

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
В.о. завідувача кафедри  
Олександр ЮРЧЕНКО

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження параметрів електротехнологічного обладнання для  
обслуговування автокондиціонерів в умовах ФОП Малина О.О. м.  
Верхньодніпровська Верхньодніпровського району Дніпропетровської  
області»

Виконав

\_\_\_\_\_

(підпис)

Денис ШИШКІН  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Група:

ЕТЕС 2401-1 М

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ганна БАРСУКОВА  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Олена ДОВЖИК  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
енергетики та електротехнічних систем

**Андрій ЧЕПЖНИЙ**

«5» вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
Дениса ШИШКІНА  
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Дослідження параметрів електротехнологічного обладнання для обслуговування автокондиціонерів в умовах ФОП Малина О.О. м. Верхньодніпровська Верхньодніпровського району Дніпропетровської області
2. Керівник кваліфікаційної роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент
3. Строк подання здобувачем роботи: «14» листопада 2025 року.
4. Вихідні дані до роботи: паспортні дані обладнання автосервісу, правила улаштування електроустановок, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти, характеристики електроенергетичного устаткування, методичні рекомендації до виконання проекту (роботи).
5. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Розділ 1. Аналіз стану питання; Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження; Розділ 3. Дослідження параметрів системи; Розділ 4. Охорона праці; Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування; Висновки; Список використаних джерел
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ганна БАРСУКОВА

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

Денис ШИШКІН

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «5» вересня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір інформації про діяльність господарства	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз стану питання»	до 30.08.2025р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження»	до 19.09.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Дослідження параметрів системи»	до 03.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці»	до 08.10.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування»	до 20.10.2025 р.	
10.	Написання висновків та пропозицій	до 25.10.2025 р.	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
12.	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
13.	Подання до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ганна БАРСУКОВА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач

\_\_\_\_\_

(підпис)

Денис ШИШКІН

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається зі вступу 5 розділів, висновків та списку використаних джерел.

*Метою* роботи є аналіз та обґрунтування послідовної технології обслуговування автомобільного кондиціонера з використанням електротехнологічного пристрою – заправної станції для автокондиціонерів, а також забезпечення безпеки праці при виконанні цих робіт.

*Завдання дослідження:*

- проаналізувати принцип роботи, види та існуючі технології обслуговування автомобільних кондиціонерів;
- визначити основні несправності автомобільних кондиціонерів та методи їх діагностики;
- обґрунтувати параметри роботи електротехнологічного пристрою для обслуговування автокондиціонерів, включаючи електричні схеми керування вакуумним насосом;
- провести техніко-економічне обґрунтування ефективності ремонту кондиціонерів порівняно із заміною;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях при роботі з електрообладнанням та холодоагентами R134a та R1234yf, а також вимоги до утилізації.

У роботі розглянуто спектр робіт з обслуговування, ремонту, діагностики та заправки автомобільних кондиціонерів, а також особливості роботи підприємства ФОП Малина О.О.

*Ключові слова:* автокондиціонери, технічне обслуговування, ремонт автокондиціонерів, діагностика систем кондиціонування, профілактика несправностей, безпека праці, екологічна утилізація, холодоагент R134a, холодоагент R1234yf.

## ABSTRACT

The qualification work consists of an introduction, 5 sections, conclusions and a list of sources used.

The *purpose* of the work is to analyze and substantiate the consistent technology of servicing a car air conditioner using an electrotechnological device - a filling station for car air conditioners, as well as ensuring occupational safety when performing these works.

*Research objectives:*

- analyze the principle of operation, types and existing technologies for servicing car air conditioners;
- identify the main malfunctions of car air conditioners and methods for their diagnosis;
- substantiate the operating parameters of an electrotechnological device for servicing car air conditioners, including electrical circuits for controlling a vacuum pump;
- conduct a feasibility study of the effectiveness of air conditioner repair compared to replacement;
- develop occupational health and safety measures in emergency situations when working with electrical equipment and refrigerants R134a and R1234yf, as well as requirements for disposal.

The work considers the range of work on maintenance, repair, diagnostics and refueling of car air conditioners, as well as the features of the work of the FOP Malina O.O.

*Key words:* car air conditioners, maintenance, repair of car air conditioners, diagnostics of air conditioning systems, prevention of malfunctions, occupational safety, ecological disposal, refrigerant R134a, refrigerant R1234yf.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ .....	8
1.1. Принцип роботи автомобільного кондиціонера .....	8
1.2. Види автомобільних кондиціонерів .....	10
1.3. Огляд технологій обслуговування автокондиціонерів .....	12
1.4. Аналіз підприємства ФОП Малина О.О. ....	13
1.5. Висновки до 1-го розділу .....	14
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	15
2.1. Основні несправності автомобільних кондиціонерів .....	15
2.2. Технологія обслуговування автокондиціонерів .....	19
2.3. Методи діагностики автокондиціонерів .....	22
2.4. Висновки до 2-го розділу .....	25
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ .....	26
3.1. Загальні положення .....	26
3.2. Причини проведення технічного обслуговування автокондиціонерів .....	28
3.3. Обґрунтування параметрів роботи електротехнологічного пристрою обслуговування автокондиціонерів .....	35
3.4. Схема електрична принципова керування вакуумним насосом .....	41
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	45
4.1. Організація робочого місця та вимоги до приміщення .....	45
4.2. Електробезпека при роботі з однофазним приводом 220 В .....	46
4.3. Безпечна робота з хладагентами (R134a та R1234yf) .....	47
4.4. Засоби індивідуального захисту та їх застосування .....	48
4.5. Вентиляція приміщення та контроль концентрацій .....	49
4.6. Пожежна безпека та поводження з балонами хладагенту .....	50
4.7. Екологічні вимоги та утилізація хладагенту .....	51
4.8. Дії у разі аварійних ситуацій .....	51
4.9. Висновки до 4-го розділу .....	52
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	54
ВИСНОВКИ .....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	58

## ВСТУП

Зі збільшенням попиту на користування автомобілями пропорційно збільшується потреба в ремонті їх вузлів та агрегатів. Враховуючи те, що на сьогодні більшість автомобілів мають системи з кондиціонування, – це питання також є досить актуальним.

В даній роботі пропонується розглянути актуальне питання дослідження технології обслуговування автомобільних кондиціонерів. Лише окремі організації, на сьогодні, займаються даними питаннями. Тому, актуальність роботи є виправданою та підкреслює її важливість.

Об'єктом даного дослідження є спектр робіт з обслуговування, ремонту, діагностики та заправки автомобільних кондиціонерів.

Предметом даного дослідження є заправна станція для обслуговування автомобільних компресорів та набір параметрів і функцій в єдиній технології з їх обслуговування.

Тому, перед дослідженням ставляться такі задачі:

- проаналізувати необхідність виконання ремонту або обслуговування автомобільних кондиціонерів;
- визначити основні причини виходу зі строю автомобільних кондиціонерів;
- проаналізувати технологію обслуговування автокондиціонерів;
- розглянути структуру стенду для обслуговування автокондиціонерів;
- розглянути основні параметри, які підлягають контролю.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

### 1.1. Принцип роботи автомобільного кондиціонера

Робота автокондиціонера побудована на охолодженні повітря в салоні або кабіні транспортного засобу. Система кондиціонування (рис. 1.1) встановлюється для здійснення контролю температури, циркуляції та очистки повітря [1]. Основний принцип функціонування системи пов'язаний зі здатністю рідин поглинати тепло при випаровуванні та виділяти його до навколишнього середовища при конденсації. Хладагент циркулює в замкнутій системі кондиціонера, здійснюючи безперервний цикл фазових переходів, що забезпечує ефективне охолодження повітря [2].



Рисунок 1.1 – Система кондиціонування з розширювальним клапаном

Система кондиціонування складається з декількох ключових компонентів, кожен з яких виконує специфічну роль у загальному процесі. Компресор розділяє контури низького та високого тиску, його основне призначення полягає в підтриманні необхідного тиску в системі [3]. Більшість компресорів запускаються при спрацьовуванні електромагнітної муфти за рахунок обертового моменту від шкива колінвала, однак трапляються й саморегулюючі компресори зі змінним робочим об'ємом, у яких обертаються диски змінюваного кута нахилу, що дозволяє автоматично регулювати продуктивність.

*Конденсатор* функціонує як теплообмінник та встановлюється перед радіатором охолодження двигуна. При русі транспортного засобу конденсатор першим приймає весь потік повітря на себе. Через конденсатор проходить хладагент у газоподібному стані, де він трансформується на рідину. Конденсатор може мати серпантинну або багатопотокову конструкцію, залежно від типу системи та енергетичних вимог.

*Вентилятор* прискорює продув повітря крізь конденсатор і приводиться в рух за допомогою електромотора. Його продуктивність напряму впливає на ефективність охолодження системи, особливо при низьких швидкостях руху автомобіля або при паркуванні з увімкненою системою [4].

*Випарник* являє собою пристрій, складений з тонких трубок, та функціонує як теплообмінний апарат. У випарнику відбувається процес фазового переходу рідкого хладагенту в парообразне та газоподібне стани. Саме в цьому компоненті система поглинає тепло з повітря салону, створюючи охолоджуючий ефект.

*Розширювальний клапан* відповідає за процес регулювання потоку хладагенту через систему. Цей клапан може бути електронним або механічним. Механічний клапан представляє собою прецизійну діафрагму, яка реагує на тиск у контурі низького тиску. При підвищенні температури в саліні температура випарника також зростає, діафрагма клапана стискається, активізується хід поршня, посилюється швидкість перекачування хладагенту. У випадку електронного

клапана керуючі сигнали надходять від електронного блока управління, коли клапан повністю закритий [5].

*Ресивер-осушувач* являє собою пристрій для збирання та видалення вологи, акумуляції хладагенту, адсорбції кислот та очистки його від сторонніх включень. Цей компонент захищає систему від можливих ускладнень, пов'язаних з потраплянням вологи в замкнену систему, включаючи ризик утворення льодяних пробок. Відсутність осушувача також може стати причиною утворення лугів та кислот усередині системи [6]. Залежно від типу кондиціонера, ресивер може встановлюватися на зовнішній стороні кондиціонера за допомогою кріплень або бути змонтованим безпосередньо на конденсаторі [7].

*Датчик контролю температури* дозволяє підтримувати різні режими роботи системи. Наприклад, режим розморожування забезпечує автоматичну активацію функції розморожування зовнішнього блока при покритті його критичним шаром льоду, команда від датчика надходить, коли такі умови виявлені.

Автомобільний кондиціонер поглинає тепло випарником, охолоджуючи салон потоком охолодженого повітря, та виділяє це тепло в навколишнє середовище на місці розташування конденсатора. Хоча нюанси можуть різнитися залежно від устрою та компонування деталей різних моделей кондиціонерів, для більшості систем процес відбувається за єдиним принципом циркуляції хладагенту, що забезпечує надійну та ефективну роботу системи охолодження [8].

## *1.2 Види автомобільних кондиціонерів*

Автомобільні системи кондиціонування можна класифікувати за різними ознаками.

Основна класифікація розділяє системи на *штатні* та *автономні*.

- Штатні системи кондиціонування є невід'ємною частиною конструкції автомобіля та працюють у тісній взаємодії з двигуном та трансмісією транспортного засобу. Ці системи розроблені спеціально для конкретної моделі

автомобіля і забезпечують оптимальне охолодження при мінімальних енергетичних витратах [9].

- Автономні системи кондиціонування встановлюються як додатковий елемент на вже готові транспортні засоби. Такі системи можуть бути рухомими або постійно змонтованими й містять власні джерела енергії для функціонування. Портативні міні-автокондиціонери (рис. 1.2) все частіше встановлюються на транспортні засоби, особливо на комерційних машинах, де штатна система може бути недостатньою або технічно складною для встановлення [10].



Рисунок 1.2 – Портативний міні-автокондиціонер

### *1.3 Огляд технологій обслуговування автокондиціонерів*

Сучасні технології обслуговування автокондиціонерів охоплюють широкий спектр операцій, спрямованих на забезпечення надійної роботи системи. Існуючі методи діагностики дозволяють виявляти проблеми на ранніх стадіях та запобігати серйозним поломкам [11].

