

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розроблення приладу для обслуговування систем  
кондиціонування легкових автомобілів»**

Виконав: студент групи Ат-43сп

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”  
(шифр і назва)

Денис Марухняк

(ім'я та прізвище)

Керівник: Юрій Габрієль

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024



УДК 629.038

Марухняк Денис Ігорович. «Розроблення приладу для обслуговування систем кондиціонування легкових автомобілів».

//Кваліфікаційна робота. – Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. – 55 с.

Проаналізовано принцип роботи та структуру системи кондиціонування, що використовується в автомобілях. Проведено огляд існуючих пристроїв для перевірки герметичності систем кондиціонування автомобілів. Розроблено власний стенд, описано його гідравлічні та електричні компоненти, і наведено послідовність процедури тестування. Проведено експериментальні дослідження впливу автомобільного кондиціонера Renault Megane 3 1,5 dci на споживання палива та потужність, що затрачається на його привід. Проведено аналіз можливих травмонебезпечних ситуацій під час технічного обслуговування автомобільної системи кондиціонування. Розраховано вартість запропонованого стенду для тестування герметичності автомобільних систем кондиціонування.

Табл. 5; рис. 17, бібліогр. джерел 19

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	4
ВСТУП .....	6
1 БУДОВА СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ .....	8
1.1 HVAC система.....	8
1.1.1 Опалення .....	8
1.1.2 Вентиляція.....	8
1.1.3 Кондиціонування повітря та осушення.....	8
1.2 Холодоагент R134a .....	9
1.3 Принципи кондиціонування повітря.....	12
1.4 Компресор та його привід .....	17
1.5 Радіатор-конденсатор .....	21
1.6 Ресивер-осушувач/акумулятор .....	21
1.7 Розширювальний клапан .....	23
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Особливості тестування систем автомобільних кондиціонерів на щільність .....	26
2.1.1 Тестування за допомогою вакууму .....	26
2.1.2 Тестування за допомогою азоту.....	26
2.1.3 Тестування за допомогою спеціальних виткошукачів .....	27
2.1.4 Підготовка до тестування.....	27
2.1.5 Виконання тесту .....	28
2.1.6 Заключні роботи .....	28
2.2 Існуючі стенди для тестування та обслуговування автомобільних кондиціонерів.....	28
2.2.1 Bosch ACS 611. ....	28
2.2.2 Теха 760 BUS. ....	29
2.2.3 ODO VAC 1.....	30

2.3 Запропонований стенд для перевірки герметичності автомобільного кондиціонера.....	31
2.4 Порядок використання стенду.....	32
2.4.1 Компоненти стенду.....	33
2.4.2 Код для Arduino.....	33
2.4.3 Пояснення коду.....	35
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	36
3.1 Методика проведення експериментальних досліджень.....	36
3.2 Результати експериментальних досліджень.....	36
3.3 Висновки по розділу.....	38
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
4.1 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій.....	39
4.2 Заходи безпеки при роботах із автомобільними кондиціонерами.....	41
4.3 Особливості зберігання холодоагентів.....	46
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54

## ВСТУП

Сучасні легкові автомобілі оснащені численними системами, що забезпечують комфорт та безпеку водія і пасажирів. Однією з ключових таких систем є система кондиціонування повітря, яка підтримує оптимальні мікрокліматичні умови в салоні автомобіля. Ефективність роботи системи кондиціонування прямо впливає на загальну працездатність автомобіля та задоволеність його власника та безпеку дорожнього руху.

З огляду на зростаючий попит на автомобільний транспорт та підвищені вимоги до комфорту і безпеки, розробка нових і вдосконалення існуючих приладів для обслуговування систем кондиціонування є актуальним завданням. Важливість цього питання підкріплюється також постійним розвитком технологій та посиленням екологічних стандартів, що вимагають від виробників впровадження інноваційних рішень задля покращення економічних та екологічних показників автомобілів.

На сьогоднішній день практично всі нові легкові автомобілі оснащені системою кондиціонування повітря. Це обумовлено підвищеними вимогами до комфорту пасажирів та стандартами якості автомобілів. Ось деякі статистичні дані, що ілюструють поширеність систем кондиціонування в автомобілях:

Світовий ринок: за даними звіту MarketsandMarkets[1], у 2021 році близько 99% нових легкових автомобілів, проданих у світі, були оснащені системами кондиціонування повітря. Очікується, що цей показник буде стабільно високим у найближчі роки через високі стандарти комфорту і безпеки.

Європейський ринок: у Європі майже всі нові автомобілі, що випускаються, мають систему кондиціонування. У багатьох країнах Європи цей показник досягає 100%. Наприклад, в Німеччині, Франції, Великобританії та Італії, кондиціонери встановлені практично у всіх нових автомобілях.

