F_{шт}$  із умови

$$\begin{aligned}\Sigma M_A &= 0; \\ F_{ум} \cdot l - P \cdot L &= 0;\end{aligned}\tag{3.1}$$

$$\begin{aligned}L &= 2 \text{ м}; \\ l &= 0,5 \text{ м}.\end{aligned}$$

$$F_{ум} = P \cdot L / l = 200 \cdot 2 / 0,5 = 800 \text{ Н}.$$

### 3.3 Вибір пневмоциліндра

Для досягнення необхідного зусилля на штоку, розрахуємо діаметр поршня пневмоциліндра. Зусилля, яке генерується пневмоциліндром на штоку, буде розраховане.

$$F_{ум} = S \cdot r,\tag{3.2}$$

$$r = 2 \text{ МПа};$$

Для обчислення площі поршня застосовується наступна формула:

$$S = p \cdot d_{mp}^2 / 4,\tag{3.3}$$

$$F_{ум} = p \cdot d_{mp}^2 / 4 \cdot r,\tag{3.4}$$

Звідси:

$$d_{mp}^2 = 4 \cdot F_{ум} / (p \cdot r).\tag{3.5}$$

Якщо зусилля на штоку дорівнює  $F_{шт} = 800 \text{ Н}$ , то

$$d_{mp}^2 = 4 \cdot 800 / (3,14 \cdot 2 \cdot 10^6) = 0,51 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$d_{mp} = 22,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Ми обираємо пневмоциліндр з діаметром поршня, рівним 50 мм.

### 3.4 Розрахунок пальця пневмоциліндра на зріз

Здійснимо розрахунок кріплення пальця для пневмоциліндра.