*Діагностика може здійснюватися за допомогою:*

- вимірювання тиску в системі;
- перевірки герметичності;
- аналізу витоків хладагенту;
- оцінки функціональності основних компонентів.

Технології заправки та ремонту постійно розвиваються, адаптуючись до нових типів хладагентів та конструкцій систем кондиціонування [12].

*Сучасне обладнання для обслуговування автокондиціонерів включає:*

- вакуумні насоси різної продуктивності;
- манометричні колектори для контролю тиску;
- електронні ваги для точного дозування хладагенту;
- інжектори для введення мастила та барвників;
- детектори витоків.

Це обладнання дозволяє проводити комплексне обслуговування та ремонт систем кондиціонування з високою точністю та ефективністю.

#### *1.4 Аналіз підприємства ФОП Малина О.О.*

ФОП Малина О.О. (рис. 1.3), розташована в м. Верхньодніпровська Верхньодніпровського району Дніпропетровської області, являє собою невелике приватне підприємство, яке займається обслуговуванням та ремонтом автомобільних систем кондиціонування [13]. Структура підприємства побудована для раціонального виконання усіх етапів обслуговування кондиціонерів, від первинної діагностики до комплексного ремонту та заправки систем.



Рисунок 1.3 – Фото майданчика діагностики ФОП Малина О.О.

Організація робіт на підприємстві передбачає наявність спеціалізованого робочого місця, обладнаного необхідними приладами та інструментами для проведення діагностики та обслуговування автокондиціонерів. Розмістити таке обладнання та організувати робочий процес досить складно при обмежених фінансових ресурсах, однак підприємство намагається створити оптимальні умови для якісного надання послуг [14].

Існуюча система обслуговування автокондиціонерів на підприємстві включає проведення первинної діагностики, пошук витоків хладагенту, очистку компонентів системи, заправку новим фреоном та перевірку роботоздатності. Однак, для підвищення якості послуг та розширення спектру пропонованих робіт, виникає необхідність удосконалення існуючого обладнання та впровадження нових технологій обслуговування [15].

Дане дослідження спрямоване на аналіз параметрів електротехнологічного обладнання та розробку рекомендацій щодо оптимізації процесу обслуговування автокондиціонерів на даному підприємстві [16].

### *1.5. Висновки до 1-го розділу*

Система автомобільного кондиціонера функціонує на основі фізичних принципів термодинаміки, забезпечуючи ефективний цикл охолодження через циркуляцію хладагенту в замкненій системі. Розуміння конструкції та функціонування кожного компонента (компресор, конденсатор, випарник, розширювальний клапан, ресивер-осушувач) є критично важливим для діагностики та ремонту. Класифікація систем на штатні та автономні відображає різноманітність потреб ринку та можливостей впровадження. Сучасні технології обслуговування охоплюють широкий спектр операцій: діагностику, вакуумування, заправку, дезінфекцію та перевірку герметичності з використанням високотехнологічного обладнання.

ФОП Малина О.О. визначена як приватне підприємство, яке виконує обслуговування та ремонт кондиціонерів, проте потребує модернізації матеріально-технічної бази. Актуальність дослідження обґрунтована зростаючим попитом на якісне обслуговування систем кондиціонування при дефіциті організацій, які займаються комплексним сервісом. Проведений аналіз служить теоретичною основою для подальшого вивчення методів діагностики та дослідження параметрів електротехнологічного обладнання.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### *2.1. Основні несправності автомобільних кондиціонерів*

Розуміння основних несправностей автомобільних кондиціонерів є критично важливим для ефективної діагностики та ремонту систем кондиціонування. Несправності в системі кондиціонування можуть виникати з різних причин і проявляються через набір характерних ознак, які дозволяють технікам визначити характер проблеми та вибрати оптимальний метод її усунення [17].

#### *А) Зниження тиску в системі та витіки хладагенту*

Однією з найпоширеніших проблем у системах автокондиціонування є зниження тиску, яке здебільшого спричинено витіками холодоагенту (фреону) або розгерметизацією системи.

*Витіки можуть виникати через:*

- тріщини в трубках;
- зношення ущільнювачів;
- корозію з'єднань;
- неправильне встановлення компонентів.

Першу із зазначених причин можна пояснити як ту, що найчастіше відбувається через витіки холодоагенту чи розгерметизацію системи. Інші ж можливі причини можуть включати в себе засмічення компонентів, таких як фільтр-осушувач або капілярна трубка, або несправності у системі керування, включаючи датчик тиску, компресор або вентилятор [18].

Витіки фреону з системи є найбільш поширеною проблемою в автокондиціонерах. Такий процес відбувається через порушення герметичності з'єднань, унаслідок чого газ повільно проникає та розсіюється у навколишнє

середовище. Основними причинами дифузії речовини в системі автокондиціонування є витік холодоагенту, забруднення повітря та неправильне встановлення чи ремонт. Важливо розуміти, що деяка втрата хладагенту є нормальною, однак допустима концентрація не повинна перевищувати 100 грамів на рік. Якщо показник вищий, то необхідно проводити ремонт системи, який завжди починається з пошуку першопричини проблеми.

Інші можливі причини зниження тиску можуть включати засмічення компонентів або несправності у системі керування. Засмічення може виникнути через накопичення забруднень всередині фільтра-осушувача, капілярної трубки або розширювального клапана. Несправності в системі керування можуть бути пов'язані з датчиком тиску, що неправильно передає сигнали, або з проблемами в електронному блоці управління [19].

#### *Б) Забруднення випарника та конденсатора*

Забруднення внутрішніх компонентів системи є ще однією серйозною проблемою. Збір водяного конденсату на поверхні випарника призводить до накопичення пилу та інших забруднень, що уповільнює процес охолодження робочої рідини. На поверхні випарника можуть осідати частинки пилу, що також впливає на ефективність теплообміну. Коли забруднення досягає критичного рівня, система автоматично відключається для запобігання подальшим пошкодженням .

Конденсатор також схильний до забруднення, особливо на дорогах з інтенсивним рухом, де велика кількість пилу та грязі потрапляє на його поверхню. Забруднення конденсатора зменшує його здатність ефективно розсіювати тепло, що призводить до підвищення тиску в системі та скорочення періоду охолодження [20].

#### *В) Потрапляння повітря до системи*

*Потрапляння повітря до системи* є крайньою небезпекою для кліматичної техніки. Допустима концентрація повітря, згідно з рекомендаціями виробників

обладнання, становить 2 %. Якщо кількість повітря у системі збільшується, це призводить до замерзання розширювального клапана, тому що одночасно збільшується і концентрація вологи в хладагенті. Холодопродуктивність системи при цьому стрімко падає [21].

Потрапляння повітря до системи часто пов'язане з втратою герметичності системи, і проникнення повітря в більшості випадків спостерігається паралельно з витоком хладагенту. Однак іноді проблема є результатом неграмотного сервісного обслуговування, коли заправка кондиціонера здійснюється без попередньої евакуації повітря перед заправкою нового хладагенту, тобто без вакуумування системи.

#### *Г) Несправність компресора*

Компресор є серцем системи кондиціонування, і його несправність може привести до повної відмови системи.

*Основними ознаками несправності компресора є:*

- зниження або повна відсутність охолодження;
- поява сторонніх шумів (скрегіт, гул, стукіт) у моменти роботи;
- витoki мастила або холодоагенту;
- часті включення та вимкнення системи у циклічні процеси.

*Серед основних причин, що призводять до несправності компресора, є [22]:*

- недостатня кількість або надлишок холодоагенту;
- забруднення системи;
- витoki мастила;
- несвоєчасна заміна деталей;
- зношування чи пошкодження муфти;

- висока вологість.

Недостатня кількість фреону викликає перегрів компресора через недостатність охолодження та мастила. Накопичення бруду і металевих частинок може призводити до заклинювання внутрішніх механізмів. Нестача мастила прискорює зношування підшипників та поршнів, що зрештою призводить до поломок. Несвоєчасна заміна ущільнювальних елементів, таких як кільця, сальники та прокладки, може призводити до серйозних поломок [23]. Зношеність муфти може викликати появу шумів та проблем з вмиканням компресора. Вологе середовище може викликати корозію деталей та призводити до замерзання окремих елементів, блокуючи усю систему.

#### *Д) Розгерметизація шлангів та трубок*

Система кондиціонування є замкненого типу, але іноді на магістральних шлангах та трубах з'являються тріщини. Це призводить до розгерметизації системи, унаслідок чого можливі самі різні сбої та автоматичне відключення техніки. Для розв'язання проблеми важливо усунути тріщини. Для деяких приладів потрібні професійні майстри, однак якщо перед власниками знаходяться трубки з алюмінію, багато проблем вирішується самостійно за допомогою методу паяння [24].

#### *Е) Несправність режиму розморожування*

Режим розморожування або розморозки необхідний для видалення наледі з зовнішнього блока системи. У морозну пору року через скупчення конденсату на зовнішньому блоці утворюється наліт льоду. Функція розморожування призначена для видалення цієї наледі. Під час розморожування внутрішній блок припиняє процес охолодження або обігріву. Часто проблема виникає при різкому падінні температури або дуже сильних морозах. Як правило, проблема спостерігається у малопотужних автокондиціонерів, техніки, яка спочатку призначена суто на жаркий клімат.

Несправність може бути пов'язана з неправильною роботою внутрішнього модуля конденсатора, коли порушена подача тепла з нього, і тепло не надходить для розморожування [25].

## *2.2. Технологія обслуговування автокондиціонерів*

Сучасна технологія обслуговування автокондиціонерів являє собою набір послідовних операцій, що виконуються залежно від характеру проблеми та взаємно доповнюють одна одну. Кожна операція спрямована на забезпечення надійної роботи системи та збереження її функціональності на довгий період експлуатації [21].

*Діагностика системи* кондиціонування є першим і найважливішим кроком у процесі обслуговування. Виконання діагностики полягає в перевірці рівня холодоагенту (фреону) та тиску в системі. Під час проведення діагностики кваліфіковані працівники здійснюють пошук витоків середовища, яким заповнюються радіатор та компресор автокондиціонера, роблять відповідні замітки та висновки щодо роботоздатності системи та доцільності її ремонту чи повної заміни окремих структурних елементів [24].

Своєчасна і грамотно виконана діагностика дає можливість отримання точних відомостей про стан пристрою, запобігання його поломкам або виходу із ладу, а також спрогнозування подальших ситуацій, що можуть відбуватися в майбутньому. Виконання таких обстежень дозволяє оптимального регулювання роботи кліматичного обладнання та забезпечення його економічної та найбільш ефективної експлуатації [25].

Сучасний технічний регламент зобов'язує здійснення діагностики для автокондиціонерів у проміжки, що варіюють в періодах не рідше, ніж один раз на рік. Окремі компанії та заводи-виробники рекомендують виконувати цю операцію раз на півроку. У випадках, коли система клімат-контролю працює за інтенсивних

навантажень або у несприятливих умовах, доцільно проводити перевірки її технічного стану частіше. Огляд та діагностика системи клімат-контролю автомобіля може бути доцільною при виявленні ознак її некоректної роботи.

*Вакуумування системи* є критично важливою операцією, яка передує заправці хладагентом. Мета вакуумування полягає у видаленні пилу, вологи та повітря з системи кондиціонування. Процес вакуумування здійснюється за допомогою спеціального вакуумного насоса, який нагнітає систему, створюючи низький тиск всередині. Під час вакуумування вологість та забруднення видаляються з системи, що забезпечує чистоту та герметичність [19].

Витримка максимального вакууму для стандартних насосів становить зазвичай 2 Па для одноступеневих вакуумних насосів. Для легкових автомобілів процес вакуумування при продуктивності вакуумного насоса не менше 51 л/хвилину займає приблизно 15 хвилин. Це достатній період для вилучення більшості забруднень та вологи з системи.

*Заправка системи хладагентом* – це процес введення точної кількості холодоагенту (фреону) у систему кондиціонування. Якщо є нагальна потреба, то виконання цієї операції зводиться до проведення дозаправки чи повної заправки системи фреоном до потрібного рівня. Необхідна кількість фреону залежить від типу та розміру системи.