США: за даними дослідження, проведеного Автомобільною асоціацією США (AAA), у 2020 році більше 98% нових автомобілів у США були оснащені системами кондиціонування повітря. Цей показник був стабільно високим протягом останнього десятиліття.

Китай: китайський ринок автомобілів також демонструє високий рівень оснащення кондиціонерами. Згідно з даними, приблизно 98% нових легкових автомобілів у Китаї мають системи кондиціонування повітря. Це зумовлено швидким зростанням середнього класу та підвищеними вимогами до комфорту.

Інші ринки: в країнах, що розвиваються, таких як Індія, Бразилія, та Південно-Східна Азія, рівень оснащення автомобілів системами кондиціонування також зростає. Згідно з даними різних звітів, від 70% до 90% нових автомобілів у цих регіонах мають системи кондиціонування.

Ця статистика демонструє, що системи кондиціонування повітря стали стандартом для нових легкових автомобілів по всьому світу. Це підкреслює важливість розробки ефективних та надійних приладів для обслуговування цих систем.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення приладу для обслуговування систем кондиціонування легкових автомобілів, який забезпечить високий рівень ефективності, надійності та зручності в експлуатації. В ході дослідження будуть розглянуті сучасні методи діагностики та технічного обслуговування систем кондиціонування, проведено аналіз існуючих аналогів, а також визначені основні технічні вимоги до нового приладу.

Виконання даної роботи дозволить не тільки покращити процес обслуговування автомобільних кондиціонерів, але й сприятиме розвитку інженерної думки в галузі автомобільних систем. Результати дослідження можуть бути використані для впровадження нових технологій у виробництві та обслуговуванні автомобільного транспорту, що в свою чергу позитивно вплине на економічні та екологічні показники автомобіля.

Таким чином, розробка приладу для обслуговування систем кондиціонування легкових автомобілів є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності та екологічності автомобільного транспорту, що обумовлює актуальність та практичну значущість даної роботи.

# 1 БУДОВА СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ

## 1.1 HVAC система

Основна мета системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) в автомобільній системі полягає не лише у забезпеченні тепла або видаленні надлишкового тепла з салону пасажира, а також у очищенні та циркуляції повітря всередині транспортного засобу.

Робота системи HVAC може бути автоматизованою або здійснюватися вручну водієм. У деяких розкішних автомобілях високого класу розподіл повітря з кондиціонером можна налаштовувати індивідуально для кожного місця сидіння. Головна мета полягає в тому, щоб створити комфортні умови для кожного пасажира відповідно до їхніх потреб[2].

Система HVAC в автомобілі складається з трьох основних підсистем: опалення, вентиляції та кондиціонування (H – Heating, V – Ventilation, AC – Air Conditioning).

### *1.1.1 Опалення*

Основне призначення системи опалення полягає у нагріванні салону автомобіля взимку. Тепло, що виробляється двигуном, може бути використане для обігріву пасажирського простору.

### *1.1.2 Вентиляція*

Мета вентиляції полягає у забезпеченні свіжого повітря в салоні, виведенні вихлопних газів та створенні комфортного тиску в салоні. Зовнішнє повітря проходить через фільтр салону для очищення від пилу та інших забруднень.

### *1.1.3 Кондиціонування повітря та осушення*

Система кондиціонування повітря використовується для охолодження, очищення та осушення повітря в салоні. Це досягається за допомогою холодильної системи компресійної пари, яка поєднує охолодження з розподілом повітря та контролем температури. Охолодження системи кондиціонування повітря забезпечується холодильною системою компресійної пари. Автомобільний кондиціонер поєднує систему охолодження з системою



розподілу повітря та системою контролю температури для охолодження, очищення та осушення повітря.

Салон автомобіля нагрівається через кілька факторів, таких як[3]:

- Вища температура зовнішнього повітря
- Сонячне випромінювання
- Тепло двигуна та вихлопних газів

Кількість поглиненого тепла залежить від таких чинників, як:

- Теплоізоляція автомобіля
- Положення сонця та інтенсивність сонячного випромінювання
- Зміна освітлення та тіні
- Колір автомобіля
- Тонування скла
- Швидкість руху автомобіля
- Напрямок вітру та його швидкість

Пасажири в кабіні також вносять свій внесок у тепло. Автомобільний кондиціонер повинен бути здатний видаляти всі джерела нагріву. Теплове навантаження на кондиціонер для звичайних одиниць очікується бути таким високим, як 18000 Btu/год, що еквівалентно 1.5 тоннам кондиціонування повітря. Приблизно половина цього тепла передається через метал кузова та скло, а решта надходить з повітряних потоків та нагрітих частин усередині салону. Кондиціонер може переносити приблизно третину цього тепла при холостому ході двигуна, тому повне кондиціонування повітря досягається лише при підвищених обертах двигуна[4].