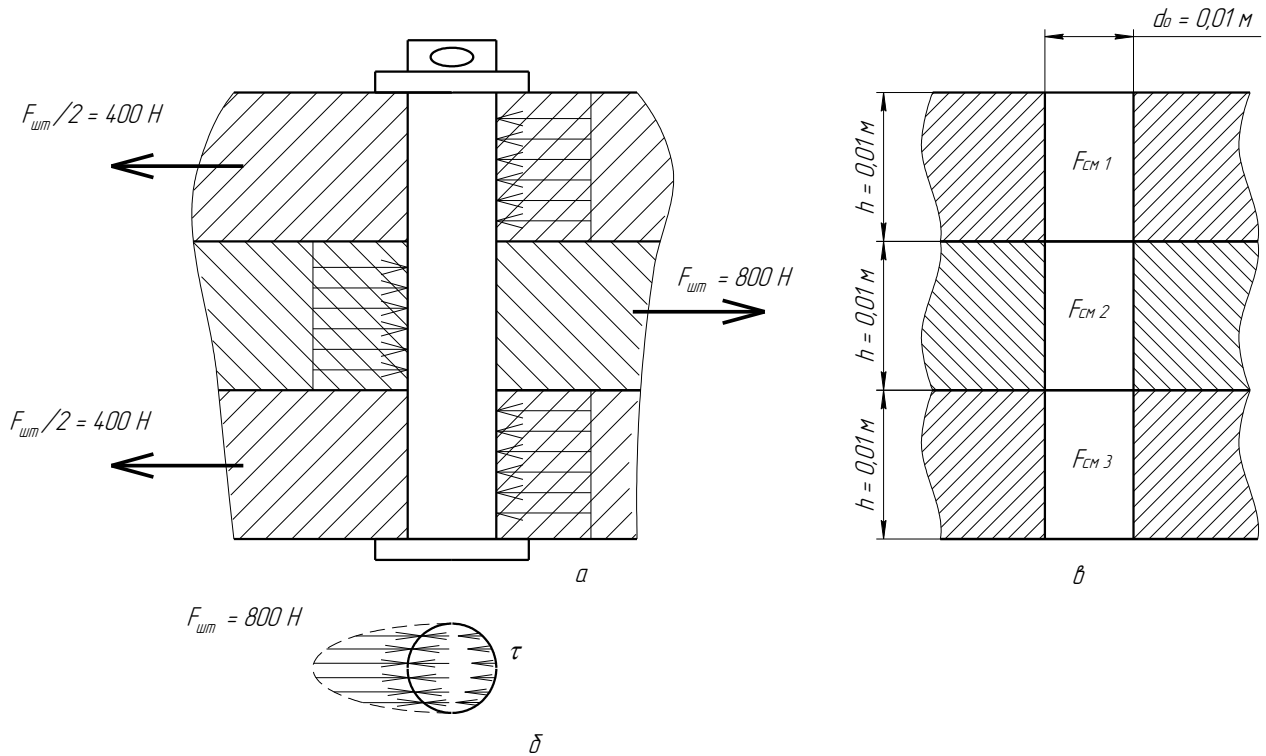


Рис. 3.2. До розрахунку пальця пневмоцилиндра на зріз:

*a* – прикладання сили зсуву; *б* – схема навантаження на зріз; *в* – схема площі зім'яття.

Виконуємо розрахунок діаметра пальця на зріз (згідно рисунка 3.2) з урахуванням міцності.

$$F_{шм} / F_{ср} \leq [\tau_{ср}]. \quad (3.6)$$

Розраховуємо площу зрізу пальця.

$$F_{ср} = \pi \cdot d^2 / 4. \quad (3.7)$$

Визначаємо допустиму напругу на зріз для матеріалу пальця  $[\sigma] = 280 \text{ МПа}$ ,

$$[\tau_{ср}] = 0,6 \cdot 280 = 168 \text{ МПа}.$$

Підставимо формулу 3.7 у формулу 3.6 для отримання нового виразу.

$$F_{шм} / (\pi \cdot d^2 / 4) \leq [\tau_{ср}], \quad (3.8)$$

Звідки:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{шм}}{\pi \cdot [\tau_{ср}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 800}{3,14 \cdot 168 \cdot 10^6}} = 0,002 \text{ м}.$$

Приймаємо  $d = 10 \text{ мм}$ .

### 3.5 Розрахунок пальця на зім'яття

Для розрахунку пальця на зім'яття використовується наступна умова:

$$F_{шт} / F_{см} \leq [\sigma_{см}], \quad (3.9)$$

У даному випадку, ми визначимо мінімальну площу зім'яття (позначено на рисунку 3.2-в) як:

$$F_{см} = d_0 \cdot h, \quad (3.10)$$

$$d_0 = 0,01 \text{ м};$$

$$h = 0,01 \text{ м};$$

$$F_{см} = 0,01 \cdot 0,01 = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Допустиме напруження на зім'яття для матеріалу пальця визначається наступним чином:

$$[\sigma_{см}] = 160 \text{ МПа.}$$

Значення, які ми отримали, підставляємо у формулу (3.9).

$$800 / 0,1 \cdot 10^{-3} \leq 160 \cdot 10^6,$$

$$8 \cdot 10^6 \leq 160 \cdot 10^6$$

Умова міцності виконується, тому палець здатний витримати всю прикладену навантаження.

### 3.6 Розрахунок кронштейна на згин

Проведемо розрахунок кронштейна на згин (рисунок 3.3).

Визначимо напруження, що виникає внаслідок згину:

$$\Sigma_{\sigma_{зг}} = \frac{M}{W}. \quad (3.11)$$

В критичному перетині момент буде:

$$M_{\sigma_{зг}} = P \cdot (L - l) = 200 \cdot (2 - 0,5) = 300 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент опору кронштейна щодо нейтральної осі (для круглого перетину) визначається за наступною формулою:

$$W_z = \pi \cdot d^3 / 32 = 0,1 \cdot d^3; \quad (3.12)$$

$$W_z = 0,1 \cdot 0,04^3 = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Виконаємо розрахунок напруження, що виникає внаслідок згину.

$$\sigma_{взг} = M_{изг} / W = 300 / (6,4 \cdot 10^{-6}) = 46,9 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:  $11 [\sigma_{взг}] \geq \sigma_{изг}$ .

Для сталі Ст3, яка використовується в стрілі, встановлено допустиме напруження від згину.

$$[\sigma_{взг}] = 160 \text{ МПа}$$

Умова міцності задовольняється, оскільки дійсне напруження на згин менше допустимого.