Об'єм мастила та хладагенту є достатньо індивідуальними для кожної марки машини і зазвичай вказується під капотом на сервісній табличці. Середні норми заправки автокондиціонерів приблизно такі: для малолітражних машин 350-500 г хладагенту; для техніки з одним випарником 550-700 г хладагенту; для техніки з двома випарниками 900-1200 г хладагенту.

Контроль маси хладагенту здійснюється за допомогою електронних ваг високої точності, які зазвичай мають похибку близько 2-5 г. Це забезпечує точну заправку системи без лишків або недоліків фреону [11].

Виконання функції *очищення* включає в себе чистку фільтрів, випарника, конденсатора та повітроводів. Забруднення цих компонентів знижує ефективність роботи системи і може привести до серйозних несправностей. Очищення фільтрів та випарника запобігає накопленню вологи та мікроорганізмів, які можуть викликати появу неприємних запахів та проблем з якістю повітря.

Проведення *дезінфекції внутрішніх компонентів* системи здійснюється для запобігання розмноженню бактерій та мікроорганізмів всередині системи і, як наслідок, появи їх на відкритих поверхнях автотранспортних засобів. Дезінфекція здійснюється антибактеріальною обробкою розчином на основі мила, спирту та хлору. Деякі власники автомобілів помилково вважають, що якщо проведена антибактеріальна очистка, то заміна салонного фільтра вже не потрібна [10]. Однак це неправильно. Для підтримки належного рівня чистоти та відсутності неприємного запаху важні обидві ці процедури. Вони не взаємозамінні, а доповнюють одна одну.

*Перевірка герметичності системи* є важливою операцією, що визначає, чи утримуватиме система хладагент довгий період часу. Якщо герметичність порушена, то система продовжуватиме втрачати холодоагент, що знизить її ефективність. Перевірка роботи компресора та інших важливих вузлів забезпечує оцінку стану компонентів та їх здатності функціонувати нормально [6].

Своєчасне сервісне обслуговування є ключовим аспектом підтримання працездатності автокондиціонера. Деякі автовласники ігнорують встановлення

кондиціонерів, думаючи, що сервісне обслуговування занадто дорого обходиться. Насправді, *дорогим* в більшості випадків є не сервісне обслуговування, а *усунення поломок*, які виникли внаслідок відсутності профілактичного обслуговування. Рекомендується включати кондиціонер хоча б раз на місяць на 15 хвилин, навіть якщо погода цього не вимагає, щоб прогнати мастило в системі. Це також чудова профілактика корозії трубок [13].

### *2.3. Методи діагностики автокондиціонерів*

Діагностика автокондиціонерів включає кілька методів, кожен з яких має власні переваги та застосовується залежно від характеру проблеми та доступного обладнання [17].

#### *А) Манометричний метод діагностики*

Манометричний метод діагностики є найбільш поширеним і надійним методом визначення стану системи кондиціонування. Діапазон робочого тиску в системі автокондиціонерів варіює з використанням двох манометрів, що розраховані на дві сторони тиску: сторона низького тиску та сторона високого тиску. На стороні низького тиску показники робочого тиску не повинні перевищувати нормально визначені заводом-виробником показники. Аналогічним чином, на стороні високого тиску показники робочого тиску в системі не повинні мати низький показник, що не є допустимим від заводу-виробника [18].

На основі представленої інформації щодо тиску, типовими несправностями, через які тиск на сторонах високого та низького тиску знаходиться поза робочими областями, є: система неправильно заправлена; неправильним є застосування присадок; внутрішні закупорки або погіршення циркуляції у компонентах системи; несправний вентилятор конденсора; несправність системи циркуляції повітря; несправний компресор; несправний конденсор.

### *Б) Метод УФ-барвників*

Метод УФ-барвників дозволяє візуально виявити місце витoku хладагенту. Спеціальний світлий барвник вводиться до системи кондиціонування, і за допомогою ультрафіолетової лампи або ліхтарика можна виявити місце витoku. Барвник світиться під впливом УФ-променів, що полегшує локалізацію проблеми. Цей метод простіший за використанням певних гарячих газових горілок, але менш точний, ніж електронний детектор витоків. Деякі автовласники намагаються використовувати газові горілки для виявлення витоків, однак така практика є крайньо небезпечною і спеціалісти категорично рекомендують не використовувати горілки для цієї мети [12].

### *В) Електронний детектор витоків*

Електронний детектор витоків є високочутливим приладом, який здатний виявити навіть найменші витoki фреону. Процедури проводяться в хорошо провітрюваному приміщенні без сквозняків. Перевірка може проводитися тільки за умови, що система заправлена фреоном. Робота вимагає акуратності. Від найвищої точки потрібно спускатися плавно і поступово. Електроніка видає сигнал у місці витoku. Прилад є надійним і дозволяє точно локалізувати проблему [19].

### *Г) Візуальний огляд*

Візуальний огляд є найпростішим методом діагностики, що дозволяє виявити механічні пошкодження, забруднення та корозію. Під час візуального огляду технік перевіряє систему на можливе механічне пошкодження, забруднення та корозію. Хоча цей метод не виявляє всіх проблем, він є важливим першим кроком у діагностичному процесі [22].

Лише окремі несправності, що пов'язані, наприклад, з виходом з ладу електронного блока, реле, можна виявити тільки на станції технічного обслуговування. Однак ряд операцій можна провести і у гаражі самостійно.

Самостійно легко організувати візуальний огляд і перевірити техніку на механічні пошкодження, забруднення та корозію. Однією з доступних самостійних операцій є також діагностика витоку, яку допомагає виявити електронний детектор витоків, що здатний виявити найменший витік фреону [21].

#### 2.4. Висновки до 2-го розділу

В розділі 2 виявлено основні категорії несправностей автокондиціонерів:

- зниження тиску через витоки хладагенту;
- забруднення компонентів;
- потрапляння повітря до системи системи;
- несправність компресора;
- розгерметизація шлангів.

Було акцентовано, що витоки холодоагенту є найпоширенішою проблемою, однак допустима річна втрата не повинна перевищувати 100 г.

Було відзначено, що технологія обслуговування включає такі послідовні операції: діагностика тиску в системі, вакуумування для видалення вологи та повітря (тривалість 15 хв. при продуктивності насоса  $\geq 51$  л/хв.), заправка хладагентом з контролем маси електронними вагами точності 2-5 г, очищення фільтрів та випарника, дезінфекція антибактеріальними розчинами та перевірка герметичності.

Особливу увагу було приділено методам діагностики, серед яких наведено:

- манометричний метод (визначення тиску на обох сторонах системи),
- УФ-барвники, електронні детектори витоків та візуальний огляд.

Кожен метод має специфічні *переваги*: манометричний дає точну інформацію про тиск; УФ-барвники забезпечують візуалізацію витоків; електронні детектори витоків мають найменшої точності виявлення; візуальний огляд виявляє механічні пошкодження. Своєчасне сервісне обслуговування запобігає дорогим ремонтам, рекомендується кожні 1-2 роки або за виявлення ознак неправильної роботи.

Зазначені висновки встановлюють технологічну основу для розроблення параметрів електротехнологічного обладнання та підтверджують необхідність комплексного підходу до обслуговування систем кондиціонування.

## РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

### *3.1. Загальні положення*

Метою виконання операцій з автокондиціонерами є задоволення потреб споживачів в якісному функціонуванні того чи іншого устаткування. Так чи інакше, обслуговування таких структурних елементів автомобіля включає в себе:

- заправку фреоном;
- очищення системи;
- діагностику роботи системи;
- перевірку герметичності.

З метою підтримки роботоздатності системи необхідним та обов'язковим є її обслуговування в періоди раз на 1-2 роки. Деякі виробники устаткування підкреслюють, що за повного обслуговування системи, періоди між двома обслуговуваннями можна збільшувати на проміжок, більший, ніж указано вище.

При виконанні процесів обслуговування автокондиционерів виконується перелік робіт, указаний вище. Доцільно порівняно детальніше уточнити що саме мається на увазі під указаними операціями.

*Діагностика.* Виконання даної операції полягає в перевірці рівня холодоагенту (фреону), а також тиску в системі. Під час проведення даної операції відповідно кваліфікованими працівниками відбувається пошук витоків середовища, яким наповнюється радіатор та компресор автокондиціонера, робляться відповідні замітки та висновки щодо роботоздатності системи та доцільності її ремонту чи одразу повної заміни окремих її структурних елементів.

*Заправка.* Якщо є нагальна потреба, то виконання даної операції зводиться до проведення дозаправки чи повної заправки системи фреоном аж до потрібного рівня.

*Чистка.* Виконання функції очищення:

- 1) фільтрів;
- 2) випарника;
- 3) конденсатора;
- 4) повітроводів.

*Дезінфекція.* Проведення дезінфекції внутрішніх компонентів в системі відбувається для запобігання розмноженням бактерій та мікроорганізмів в середині системи, а також, як наслідок, появи їх згодом на відкритих поверхнях автотранспортних засобів та іншого устаткування.

*Перевірка роботи компресора.* Оцінка стану компресора і інших важливих вузлів в системі.

Таким чином, процес обслуговування автокондиціонерів (рисунок 3.1) є набором послідовних операцій, що виконуються в залежності від характеру проблеми, взаємно доповнюють одна одну.



Рисунок 3.1 – Процес обслуговування автокондиціонера транспортного засобу

### *3.2. Причини проведення технічного обслуговування автокондиціонерів*

Своєчасний і грамотно виконаний процес діагностики кондиціонера автомобіля дає можливість отримання точних відомостей про стан даного пристрою, запобігання його поломкам або виходу із ладу, а також спрогнозувати пов'язані з цим подальші ситуації, що можуть відбуватися в майбутньому. Крім того, виконання таких обстежень дає змогу оптимального регулювання роботи кліматичного устаткування, забезпечення його економічної та найбільш ефективної експлуатації.

Сучасний технічний регламент зобов'язує здійснення діагностики для автокондиціонерів у проміжки, що варіюють в періодах не рідше, ніж один раз на рік. Окремі фірми та заводи-виробники рекомендують виконувати дану операцію раз на півроку. Також, важливою є обізнаність щодо регулярності відвідувань автосервісу власником транспортного засобу, що реалізується, у тому числі, з супровідною документацією до автомобіля.

У тих випадках, коли система з клімат-контролю працюватиме за інтенсивних навантажень або у несприятливих умовах, доцільним є дещо частіше виконання перевірок її технічного стану. При необхідності, співробітники сервісних центрів враховуватимуть усі важливі нюанси, запропоновуючи оптимальний графік щодо проходження діагностики кондиціонерів.

Також, огляд та діагностика системи клімат-контролю автомобіля може бути доцільною у разі виявлень ознак щодо її некоректної роботи. В більшості з випадків, такі ситуації можуть виникати з таких причин:

- зниження тиску в системі;
- дифузія рідини;
- несправність компресору;
- перегрів устаткування.

### *3.2.1 Зниження тиску в системі*

Першу із зазначених причин можна пояснити як ту, що найчастіше відбувається по причині витоків холодоагенту (фреону) чи розгерметизації системи.

Інші ж можливі причини можуть включати в себе засмічення компонентів:

- фільтра-осушувача;

- капілярної трубки;

або несправності у системі керування:

- датчику тиску;

- компресора;

- вентилятор;

або проблеми із регулюючими клапанами.

Для порівняно чіткого виокремлення даної причини від інших доцільно показати конкретний приклад з використанням діагностики автокондиціонера за тиском для R134A (рисунок 3.2).

Згідно з рисунком 3.2, діапазон щодо визначення робочого тиску в системі автокондиціонерів варіює з використанням двох манометрів, що розраховані на дві сторони тиску:

- сторона низького тиску;

- сторона високого тиску.

Очевидним є те, що на стороні низького тиску показники робочого тиску мають не перевищувати нормально визначені заводом-виробником показники по низькій стороні.

Аналогічним чином, на стороні високого тиску показники робочого тиску в системі автокондиціонування не повинні мати низький показник, що не є допустимим від заводу-виробника та відповідно регламентованим, у тому числі, і нормативною документацією.

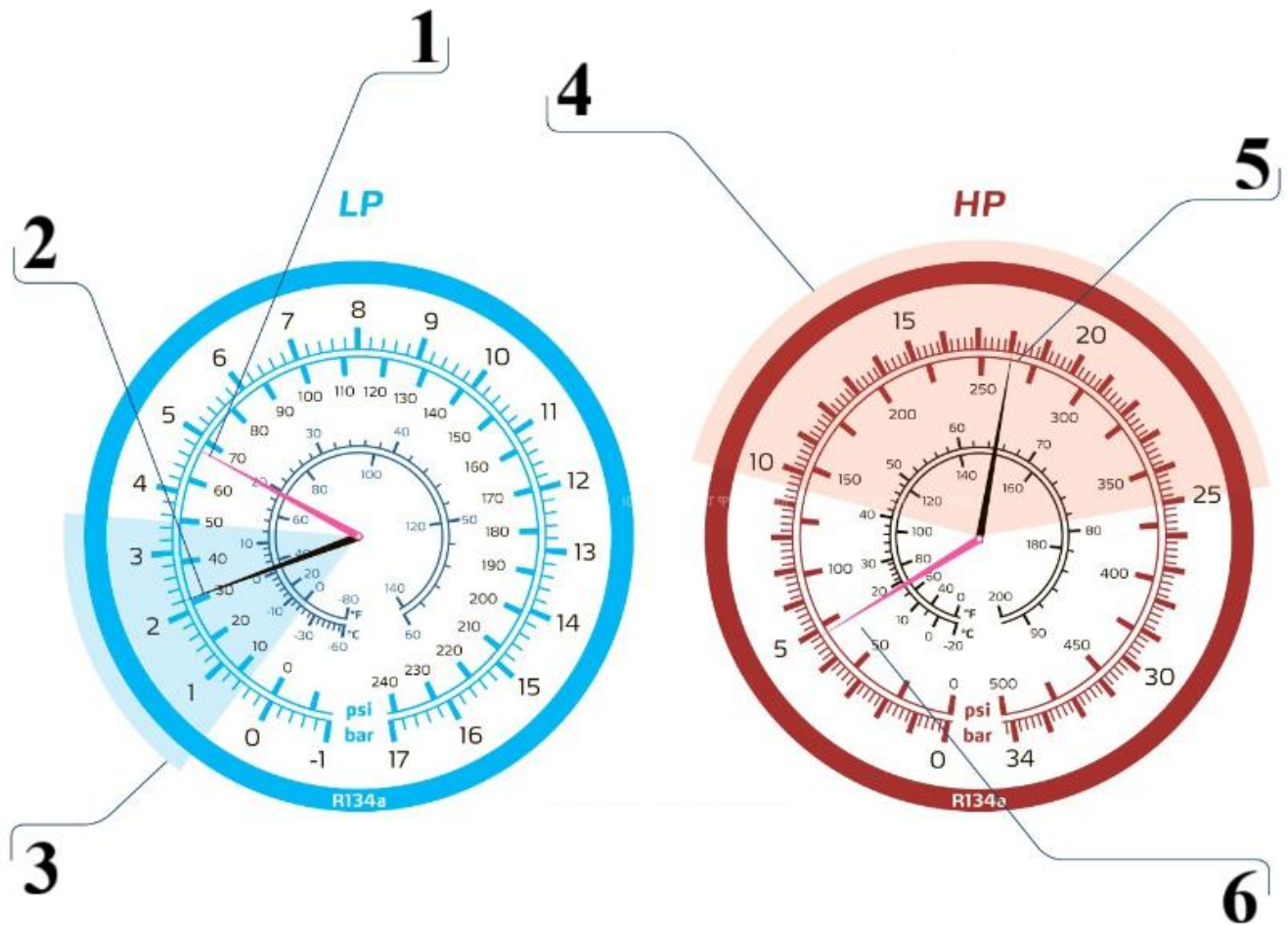


Рисунок 3.2 – Діапазони нормальних значень робочого тиску

1 – надзвичайно високий тиск, сторона низького тиску; 2 – коректний робочий тиск, сторона низького тиску; 3 – діапазон коректного значення тиску для певної температури навколишнього середовища, сторона низького тиску; 4 – діапазон коректного значення тиску для певної температури навколишнього середовища, сторона високого тиску; 5 – коректний робочий тиск, сторона високого тиску; 6 - надзвичайно низький тиск, сторона високого тиску

На основі представленої інформації щодо тиску згідно з рисунком 3.2, типовими несправностями, через які тиск на сторонах високого та низького тиску знаходиться поза робочими областями, є:

1) систему неправильно заправлена, тобто недостатньою або надмірною є кількість холодоагенту;

2) неправильним є застосування присадок, в переважній більшості стосується це застосувань надмірної кількості УФ-барвників, що призводитиме до підвищеного тиску;

3) внутрішні закупорки або погіршення циркуляції у компонентах і системі – виникають по причині наявності домішок, частинок, вологи і корозії у системі, а також неправильне застосування різних присадок (засобів для усунення витоків) і перегрівання та частинок мастила, що згоріло.

Необхідно підкреслити, що найбільш схильними до закупорок в переважній більшості випадків є:

- розширювальний клапан;
- фільтр-осушувач;
- конденсор по причині наявності мікротрубок;

4) несправний вентилятор конденсору;

5) несправність системи з циркуляції повітря:

- фільтру салону;
- вентилятора салону;
- радіатор обігрівача;
- клапан термостата та іншого устаткування.

6) несправний компресор, що, як наслідок, зводиться до керування муфтою/клапаном чи функціонування в цілому;

7) несправний конденсор – обмеження теплообміну по причині відсутності деяких пластин чи їх корозії.

### *3.2.2 Дифузія рідини*

Під поняттям дифузії речовини у автокондиціонері мають на увазі явища, пов'язані з витокком холодоагенту (фреону) з системи, що є найбільш поширеною проблемою.

Такий процес відбувається по причині порушення герметичності сполук, унаслідок чого газ (фреон) повільно проникатиме та розсіюватиметься у навколишнє середовище. Також, процес дифузії застосованим є до перенесення забруднюючих речовин і мікроорганізмів поза системою.

Основними причинами дифузії речовини в системі автокондиціонування є:

- витік холодоагенту.

Відбувається дана причина через негерметичність системи та є основною з причин, через яку фреон поступово залишає кондиціонер. Таке явище може бути викликаним тріщинами у трубках, а також зношенням ущільнювачів чи корозією.

- забруднення повітря;

Повітря і шкідливі речовини, серед яких наявними є пил, мікроби, пліснява, можуть дифундувати по усій системі, а особливо в умовах поганої фільтрації чи у випадках, коли кондиціонер є несправним.

- неправильне встановлення чи ремонт.

Характеризується указана причина помилками під час встановлень або ремонтів, чим можуть бути створеними умови для витоків холодоагенту, а це буде результатом дифузії.

### *3.2.3 Несправність компресору*

Основні ознаками такої несправності автокондиціонера є:

- зниження або повна відсутність охолодження;

- поява сторонніх шумів (скрегіт, гул, стукіт) у моменти роботи;

- виточки мастила або холодоагенту;

- часті включення/вимкнення системи (циклічні процеси).

Серед основних причин, що призводять до несправності компресора кондиціонера, є:

- недостатня кількість або надлишок холодоагенту.

Для порівняння, недостатня кількість фреону викликатиме перегрів компресору через недостатність охолодження та мастила.

- забруднення системи.

Накопичення бруду і металевих частинок можуть призводити до заклинювань внутрішніх механізмів.

- витоки мастила.

Нестача мастила прискорюватиме зношування підшипників та поршнів, а це зрештою призводитиме до поломок.

- несвоєчасна заміна деталей.

Зношування і несвоєчасна заміна ущільнювальних елементів, таких як кільця, сальники та прокладки можуть призводити до серйозних поломок.

- зношування чи пошкодження муфти.

Несправність або зношеність муфти може викликати появу шумів та проблем з вмиканням компресора.

- вологість.

Вологе середовище може викликати корозію деталей та призводити до замерзання окремих елементів, блокуючи усю систему з автокондиціонування.

#### *3.2.4 Перегрів устаткування*

Перегрів устаткування в системі автокондиціонування може бути викликаним по причині недоліків в холодоагенту, забрудненнями радіатора, несправністями вентилятора чи іншими механічними і електричними проблемами.

Ознаки таких поломок включають у себе автоматичне відключення кондиціонерів, слабкі процеси охолодження, сторонні шуми і навіть процеси перегріву самих двигунів автомобіля.

Тому, для більш чіткого розуміння принципу руху холодоагентів та співставлення його з можливими поломками у вигляді перегріву, на рисунку 3.3, представлено схему руху холодоагенту по системі кондиціонування автотранспортного засобу з відповідними позначеннями основних її структурних елементів та напрямками його руху.

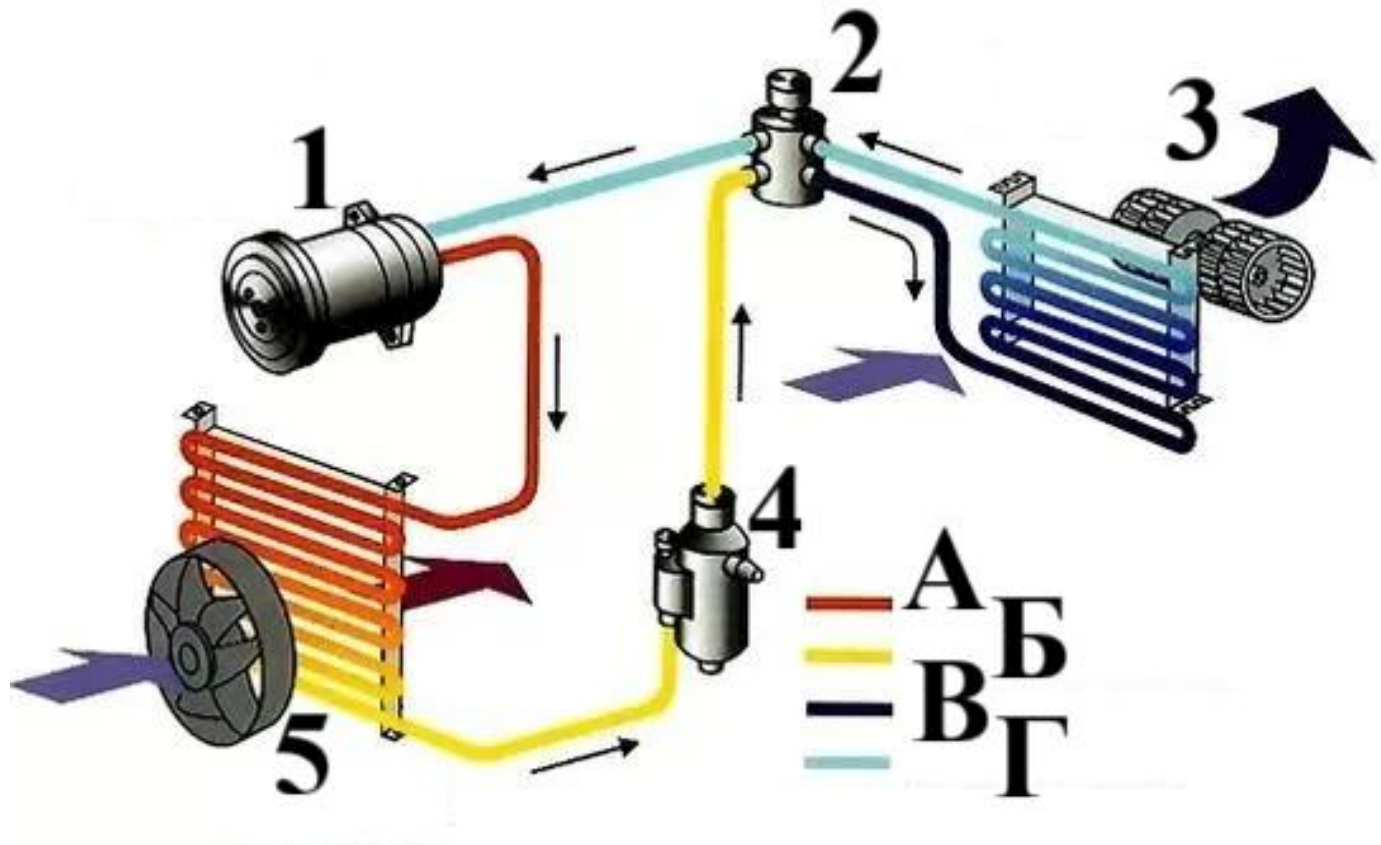


Рисунок 3.3 – Схема руху холодоагенту автотранспортного засобу

1 – компресор; 2 – розширювальний клапан; 3 – випаровувач; 4 – осушувач; 5 – конденсатор та вентилятор; А – високий тиск, газ; Б – високий тиск, рідина; В – низький тиск рідина; Г – низький тиск, газ

### 3.3. Обґрунтування параметрів роботи електротехнологічного пристрою обслуговування автокондиціонерів

Для розкриття даного питання доцільно показати установку, – електротехнологічний пристрій для здійснення процесу заправки та обслуговування автомобільного кондиціонера.