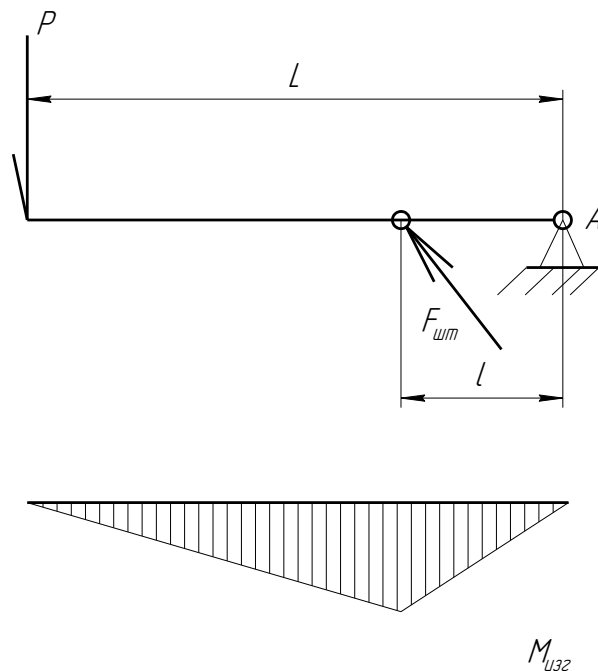


Рис. 3.3. Для розрахунку кронштейна на згин

### 3.7 Розрахунок на міцність зварювального з'єднання стійки

Для розрахунку візьмемо зварне з'єднання між основою кріплення стійки. Розмір катета шва  $h$  дорівнює  $0,004$  м. Довжина шва, який проходить по колу, буде обчислена за наступною формулою:

$$l = \pi \cdot d, \tag{3.13}$$

$$d = 0,2 \text{ м};$$

$$l = 3,14 \cdot 0,2 = 0,63 \text{ м}.$$

У даному випадку розрахунок проводиться за умовною методикою, де напруження згину і розтягування геометрично підсумовуються.

$$\tau' = \sqrt{\tau_m^2 + \tau_a^2}, \quad (3.14)$$

Якщо сила  $P$  дорівнює 200 Н, тоді напруження від розтягуючої сили в шві буде таким:

$$\tau_a = \frac{D}{2 \cdot l \cdot 0,7 \cdot h} = \frac{200}{2 \cdot 0,63 \cdot 0,7 \cdot 0,004} = 5,6 \text{ МПа.}$$

Якщо у нас є момент, то ми можемо визначити напруження, що виникає від цього моменту.

$$\tau_m = M / W_c, \quad (3.15)$$

Ми розглядаємо момент, який впливає на один зварний шов.

$$M = H \cdot P, \quad (3.16)$$

$$H = 1,6 \text{ м;}$$

$$M = 1,6 \cdot 200 = 320 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ми визначаємо момент опору зварного шва, використовуючи наступну формулу:

$$W_c = 2 \cdot 0,7 \cdot l^2 \cdot h / 6, \quad (3.17)$$

$$W_c = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,63^2 \cdot 0,004 / 6 = 37,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруження, що виникає від моменту, становитиме.

$$11 \tau_m = 320 / 37,04 \cdot 10^{-6} = 8,6 \text{ МПа.}$$

Загальне напруження, яке відбувається в зварному шві, складатиме.

$$\tau' = \sqrt{5,6^2 + 8,6^2} = 10,2 \text{ МПа.}$$

Можна зробити висновок, що всі зварні шви витримують необхідне навантаження, оскільки допустиме напруження в них становить 70 МПа.