Такими пристроями є ручні заправні станції (рисунок 3.4).

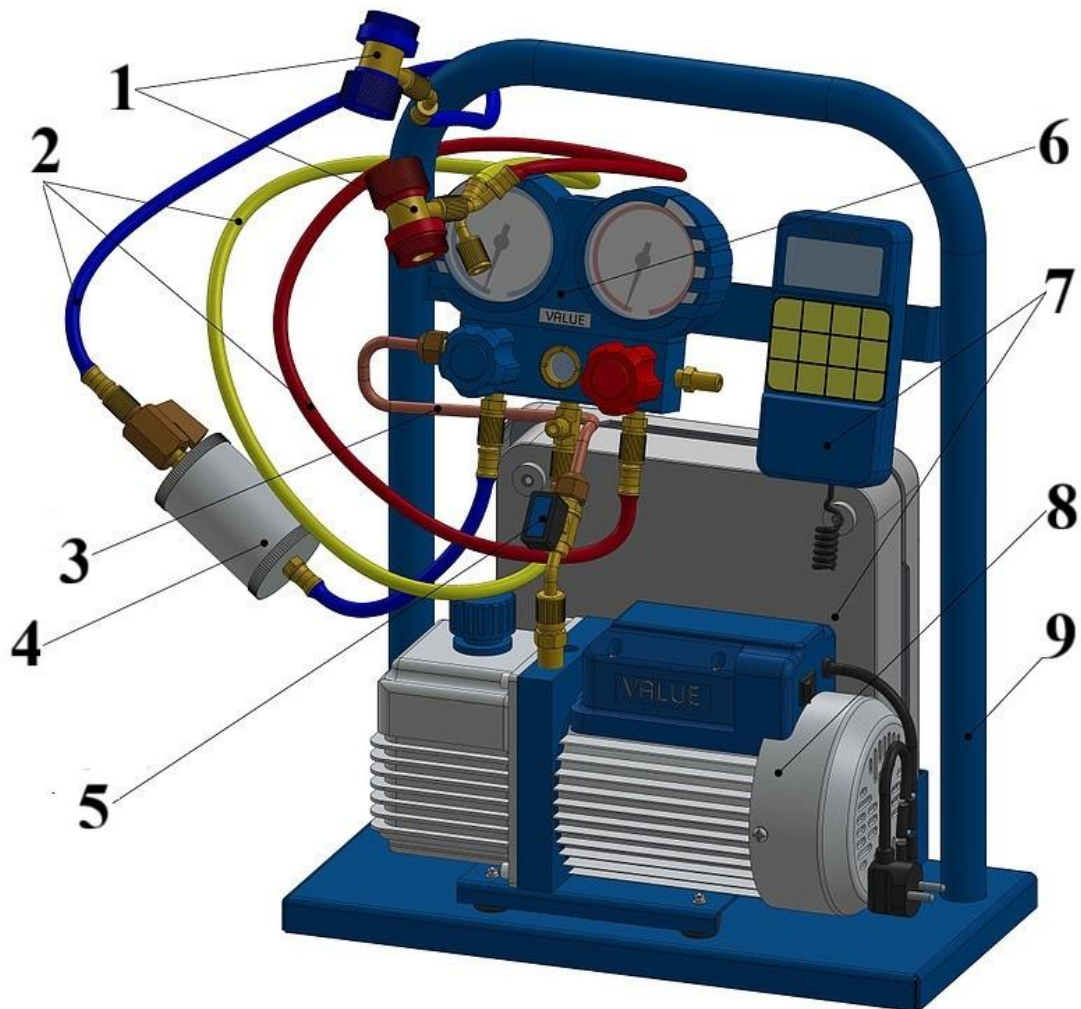


Рисунок 3.4 – Ручна заправна станція

1 – швидкознімний адаптер; 2 – заправні шланги; 3 – заправна трубка; 4 – інжектор;  
5 – вентиль; 6 – манометричний колектор; 7 – ваги електронні; 8 – вакуумний насос;  
9 - стійка

Представлена на рисунку 3.4 ручна заправна станція, є електротехнологічним пристроєм. Пояснити таке визначення можна по причині наявності структурного електрифікованого устаткування. Таким устаткуванням є привідний електричний двигун. Даним електричним двигуном здійснюється привід вакуумного насоса, позначеного цифрою 8 на рисунку 3.4 структури ручної заправної станції для систем автокондиціонування.

Принцип роботи устаткування полягає в нагнітанні в систему кондиціонування необхідної кількості або тиску середовища певного матеріалу (рідини, зокрема фреону). Тому нижче представлено опис основних структурних елементів станції, що указані на рисунку 3.4.

Стійка є металевою конструкцією, що призначена для кріплень усього навісного устаткування. Це вважається набагато зручнішим, ніж перенесення із собою обладнання у розібраному стані.

Вакуумний насос вважається одним з основних агрегатів для даної системи. Необхідно підкреслити, як пряме визначення щодо виконання даної роботи, що від його продуктивності і максимального вакууму залежатиме швидкість вакуумування системи, а також її якість.

Зазвичай, усі заправні станції, виконані економ-класом, обладнуються вакуумним насосом із продуктивністю, що становить показник не менший, ніж 51 л/хв. Таким чином, є можливість вакуумувати систему від легкового автомобіля в період за 15 хв.

Як показує практика, указанного періоду роботи вакуумного насосного агрегату достатньо для легкових автомобілів. Витримка максимального вакууму для таких насосів, зазвичай, становить 2 Па (у варіанті для одноступеневого вакуумного насоса).

Манометричний колектор представляє собою два манометри, що виконано в одному корпусі. Це дозволяє визначати вакуум та тиск у системі та мати колектор із розгалуженням для регулювання ступеню подачі. Слід підкреслити, що

манометричний пост є виконаним за принципом, показаним на рисунку 3.2 даної роботи.

Інжектор мастила та барвника – циліндр із двома кришками та кульовим краном. Такий пристрій необхідним є для діагностики систем з кондиціонування і заправки компресорів кондиціонера мастилом.

Електронні ваги призначаються для чіткого і моментального визначення маси діючого заправленого холодоагенту (фреону). Ваги високої точності, зазвичай, мають похибку, що становить показник близько 2-5 г;

Швидкознімні адаптери призначаються для швидких підключень/відключень в системі кондиціонування автомобіля.

Вентиль, що є, по суті, шаровим краном, служить для перекривання магістралі до вакуумного насоса.

Нижче, на рисунку 3.5, зображено схему підключення обладнання станції.

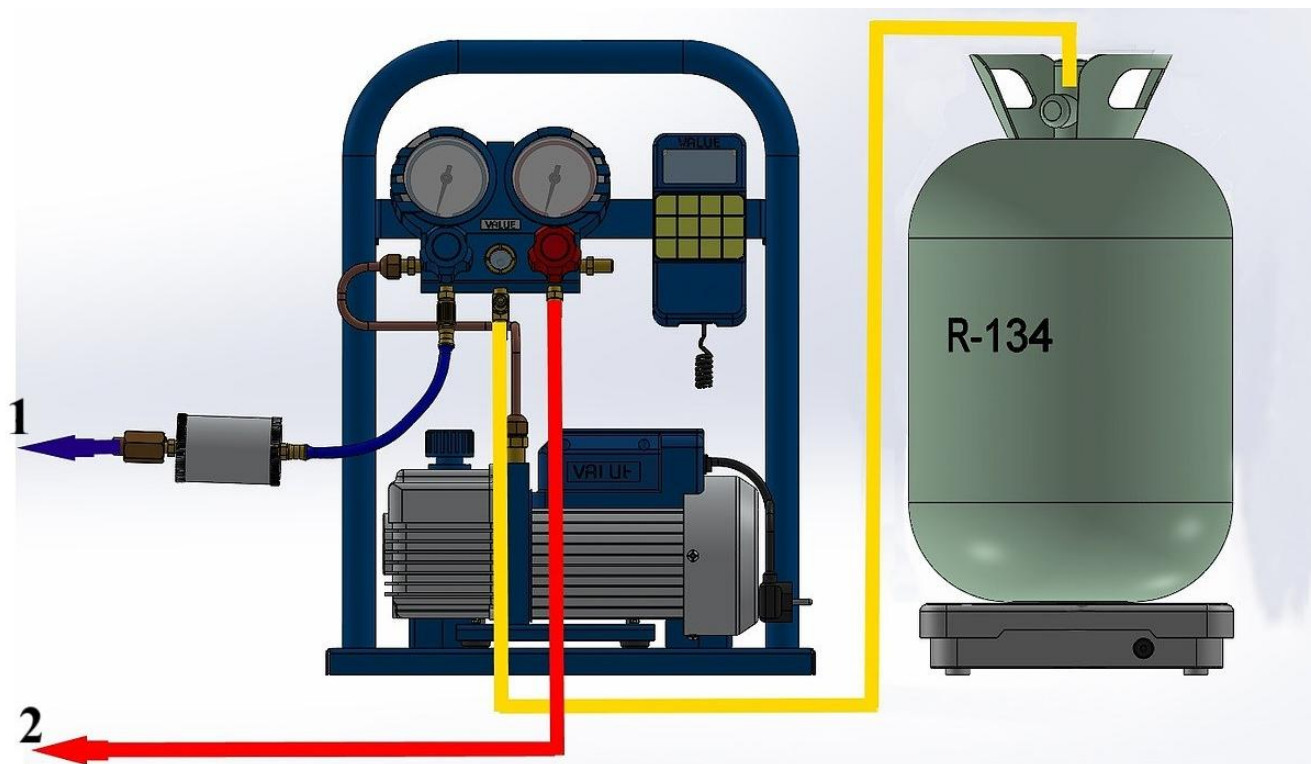


Рисунок 3.5 – Схема підключення устаткування при заправці автокондиціонера  
1 – на низьку сторону тиску; 2 – на високу сторону тиску

*Заправка автомобільного кондиціонера здійснюється в такому порядку:*

- підготовка;
- діагностика системи кондиціонування;
- усунення виявлених несправностей;
- вакуумування системи (видалення пилу і вологи);
- повна заправка системи.

#### *Підготовка до заправки*

Перш ніж розпочати заправку автомобільного кондиціонера, слід переконатися, що у системі відсутній тиск, а саме відсутність старого холодоагенту.

Потім, процес підготовки до заправки включає в себе підготовку інструменту для діагностики і заправну станцію для автокондиціонеру:

- переконання у тому, що усі шланги є герметичними та прикріпленими до обладнання досить щільно;
- засвідчення, що у вакуумному насосі є присутнім мастило у необхідній кількості;
- перевірка щільності закручених всіх вентилі у манометричному колекторі.

#### *Діагностика системи кондиціювання*

Діагностика системи з кондиціювання здійснюється на аналіз витоків і може визначатись за кількома методами:

- визначення за допомогою втрат шукача шляхом його розташувань біля газових трубок і інших місць для можливих витоків фреону;

- визначення за допомогою фарбників шляхом додавань їх до системи.