### 3.8 Розрахунок зварного з'єднання кронштейна на міцність

Для проведення розрахунків візьмемо зварне з'єднання, що використовується для кріплення вилки кронштейна до важеля.

$$\text{Катет шва } h = 6 \text{ мм} = 0,006 \text{ м.};$$

Для з'єднання кріплення вилки кронштейна до важеля, розрахуємо довжину шва, який пролягає вздовж кола.

$$l = \pi \cdot d, \quad (3.18)$$

$$11d = 0,08 \text{ м.};$$

$$l = 3,14 \cdot 0,08 = 0,25 \text{ м.}$$

У даному випадку проводиться розрахунок за умовною методикою, де геометрично комбінуються напруження від згину і розтягування.

$$\tau' = \sqrt{\tau_m^2 + \tau_a^2}, \quad (3.19)$$

Залежно від прикладеної розтягуючої сили  $P = 200 \text{ Н.}$ , виникатиме відповідне напруження.

$$\tau_a = \frac{P}{2 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot h} = \frac{200}{2 \cdot 0,25 \cdot 0,7 \cdot 0,006} = 0,1 \text{ МПа.}$$

Момент, що діє, призводить до виникнення відповідного напруження.

$$\tau_m = M / W_c, \quad (3.20)$$

Момент згину, який досягає свого максимального значення.

$$M_{\text{виг.}} = P \cdot l, \quad (3.21)$$

$$l = 0,72 \text{ м.}$$

$$M_{\text{виг.}} = 200 \cdot 0,72 = 144 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Формула визначає момент опору зварного шва.

$$W_c = 2 \cdot 0,7 \cdot l^2 \cdot h / 6, \quad (3.22)$$

$$W_c = 2 \cdot 0,7 \cdot 0,25^2 \cdot 0,006 / 6 = 87,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Момент викликає напруження в зварному шві.

$$\tau_m = 144 / 87,5 \cdot 10^{-6} = 1,6 \text{ МПа.}$$

Сумарне напруження в зварному шві.

$$\tau' = \sqrt{0,1^2 + 1,6^2} = 1,6 \text{ МПа.}$$

Максимально допустиме напруження в зварному шві.

$$[\tau'] = 0,6 \cdot \frac{\delta_T}{S}, \quad (3.23)$$

$$11 [\tau'] = 0,6 \cdot \frac{120}{3} = 24 \text{ МПа.}$$



Зважаючи на те, що допустиме напруження в зварному шві становить 24 МПа, ми можемо зробити висновок, що всі шви здатні витримати необхідне навантаження.

### 3.9 Розрахунок гвинтів кріплення радіаторів

Давайте визначимо силу  $R$ , яку потрібно прикласти для завинчування гвинта в стрижень (різьба М12) до досягнення напруження, що дорівнює межі текучості.

Давайте переформулюємо це: Визначимо важіль, на якому прикладається сила.

$$L = 15 \cdot d; \quad (3.24)$$

$$L = 15 \cdot 0,012 = 0,18 \text{ м.}$$

Визначимо осьову силу  $F$ , при якій напруження в болтовому стрижні досягає межі текучості.

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot \delta_T}{4}, \quad (3.25)$$

$$d_1 = 0,016 \text{ м.};$$

$$\delta_T = 100 \text{ МПа}$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,016^2 \cdot 100 \cdot 10^6}{4} = 20,1 \text{ кН.}$$

Визначимо максимально допустимий момент, який можна застосувати при затягуванні.

$$M \approx 0,15 \cdot F \cdot d_0; \quad (3.26)$$

$$M = 0,15 \cdot 20,1 \cdot 10^3 \cdot 0,018 = 54,27 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Визначимо максимальну силу  $R$ , яку можна прикласти до гвинта з дотриманням допустимих значень.

$$R = M / L; \quad (3.27)$$

$$R = 54,27 / 0,18 = 301,5 \text{ Н.}$$

### 3.10 Розрахунок різьбового з'єднання на зріз

Проведемо розрахунок міцності різьбового з'єднання між кабіною і поворотною рамою з урахуванням умов на зріз.

$$Q / F_{cp} \leq [\tau_{cp}], \quad (3.28)$$

Площа перерізу різьби.

$$F_{cp} = \pi \cdot d \cdot l / 2, \quad (3.29)$$

$$l = 0,1 \text{ м.};$$

$$d = 0,018 \text{ м.};$$

$$F_{cp} = 3,14 \cdot 0,018 \cdot 0,1 / 2 = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Осьова сила досягає.