Подальші виявлення проводяться за допомогою ультрафіолетових лампочок або ж ультрафіолетового ліхтарика;

- визначення шляхом використання заправної станції. В такому випадку, вакуумування системи та вистежування тиску відбувається за допомогою манометрів.

#### *Визначення витоків*

Визначення витоків здійснюють за допомогою спеціальних барвників і ультрафіолетової лампочки, що було підкреслено вище.

- 1) необхідним є переконання, що у системі відсутній тиск;
- 2) підключення заправних шлангів:
  - низького тиску (синього) до відповідного штуцера автомобіля;
  - жовтого (загального) до балона із фреоном;
  - червоного – лише в випадку необхідності знати тиск у діючій магістралі нагнітання;
- 3) ввімкнення вакуумного насосу;
- 4) відкриття вентиля (кульового крана) на вакуумному насосі;  
відкриття вентиля низького тиску манометричного колектора (синього);  
відкриття вентиля на інжекторі мастила;  
відкриття вентиля на швидкознімному адаптері;
- 5) витримка проміжку часу 10-15 хвилин допоки вакуумним насосом видалятиметься повітря та волога з системи;
- 6) закриття вентиля (кульового крана) вакуумного насоса;
- 7) закриття вентиля інжектора мастила;
- 8) вимкнення вакуумного насоса;
- 9) додавання барвника до інжектора мастила;
- 10) відкриття вентиля інжектора мастила.

В результаті, барвник, за рахунок виявленої різниці тисків надходить до системи з кондиціонування. На етапі, коли інжектор спустошиться, необхідним є закриття його вентиля. Витримавши період з паузи 5-10 хвилин та з використанням спеціально призначеної ультрафіолетової лампочки необхідною є перевірка

можливого місця витoku фреону. У разі таких виявлень, – несправність необхідно усунути.

#### *Визначення витоків способом створення вакууму у системі з кондиціонування*

З метою визначення витоків за даним методом слід повторити попередні перераховані 5 пунктів та після цього вимкнути електровакуумний насос. Потім, записавши вказаний тиск вакууму для манометричного колектора і витримавши період 10–15 хвилин, слід проконтролювати: якщо після цього показник вакууму не змінився, то система є досить герметичною і можна приступати до її повної заправки.

#### *Повна заправка*

Повна заправка системи кондиціонування автомобіля відбувається в такі етапи:

- відкриття вентиля (кульового крана) на вакуумному насосі, відкриття вентиля низького тиску для манометричного колектора (синього), відкриття вентиля на інжекторі, відкриття клапана на швидкознімному адаптері;
- вмикання вакуумного насосу і вакуумування системи в проміжок часу, що складає приблизно 10-15 хвилин для легкового автомобіля;
- закриття всіх вентилів, зокрема, на швидкознімному адаптері і на інжекторі, на манометричному колекторі (синього вентиля), на вакуумному насосі;
- вимикання вакуумного насоса;
- відкручування кришки на інжекторі мастила та заправка в циліндр необхідної кількості мастила. Закручування кришки;
- відкриття вентиля у інжектора мастила та на швидкознімному адаптері. мастило за рахунок розряджень потраплятиме до системи;
- запуск двигуна, шляхом натискання на педаль акселератора, – підйом обертів до 1500 та фіксація педалі. Вмикання кондиціонера на максимум;

- відкриття вентилію на манометричному колекторі (синього) і на балоні із фреоном. І даному випадку виникає необхідність контролю маси балона шляхом використання електронних ваг.

Тобто, у разі, коли маса балону до заправки становить 15 000 г та заправка склала 700 г, то заправку здійснено до 14 300 г фреоном. Слід підкреслити, що необхідну масу для заправки вказано на табличці, закріпленій на капотіавтомобіля.

Після процесу заправки необхідною кількістю фреону закриваються усі вентилі, відключається обладнання.

Система є заправленою.

#### *3.4. Схема електрична принципова керування вакуумним насосом*

Вакуумний насос (рисунок 3.6) заправної станції виконаний, з точки зору електроенергетичної складової, з використанням однофазного електричного двигуна. Такий електричний двигун розраховано на живлення від мережі 220 В змінного струму з частотою 50 Гц. Необхідно підкреслити, що частоту є можливість змінювати в залежності від необхідної швидкості обертання валу привідного електричного двигуна шляхом використання перетворювача частоти.



Рисунок 3.6 – Вакуумний насос для заправної станції автомобільних кондиціонерів

Тому, схема електрична принципова керування вакуумним насосним агрегатом для заправної станції має вигляд, зображений на рисунку 3.7.

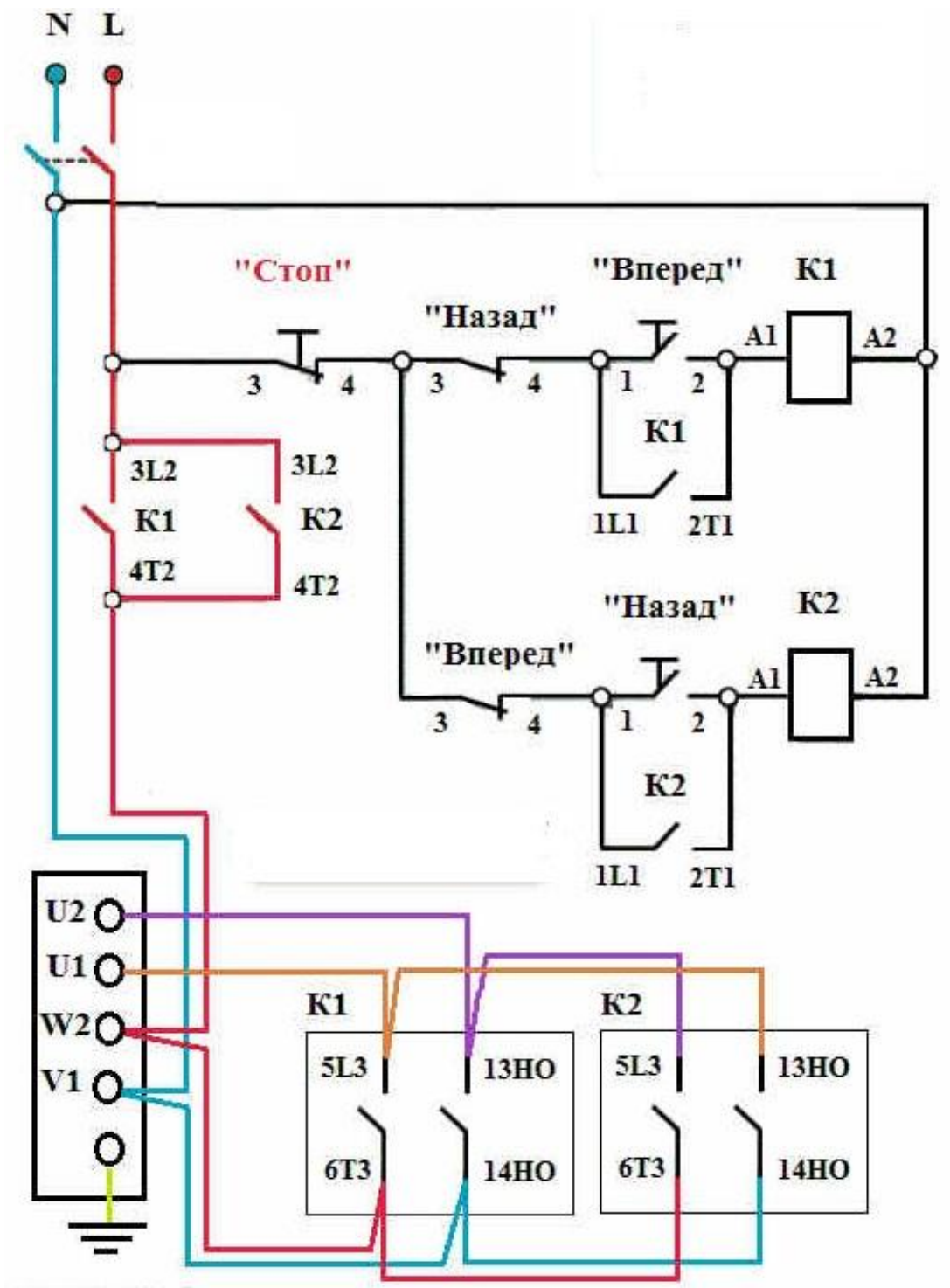


Рисунок 3.7 – Схема електрична принципова вмикання однофазного електричного двигуна

Згідно зі схемою електричною принциповою рисунку 3.7 необхідно підкреслити, що електричний двигун є можливість запуснути як на пряму, так і на реверс. У випадку використання електричного двигуна для приводу вакуумного



## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### *4.1. Організація робочого місця та вимоги до приміщення*

Обслуговування автомобільних кондиціонерів на базі ФОП Малина О.О. проводиться в спеціально обладнаному приміщенні, яке забезпечує безпеку працівників та ефективність виконання робіт. Робоче місце мають розташовуватися в добре освітленому приміщенні з мінімальною площею 30-40 м<sup>2</sup>, достатньою для розміщення ручної заправної станції, автомобіля та вільного руху персоналу. Приміщення повинно мати вільний доступ до вхідних дверей та наскрізну вентиляцію для забезпечення циркуляції свіжого повітря.

Ручна заправна станція з вакуумним насосом, манометричним колектором, інжектором мастила та електронними вагами встановлюється на стійкому столі чи стійці висотою 0,8-1,0 м, стабільно закріпленій до підлоги для запобігання падінню. Розташування обладнання має забезпечувати зручний доступ до всіх контрольних приладів та з'єднань, уникаючи спутування шлангів та їх механічних пошкоджень.

Балони з хладагентом (R134a та R1234yf) зберігаються вертикально на спеціальній стійці на відстані не менше 2 м від заправної станції, із забезпеченням їх закріплення спеціальними пасами чи ланцюгами для запобігання падінню.

*Кожне робоче місце мають обладнати:*

- лотком для зберігання дрібного інструменту;
- контейнерами для відпрацьованого мастила та засобів очищення;
- зручним місцем для розміщення засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

Підлога в робочій зоні повинна бути нековзкою, чистою від масла та інших забруднень, що можуть призвести до падіння. На видному місці мають розташовуватися інформаційні таблиці з правилами техніки безпеки та порядком дій у разі аварійних ситуацій.

#### *4.2. Електробезпека при роботі з однофазним приводом 220 В*

Вакуумний насос ручної заправної станції приводиться в рух однофазним електродвигуном 220 В 50 Гц, що вимагає суворого дотримання правил електробезпеки. Електроживлення станції має здійснюватися через автоматичний вимикач (номіналом не менше 16 А) та диференціальний автомат (УЗО) з максимальним струмом чутливості 30 мА, який забезпечує захист від ураження людини електричним струмом у разі пошкодження ізоляції. Всі частини станції, що можуть мати контакт з людиною, мають бути надійно заземлені через контакт заземлення вилки живлення та систему заземлення приміщення.

Перед початком кожної зміни робочий повинен провести зовнішній огляд шнура живлення, вилки та кабелю, перевіривши відсутність видимих пошкоджень ізоляції, потріскань, розривів або оголення струмоведучих жил. Будь-які дефекти мають бути усунені до розпалювання обладнання, а пошкоджений шнур потребує негайної заміни кваліфікованим електриком. Пристрій має також регулярно перевірятися на заземлення та ізоляцію, не менше одного разу на рік, відповідно до вимог ДБН та ГОСТ.

Обладнання переміщується та обслуговується тільки при знеструмленому стані, тобто вилка має бути вийнята зі штепселя та перевірено, що живлення не надходить. При роботі в умовах підвищеної вологості (наприклад, у разі протирання обладнання вологою тканиною) застосовуються додаткові заходи захисту, такі як використання переносного УЗО високої чутливості або діелектричних виробів. Роботи в зоні відкритих струмоведучих частин обладнання або в умовах контакту з металевими трубопроводами, які можуть мати індукційні потенціали, заборонені без використання діелектричних рукавиць чи інших засобів ізоляції.