$$Q = 20,1 \text{ кН.}$$

Допустиме напруження на зріз:

$$[\tau_{cp}] = 0,2 \cdot [\sigma];$$

$$[\tau_{cp}] = 0,2 \cdot 200 = 40 \text{ МПа.} \quad (3.30)$$

Умова міцності:

$$Q / F_{cp} = 20,1 \cdot 10^3 / 2,8 \cdot 10^{-3} = 7,2 \text{ МПа} < [\tau_{cp}] = 40 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок

Пожежна безпека підприємств забезпечується шляхом проведення організаційно-технічних та інших заходів з попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних збитків, зменшення негативних екологічних наслідків, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж, а також евакуації з зони виникнення та можливого розповсюдження пожежі людей, документів і матеріальних цінностей.

Особовий склад всіх караулів пожежних частин і підрозділів, які прибувають для гасіння пожежі, не рідше одного разу на рік повинен проходити спеціальний інструктаж з особливостей експлуатації енергетичних установок та техніки безпеки при пожежах.

Інструктаж проводиться інженерно-технічним персоналом об'єкта за узгодженою програмою.

Енергетичні об'єкти виготовляють в необхідній кількості пристосування для заземлення пожежних стволів, піногенераторів і насосів пожежних машин з гнучкого мідного голого проводу перерізом не менше 25 мм<sup>2</sup>, які забезпечуються спеціальними струбцинами для з'єднання з заземленими конструкціями (гідрантами водогінної мережі, металевими опорами повітряних ліній електропередач, обсадними трубами артезіанських свердловин тощо).

Місця приєднання до заземлених конструкцій визначаються спеціалістами енергетичних об'єктів спільно з представниками гарнізону пожежної охорони, позначаються знаком заземлення та вносяться до графічної частини плану пожежогасіння.

Для забезпечення безпеки персоналу та пожежників, які беруть участь у гасінні пожежі електроустановок під напругою, застосовуються індивідуальні ізолюючі електрозахисні засоби (діелектричні рукавиці, боти).

Кількість заземлень та індивідуальних ізолюючих захисних засобів і місця їх зберігання визначаються керівниками енергетичних об'єктів з

розрахунку подачі вогнегасних засобів на електроустановки, які знаходяться під напругою.

Випробування електрозахисних засобів виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку.

Забороняється використання заземлюючих пристосувань і електрозахисних засобів для інших цілей, крім випадків пожеж або проведення спільних з пожежними підрозділами ДПО тренувань (навчань) на об'єкті.

При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті особа, яка першою виявила займання, зобов'язана негайно повідомити начальника зміни електростанції (диспетчера або чергового підстанції, підприємства електромереж), старшого зміни та приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння, дотримуючись при цьому правил техніки безпеки.

Начальник зміни електростанції (диспетчер підстанції або підприємства електромережі) під час гасіння пожежі повинен забезпечити посилення охорони території об'єкта і не допускати до місця пожежі сторонніх осіб.

Старший у зміні особисто або за допомогою чергового персоналу зобов'язаний визначити місце осередку пожежі, можливі шляхи її поширення, загрозу діючому електрообладнанню, яке опинилося в зоні пожежі, можливість виникнення нових осередків горіння на іншому електрообладнанні, а також до прибуття пожежних підрозділів виконати такі роботи:

— особисто або з допомогою чергового персоналу перевірити ввімкнення автоматичної установки пожежогасіння (при її наявності), а у випадку відмови задіяти її в ручному режимі;

— вжити заходів із створення безпечних умов для персоналу і пожежних підрозділів для ліквідації пожежі;

— провести можливі операції на технологічних установках (вимкнення або перемикання на обладнанні, витіснення водню з генератора, зняття напруги з електроустановок, зливання мастила з мастилобаків турбогенераторів тощо);

— приступити до гасіння пожежі силами та засобами енергетичного об'єкта;

— виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає місця заземлення технічних засобів і розташування під'їзних шляхів та вододжерел;

— при необхідності вжити заходів для охолодження водою металевих ферм, колон будівлі за допомогою пожежних кранів або стаціонарно встановлених лафетних пожежних стволів з урахуванням дотримання заходів техніки безпеки;

— проінформувати керівника гасіння пожежі (КГП) про безпечні маршрути руху пожежних на бойові позиції.

Вимкнення або перемикання приєднань в зоні пожежі може проводитись за карткою пожежогасіння начальником зміни станції (диспетчером або черговим підстанції, підприємства електромережі) або за його розпорядженням черговим персоналом, з наступним повідомленням вищого оперативного керівництва (диспетчера енергосистеми) після закінчення операції вимкнення.

Старший начальник ДПО, який прибув на місце пожежі, зобов'язаний негайно зв'язатися зі старшим зміни енергетичного об'єкта, отримати від нього дані про обставини пожежі і письмовий допуск на проведення гасіння.

Зі старшого начальника енергетичного об'єкта або ДПО, які не взяли на себе керівництво гасінням пожежі, не знімається відповідальність за організацію гасіння пожежі. Пожежні підрозділи розпочинають гасіння пожежі на електроустановках після інструктажу старшим з присутніх технічних працівників або ОВБ.

Під час гасіння пожежі робота пожежних підрозділів (розміщення сил і засобів пожежогасіння, зміна позицій, перехід від одних засобів пожежогасіння до інших тощо) проводиться з урахуванням вказівок старшої особи з присутніх інженерно-технічних працівників енергетичного об'єкта або ОВБ.

В свою чергу, старший з присутніх інженерно-технічних працівників або ОВБ погоджує з КГП свою роботу і розпорядження, а також інформує під час гасіння пожежі про зміни в стані роботи електроустановок та іншого обладнання.

Займання в електроустановках під напругою ліквідуються персоналом енергетичного об'єкта за допомогою ручних і пересувних вогнегасників.

Гасіння пожежі ручними засобами в дуже задимлених приміщеннях енергетичних об'єктів (з видимістю до 10 метрів), з проникненням в них без зняття напруги з електроустановок і кабельних ліній не допускається.

Під час гасіння пожежі компактними та розпиленими струменями без зняття напруги з електроустановок ствол повинен бути заземлений, а ствольник має працювати в діелектричних ботах, діелектричних рукавицях і знаходитись на відстані від вогнища пожежі не меншій ніж 4–10 м залежно від рівня напруги.

Гасіння пожежі в приміщеннях з електроустановками під напругою всіма видами піни, а також водою зі змочувачами за допомогою ручних засобів забороняється.

Особовому складу пожежних підрозділів категорично забороняється проводити будь-які переключення та інші операції з електротехнічним обладнанням на електростанції та підстанції.

Заходити до розподільчих улаштування та інших приміщень електротехнічних улаштувань з метою гасіння пожежі особовий склад пожежних підрозділів має право лише після одержання допуску та інструктажу персоналу, який обслуговує цей пристрій.

Основою безпечного гасіння пожежі електроустановок під напругою є суворе дотримання організаційно-технічних заходів, а також усвідомлена дисципліна пожежників, які зобов'язані суворо виконувати всі заходи із забезпечення безпеки гасіння.

Гасіння пожежі електроустановки під напругою КГП має право розпочати тільки після одержання відповідного письмового допуску та інструктажу персоналом, який обслуговує цю установку.

Гасіння пожежі електроустановок під напругою здійснюється за виконання таких обов'язкових умов:

— не допускається наближення пожежних до струмопровідних частин електроустановок на відстань менше 4 метрів;

— маршрути руху пожежних на бойові позиції КГП повинен погоджувати з черговим персоналом енергооб'єкта і конкретно вказувати кожному пожежнику під час інструктажу;

- пожежні і водії пожежних автомобілів, які забезпечують подачу вогнегасних речовин, повинні працювати в діелектричних рукавицях і взутті;
- подавання вогнегасних речовин необхідно проводити після заземлення ручних пожежних стволів і пожежних автомобілів;
- перестановку сил і засобів, зміну бойових позицій тощо КГП повинен виконувати після узгодження зі старшою посадовою особою з присутнього інженерно-технічного персоналу енергетичного об'єкта.