При вакуумуванні системи кондиціонера, що триває орієнтовно 10-15 хвилин для легкових автомобілів при продуктивності насоса не менше 51 л/хвилину та досягненні вакууму близько 2 Па, тривала робота двигуна може привести до його

перегріву. Робочий повинен контролювати температуру двигуна та, у разі надмірного нагріву (коли пальцем неможливо торкатися корпусу більше 2-3 секунд), дати двигуну час охолонути протягом 5-10 хвилин перед продовженням роботи.

#### *4.3. Безпечна робота з хладагентами (R134a та R1234yf)*

Хладагенти R134a та R1234yf є речовинами, з якими необхідно працювати з дотриманням суворих мер безпеки. R134a (гідрофторвуглець, HFC) є на сьогодні стандартним хладагентом для більшості автомобілів, випущених до 2016 року, проте його виробництво та використання поступово фазуються через високий потенціал глобального потепління. R1234yf (гідрофторолефін, HFO) є сучасним еко-дружнім заміником, який визнаний як A2L-хладагент (помірна займистість).

При контакті хладагенту зі шкірою виникає ризик холодних опіків, оскільки при випаровуванні рідка фаза забирає значну кількість тепла. Вплив холодного хладагенту на шкіру протягом понад 5-10 секунд може призвести до локального обморозу зі свербінням, пекучим болем та надалі утворенням волдирів. У разі потрапляння хладагенту на шкіру ділянку мають негайно змити теплою (не гарячою) водою протягом не менше 5-10 хвилин. Якщо забруднена велика площа шкіри або з'являються ознаки серйозного опалення, необхідно звернутися до лікаря.

При потраплянні хладагенту в очі виникає сильне подразнення і ризик пошкодження ока. Очі мають бути негайно промиті чистою проточною водою протягом не менше 15-20 хвилин, а потім обов'язково показані офтальмологу. Використання захисних окулярів є обов'язковим при всіх роботах з відкритою системою кондиціонування.

Вдихання парів хладагенту у високих концентраціях може викликати запаморочення, головний біль, нудоту та, у екстремальних випадках, втрату свідомості. При вдиханні значних кількостей парів робочий повинен негайно залишити забруднену зону та вийти на свіже повітря, сісти та почекати, поки

симптоми не пройдуть. Якщо симптоми тривають більше кількох хвилин або посилюються, необхідно звернутися до лікувально-профілактичного закладу. Частоті вентиляції приміщення та використання респіратора з картриджем для органічних парів важливі заходи профілактики при роботі з хладагентами.

Контакт хладагенту з гарячими поверхнями або вогнем призводить до розкладу речовини з утворенням отруйних газів (фтористого водню, карбонільних сполук). Тому під час виконання будь-яких робіт поблизу заправної станції забороняється палити, розпалювати вогонь або допускати використання газових горілок та інших джерел запалювання. Роботи з галаючим інструментом також мають бути обмежені та виконуватися на достатній відстані від хладагенту.

#### *4.4. Засоби індивідуального захисту та їх застосування*

При роботі з хладагентами персонал обов'язково використовує наступні засоби індивідуального захисту: захисні очила з бічним захистом для запобігання потраплянню парів та рідини в очі; спеціальні рукавиці (краще нітрилові або неопренові, не тканинні), що захищають від холодових опіків та дозволяють зберегти чутливість пальців при роботі з дрібними деталями; при необхідності респіратор з картриджем для органічних парів та вугільної мастилази, яка забезпечує захист дихальних шляхів від парів хладагенту.

Захисний одяг складається з довгорукавної робочої сорочки або комбінезона, які мають щільно прилягати до гідлиць і запобігати прямому контакту парів з шкірою. При роботі в зоні з підвищеною концентрацією парів хладагенту рекомендовано також використовувати дихальний пристрій (маску з постачанням свіжого повітря) або працювати в спеціально обладнаній камері з витяжною вентиляцією.

Всі ЗІЗ мають регулярно перевірятися на справність та герметичність (для респіраторів), очищуватися від забруднень та зберігатися в сухому місці. Пошкоджені ЗІЗ (тріщини в окулярах, розриви в рукавицях, забруднені картрижі

респіратора) мають бути замінені до початку робіт. Розміри окулярів та рукавиць мають бути індивідуально підібрані для забезпечення комфорту та максимальної ефективності захисту.

#### *4.5. Вентиляція приміщення та контроль концентрацій*

Вентиляція приміщення ФОП Малина О.О. є критичним чинником безпеки при роботі з хладагентами, особливо з урахуванням появи на ринку A2L-хладагентів (R1234yf) з помірною займистістю. Приміщення має бути обладнане системою витяжної вентиляції, яка забезпечує повну заміну повітря мінімум один раз на годину, а при роботі з хладагентом — більш інтенсивну вентиляцію. Витяжні отвори мають розташовуватися у нижній та верхній частинах приміщення для забезпечення циркуляції повітря в усьому обсязі.

Для безпечної роботи з R1234yf виробники обладнання рекомендують встановлювати газові детектори з порогом спрацювання не більше 25% нижньої межі займистості (LFL), яка для R1234yf становить близько 312 г/м<sup>3</sup>. Це означає, що детектор має спрацювати при концентрації близько 78 г/м<sup>3</sup>, що є достатньо безпечною межею для виявлення витоків до досягнення вибухонебезпечної концентрації. Детектори мають бути розташовані в зонах найбільш ймовірного накопичення парів (біля рівня підлоги та на висоті 1,5 м).

У разі спрацювання газового детектора негайно мають бути включені витяжні вентилятори на максимальну потужність, персонал повинен залишити приміщення та повідомити про аварійну ситуацію. Робочі мають повернутися в приміщення тільки після того, як концентрація хладагенту впаде нижче безпечного рівня, що підтверджується повторним вимірюванням детектором. У разі регулярних спрацювань детектора необхідна перевірка герметичності системи та усунення джерела витoku.

#### *4.6. Пожежна безпека та поводження з балонами хладагенту*

Балони з хладагентом, особливо з A2L-хладагентом R1234yf, мають розглядатися як потенційна пожежна небезпека в разі утоку та виникнення джерела запалювання. Балони з хладагентом зберігаються в спеціально обладнаній зоні, відділеній від робочої площі, у вертикальному положенні з надійним закріпленням на спеціальній стійці або полиці. Температура зберігання балонів не повинна перевищувати 50 °C та не бути нижче -10 °C, щоб запобігти деградації матеріалу балона та перевищення внутрішнього тиску.

Відстань від балонів до джерел тепла та запалювання мають складати не менше 1 м від опалювальних приладів, газових плит тощо, та не менше 5 м від відкритого вогню, зварювання або хімічних речовин, які можуть реагувати з хладагентом. Балони з горючими хладагентами (A2L) зберігаються окремо від окисників, кислоти та інших небезпечних речовин, що можуть привести до взаємодії чи посилення небезпеки у разі витіку.

У приміщенні, де зберігаються балони з A2L-хладагентом, не допускаються відкритий вогонь, палення, використання газових горілок та інші потенційні джерела іскор. На видному місці мають розташовуватися таблиці «Вхід заборонений» та «Палити забороняється». Розташування перегородок та поділу складських зон мають відповідати місцевим нормам пожежної безпеки та будівельним кодексам.

Кожна партія балонів мають мати паспорт безпеки з вказівками виробника щодо правил зберігання та обробки. Паспорти мають бути доступні персоналу та розташовані поблизу комунікацій для швидкого звернення у разі необхідності. При виявленні пошкодження балона (вм'ятин, іржавіння, розривів) він має бути ізольований та передано на утилізацію кваліфікованої компанії.

#### *4.7. Екологічні вимоги та утилізація хладагенту*

Випуск хладагенту в атмосферу у будь-яких кількостях категорично забороняється законодавством України та міжнародними угодами про охорону озонового шару. Весь хладагент, отриманий при вакуумуванні системи, мають збирати в герметичні циліндри або балони для подальшої передачі ліцензованим компаніям по регенерації та утилізації. ФОП Малина О.О. має укласти договір із спеціалізованою компанією на регулярний вивіз та утилізацію зібраного хладагенту.

Процедура збирання хладагенту мають виконуватися з дотриманням наступних правил: система кондиціонера мають бути знеструмлена та охолоджена до кімнатної температури; з системи мають бути вилучені залишки хладагенту за допомогою вакуумного насоса та спеціальних з'єднувачів; хладагент мають зібрати в герметичний циліндр з міткою виду хладагенту та дати збору; циліндр мають зберігатися у вертикальному положенні у добре провітрюваному місці до передачі компанії-утилізатору.

Відпрацьоване мастило з компресора та масло з випарника збираються у спеціальні контейнери без змішування з іншими видами мастил. Видалені фільтри-осушувачі, засоби очищення та ущільнювачі, забруднені хладагентом, також зберігаються окремо як небезпечні відходи. Усі такі матеріали мають мати на контейнерах надпис з вказівкою вмісту та дати збору. Утилізація таких відходів має проводитися відповідно до законодавства України у сфері управління відходами, з передачею компанії, яка має відповідні дозволи та сертифікати.

#### *4.8. Дії у разі аварійних ситуацій*

У разі виявлення неконтрольованого витоку хладагенту з системи під час роботи робочий повинен негайно виконати наступні дії: вимкнути вакуумний насос (вийнявши вилку живлення зі штепселя); закрити всі вентиля на манометричному колекторі для перекриття подальшого витоку; залишити приміщення та закрити

двері для унеможливлення поширення парів у сусідні приміщення; включити систему витяжної вентиляції на максимальну потужність; повідомити керівництво та викликати спеціалізовану аварійну службу.

При виявленні витоку A2L-хладагенту поблизу потенційного джерела запалювання (наприклад, поблизу газового обладнання, електричних розеток з арками) повинні бути виконані додаткові запобіжні заходи: вимкнення всього електричного обладнання у зоні забруднення, виключення використання мобільних телефонів та інших пристроїв, що можуть створювати іскри. Персонал має залишити приміщення без бігу, але швидким кроком, для уникнення тертя та статичного розряду.

При потрапленні хладагенту на шкіру або в очі першим кроком є промивання чистою водою, як описано вище. Якщо хладагент потрапив у дихальні шляхи, персонал мають негайно вийти на свіже повітря, сісти та почекати поки симптоми не пройдуть. При тривалих симптомах обов'язково звернутися до лікаря. Контактні дані найближчої лікувально-профілактичної установи та служби екстреної допомоги мають бути розташовані на видному місці у робочій зоні.

При виявленні пошкодження балона з хладагентом (витік, іржавіння, деформація) балон мають ізолювати у спеціальному контейнері або мішку (краще червоного кольору з написом «Небезпека») і негайно повідомити керівництво та компанію-постачальника. Торкання до пошкодженого балона без спеціальних рукавиць забороняється.

#### *4.9. Висновки до 4-го розділу*

Для забезпечення безпеки під час обслуговування автомобільних кондиціонерів на базі ФОП Малина О.О. необхідно дотримуватися суворих правил, що охоплюють облаштування робочого місця, електробезпеку, роботу з хладагентами, використання засобів індивідуального захисту, вентиляцію, пожежну безпеку, екологічні вимоги та дії у разі аварійних ситуацій. Робоче місце

повинно бути обладнане в добре освітленому приміщенні площею 30-40 м<sup>2</sup> з вільною циркуляцією повітря. Важливо забезпечити надійне заземлення всього електрообладнання та регулярно перевіряти його справність.

Особливу увагу слід приділяти безпечній роботі з хладагентами R134a та R1234yf, оскільки вони становлять ризик холодних опіків, подразнення очей та, при вдиханні, запаморочення і головного болю. У разі контакту зі шкірою або очима необхідно негайно промити уражені ділянки водою та звернутися до лікаря. Забороняється палити або використовувати джерела відкритого вогню поблизу хладагентів через ризик утворення отруйних газів при їх розкладі.

Персонал зобов'язаний використовувати засоби індивідуального захисту, включаючи захисні окуляри, нітрилові рукавиці та респіратори з картриджами для органічних парів. Вентиляція приміщення повинна забезпечувати повну заміну повітря мінімум один раз на годину, а для роботи з R1234yf рекомендовано встановлення газових детекторів. Балони з хладагентами слід зберігати вертикально у спеціально обладнаній зоні, подалі від джерел тепла та запалювання.

Випуск хладагенту в атмосферу суворо заборонений; його необхідно збирати в герметичні циліндри для подальшої утилізації ліцензованими компаніями. Відпрацьовані мастила та забруднені фільтри також підлягають спеціальній утилізації як небезпечні відходи. У разі аварійних ситуацій, таких як витік хладагенту, необхідно негайно вимкнути обладнання, перекрити вентилі, залишити приміщення, увімкнути вентиляцію та повідомити керівництво. При витoku горючих хладагентів поблизу джерел запалювання слід вимкнути все електричне обладнання та уникати використання мобільних телефонів.

## РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

З метою аналізу ефективності використання технології ремонту кондиціонерів замість покупки та встановлення нових, доцільним є аналіз економічної складової.

Запровадження та використання технології ремонту автомобільних кондиціонерів з використанням указаної заправної станції включає в себе такі позиції:

- покупка заправної станції;
- облаштування місця проведення ремонтних робіт (інші витрати);
- витратні матеріали.

Також, для порівняння доцільно показати вартість нової установки кондиціонування для конкретного авто.

Тому, для прикладу обрано автомобіль Mercedes 220. Для такого автомобіля послуги з ремонту та обслуговування системи кондиціонування складають:

- діагностика: 1500 грн;
- заправка фреоном: 600 грн за повну заливку близько 600 г;
- ремонт компонентів – в середньому 3000 – 5000 грн;
- усунення витоків – 500 грн.

Загальна сума капіталовкладень  $K$  складає:

$$K = K_d + K_z + K_r + K_v, \quad (5.1)$$

$$K = 1500 + 600 + 4000 + 500 = 6600 \text{ грн}$$

Для порівняння, послуги з заміни системи кондиціонування для автомобіля указаних марки та моделі складають 22000 грн.

На основі вище сказаного, доцільним є представити діаграму витрат на реалізацію технології ремонту автомобільних кондиціонерів, порівнюючи з послугами з їх заміни.

Указану економічну ефективність представлено нижче, на рисунку 5.1 стовпчикової діаграми.

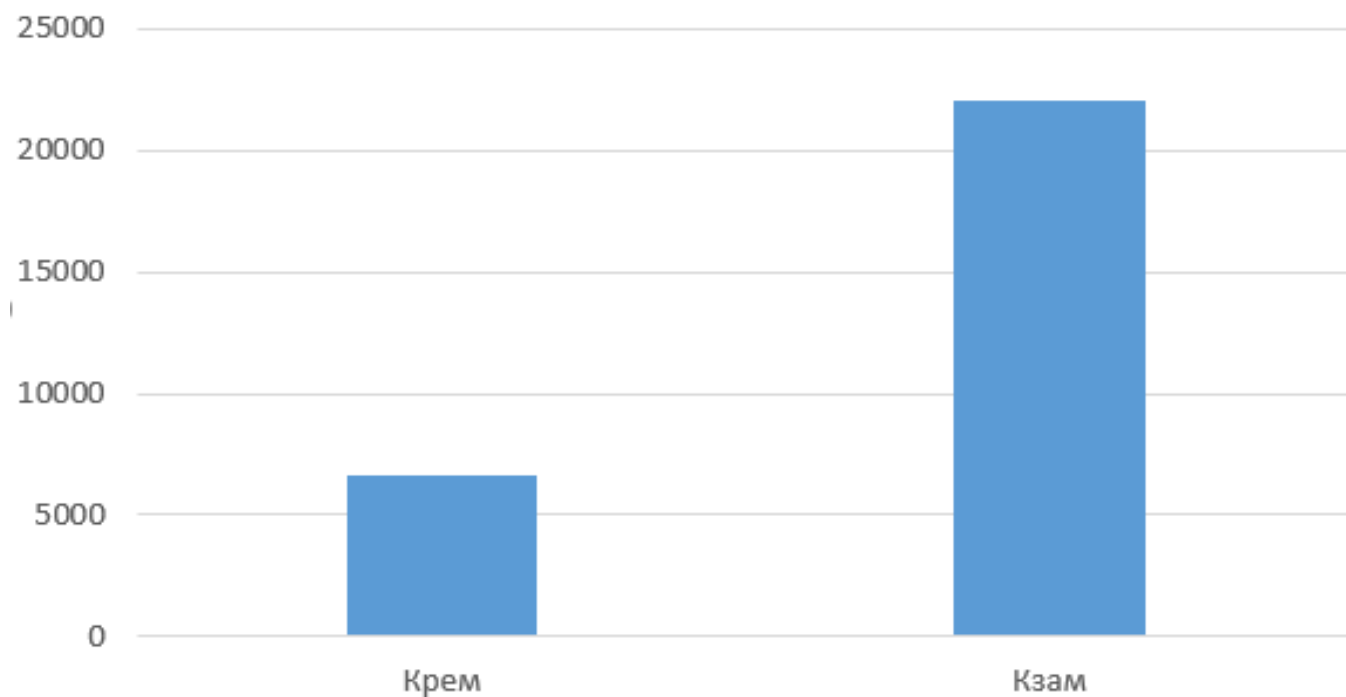


Рисунок 5.1. Діаграма економічної ефективності ремонту автомобільних кондиціонерів у порівнянні з їх заміною

## ВИСНОВКИ

На сьогодні розвиток автомобільної галузі неможливий без комфортних умов використання автомобілів. Стосується це як легковиків, так і вантажівок, а також інших сільськогосподарських машин (тракторів, комбайнів, обприскувачів тощо).

В даній роботі представлено аналіз параметрів та обґрунтування послідовної технології обслуговування автомобільного кондиціонера з використанням електротехнологічного пристрою – заправної станції для автокондиціонерів.

В результаті виконаної роботи розглянуто причини виходу зі строю автомобільних компресорів. Кожну з причин охарактеризовано відповідними їй ознаками та попередніми явищами в роботі системи, від яких можуть бути ті чи інші негативні наслідки.

Встановлено, що використання заправної електричної станції для обслуговування кондиціонерів автомобілів дає можливість виконання одразу кількох функцій, серед яких:

- діагностика;
- ремонт;
- заправка;
- перевірка роботи системи.

Підкреслено, що основними параметрами роботи системи є контроль за тиском по низькій стороні (відсутність високого його показника) та тиску по високій стороні (відсутність його низького показника). Підкреслено, що манометричний вузол такої системи складається з двох манометрів, кожен з яких орієнтований на відповідну сторону по тиску в системі.

Представлено методи визначення витоків фреону (як основного середовища всередині системи з автокондиціонування) та охарактеризовано суть кожного з них.

Електроенергетичну складову заправної станції охарактеризовано як установку, що має в своєму складі електроенергетичне устаткування, зокрема електричний двигун, що використовується для приводу даного вакуумного насосного агрегату.

Представлено схему електричну принципову керування однофазним електричним двигуном, що використовується в насосному агрегаті. Підкреслено, що його робота повинна бути здійсненою з обертанням валу лише в одному напрямку.

Окремо указано, що у разі використання для приводу стенду трифазного електричного двигуна, його схема електрична принципова є класичною для схеми керування прямим пуском електричного двигуна трифазної мережі змінного струму з частотою 50 Гц.

Підкреслено, що за необхідності зміни швидкості обертання валу привідного електричного двигуна є можливість використання частотного перетворювача. В такому випадку, показники роботи насосного агрегату змінюються, зокрема змінюються його:

- швидкість відводу;
- створюваний ним тиск у системі.

Таким чином, підкреслено, що технологія обслуговування автокондиціонерів з використанням заправної станції є ефективною для виконання операцій з ремонту, діагностування, обслуговування та заправки автокондиціонерів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2673-94 Кондиціонери центральні загального призначення. Типи та основні параметри.
2. ДСТУ EN 14511-1:2007 Кондиціонери повітряні, агреговані охолоджувачі рідини компактні та теплові насоси з компресором з електричним приводом.
3. ДСТУ 3188-95 («Транспортні кондиціонери. Загальні технічні умови»).
4. ДСТУ 3189-95 («Транспортні кондиціонери. Методи випробувань»).
5. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. НПАОП 40.1-1.32-01. 2013. Форт. 100 с.
6. Не працює кондиціонер в авто: в чому причина і як вирішити проблему? Електронний ресурс. URL: <https://bs.zp.ua/article/ne-pratsiuie-kondytsioner-v-avto>
7. Основні несправності системи кондиціювання автомобіля. Електронний ресурс. URL: <https://master.shop/articles/osnovni-nespravnosti-sistemi-kondiciyuvannya-avtomobilya>
8. Поширені несправності автокондиціонера. Електронний ресурс. URL: <https://msg.equipment/uk/blog/articles/common-air-conditioner-malfunctions>
9. Огляд основних несправностей автомобільного кондиціонера. Електронний ресурс. URL: [https://autoprotect.ua/ua/article/08\\_2020/163?srsId=AfmBOooIqFYknaM-dNhOszyry2lRq8gZALmKSAr9l57tVGB-oRpUNNpo](https://autoprotect.ua/ua/article/08_2020/163?srsId=AfmBOooIqFYknaM-dNhOszyry2lRq8gZALmKSAr9l57tVGB-oRpUNNpo)
10. Lu, Y., Wang, G., Sang, G., Zhang, Y., & Wang, Y. (2024). Research on Low Energy Joint Optimization of Dynamic Thermal Environment Coupled with Passenger Cabin and Air Conditioning Systems. Case Studies in Thermal Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105332>
11. Wang, J., Meng, Q., Li, Y., Li, Z., Chang, W., Huo, L., Wang, G., & Pan, W. (2022). Potential reduction in emissions after replacement of automobile air conditioning refrigerants in China. Energy Reports. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.053>

12. Pardo, C.I., & Poveda, A.C. (2022). Challenges and opportunities in the management of refrigeration and air conditioning systems to reduce environmental impacts in the Colombian health sector. *International Journal of Refrigeration*. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.06.002>
13. Walker, G., Shove, E., & Brown, S. (2014). How does air conditioning become 'needed'? A case study of routes, rationales and dynamics. *Energy research and social science*, 4, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.08.002>
14. Saitoh, S., Higashi, T., Ito, M., Dang, C., Hihara, E., & Shitara, Y. (2022). Effect of reaction inhibitor on diesel explosion of split air conditioners. *International Journal of Refrigeration*. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.09.025>
15. Guo, F., Chen, Z., Xiao, F., Li, A., & Shi, J. (2022). Real-Time Energy Performance Benchmarking of Electric Vehicle Air Conditioning Systems Using Adaptive Neural Network and Gaussian Process Regression. *Applied Thermal Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119931>
16. Razem, M., & Sunikka-Blank, M. (2022). Selling 'cool': The role of marketing in normalizing domestic air-conditioning in Jordan. *Energy Research & Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102582>
17. Wright, S., Dixon-Hardy, D., & Heggs, P.J. (2018). Aircraft air conditioning heat exchangers and atmospheric fouling. *Thermal Science and Engineering Progress*. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.06.007>
18. Gurubalan, A., Maiya, M., & Geoghegan, P.J. (2019). A comprehensive review of liquid desiccant air conditioning system. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113673>
19. Mansour, M.K., Musa, N.S., Hassan, M.N., Abdullah, H., & Saqr, K.M. (2008). Development Of A Novel Control Strategy For A Multiple-Circuit Rooftop Bus Air-Conditioning System In Hot Humid Countries. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 2, 200-211. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.12.032>

- 20.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 21.ДСТУ 3855-99 Пожежна безпека
- 22.Барило, О. В. (2018). Діагностика та технічне обслуговування систем кондиціонування повітря автомобілів. Харків: ХНАДУ.
- 23.Гусев, В. О., & Ткачук, В. І. (2020). Аналіз інноваційних технологій в обслуговуванні електротехнічного обладнання сучасних автомобілів. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, (2), 108-113.
- 24.Коробко, Б. І., та ін. (2019). Енергоефективність холодильного обладнання в автотранспортних засобах. Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна "Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту", (47), 123-128.
- 25.Семененко, О. В. (2021). Сучасні підходи до організації інноваційного автосервісу. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Транспортні системи та технології", Київ, 25-26 листопада 2021 року.