#### **4.2 Правила техніки безпеки при експлуатації абразивних кругів**

Робота з абразивними інструментами представляє підвищену небезпеку унаслідок високих швидкостей різання, можливості розриву круга, утворення абразивного пилу і наявності аерозолів СОЖ. Оператор, що працює на шліфувальних і заточних верстатах абразивними інструментами, повинен добре знати і дотримувати правила техніки безпеки, передбачена *ГОСТ 12.3.028—82*. Недотримання вимог Госту може привести до нещасних випадків.

Перед початком роботи кожен круг до установки на верстат має бути перевірений на відсутність тріщин, вибоїн і інших дефектів. Круг без тріщин, підвішений на дерев'яний або металевий стрижень, при легкому простукуванні по торцю дерев'яним молоточком повинен видавати чистий звук. Круг із звуком, що деренчить, бракується. Перед установкою на шліфувальний або заточний верстат круг має бути випробуваний на міцність на спеціальних верстатах з швидкістю в 1,3— 1,5 разу більше робочої швидкості протягом 3—5 мін залежності від діаметру круга.

Після закріплення у фланцях круг необхідно балансувати. По *ГОСТ 3060—75* статичне балансування виробляється на спеціальних верстатах, простих по своїй конструкції. Вони мають два паралельних сталевих, загартованих, чисто і точно прошліфованих валика, посередині яких встановлюється круг на облямовуванні. У фланцях є важки балансувань, які переміщуються в кільці пазу в потрібне положення до тих пір, поки круг з облямовуванням рівноважно не стоятиме на валиках стійко в будь-якому положенні.

Зазор між периферією круга і передньою кромкою запобіжного козирка або кожуха має бути не більше 6 мм. Форму і товщину стінок захисних кожухів для шліфувальних кругів залежно від їх розміру і робочої швидкості приймають по *ГОСТ 12.3.028—82*.

На робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Грязь, пил, масло мають бути прибрані і на підлогу покладений дерев'яний настил. Необхідно надіти запобіжні окуляри; халат повинен мати вузькі манжети і бути застібнутий. Перед початком роботи перевірити справність верстата і місцевого освітлення.

При правці кругів дотримуються ті ж правила безпеки, що і при шліфуванні і заточуванні. Правлячий інструмент має бути жорстко закріплений на верстаті. Ручні правлячі інструменти повинні мати майданчики для опори їх на подручники і упор, що оберігає від виривання інструменту з рук під час правки. Правлячий інструмент слід підводити до поверхні круга дуже обережно, плавно.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В ході даного дослідження був розроблений технологічний процес технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi. Результати аналізу параметрів зовнішнього повітря та повітрообміну дозволили встановити оптимальні значення для забезпечення комфортного клімату в салоні автомобіля.

Цей технологічний процес включає необхідні кроки для ремонту, обслуговування та налагодження системи кондиціонування автомобіля Audi. Він базується на визначенні величини повітрообміну та налаштуванні температури та вологості повітря в салоні, щоб забезпечити комфортні умови для пасажирів.

Було розроблено процес технічного обслуговування та ремонту системи кондиціонування. Здійснено аналіз параметрів зовнішнього повітря та повітрообміну за допомогою аналітичних залежностей. Виявлено, що абсолютна максимальна температура становить  $38^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість  $\varphi = 54\%$ . З метою забезпечення комфорту, в кабіні встановлюється температура  $24^{\circ}\text{C}$  та відносна вологість  $60\%$ .

Були проведені розрахунки, що включають техніко-економічну оцінку проектних рішень.

Отже, розроблений технологічний процес технічного обслуговування системи кондиціонування автомобіля Audi є ефективним і рекомендується для впровадження в практику обслуговування автомобілів цієї марки.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

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. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
3. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
4. Конспект лекцій (частина І) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
5. Конспект лекцій (частина ІІ) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

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

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

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

20. Кисликов В.Ф. Луцик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. – К.: Либідь, 2016. – 400 с. 5. Ю.А.

21. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.

22. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згорання: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.

23. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

24. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.