Крім температури, вологість також є одним з факторів комфорту. Тому видалення надмірної вологості також є важливою частиною кондиціонування повітря.

## **1.2 Холодоагент R134a**

Холодоагенти є робочими рідинами системи кондиціонування. Ідеальний холодоагент мав би такі властивості:

1. Нульовий потенціал руйнування озонowego шару та нульовий потенціал глобального потепління.

2. Низька температура кипіння.

3. Високий критичний тиск і температура.

4. Змішується з маслом і залишається хімічно стабільним.

5. Нетоксичний, негорючий.

6. Не піддається корозії металу, гуми, пластмаси.

7. Дешеві у виробництві, використанні та утилізації.

Найбільш поширеним холодоагентом, що використовується в автомобільній промисловості на даний момент часу є холодоагент R134a[5].

Таблиця 1.1 – Властивості холодоагенту R134a

<b>Властивість</b>	<b>Значення</b>
Хімічна формула	$C_2H_2F_4$
Молекулярна маса	102,03 г/моль
Температура кипіння	-26,1°C
Температура плавлення	-103,3°C
Густина (рідина при 25°C)	1,207 г/см <sup>3</sup>
Густина (газ при 25°C і 1 атм)	1,21 кг/м <sup>3</sup>
Критична температура	101,1°C
Критичний тиск	40,6 бар (4060 кПа)
Критична густина	0,512 г/см <sup>3</sup>
Тиск насичення при 25°C	6,68 бар (668 кПа)
Стабільність	Хімічно стабільний
Реактивність	Не агресивний до більшості металів і матеріалів
Озоноруйнівний потенціал (ODP)	0
Потенціал глобального потепління (GWP)	1430
Токсичність	Низька токсичність
Вогнебезпечність	Не вогнебезпечний
Гранично допустима концентрація (PEL)	1000 ppm (частин на мільйон)
Застосування	Використовується в більшості автомобільних систем кондиціонування
Переваги	Екологічна безпека, ефективність, стабільність
Недоліки	Високий GWP, регуляторні обмеження

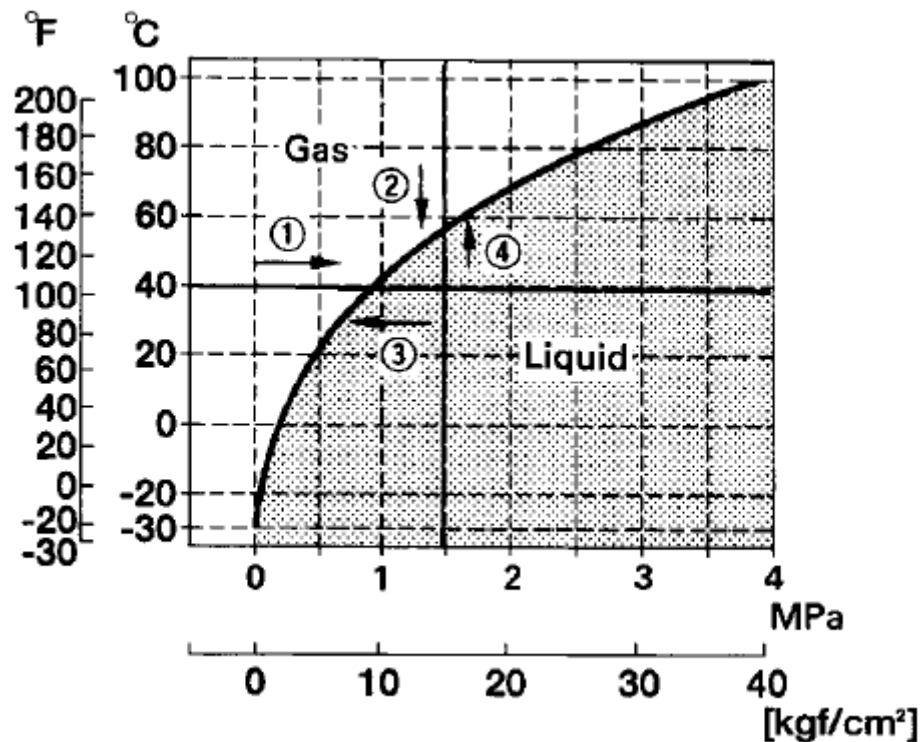


Рисунок 1.1 – Крива насиченої пари холодоагенту R134а.

Графік на рис.1.1 показує залежність тиск/температура (криву насиченої пари) для холодоагенту R134а.

На графіку показано, що холодоагент перебуває в газоподібному/пароподібному стані над кривою, а в рідині під кривою. Крива відображає точку кипіння холодоагенту за різного співвідношення тиску та температури.

1. Холодоагент знаходиться в газоподібному/пароподібному стані, і якщо температура підтримується постійною, а тиск підвищується, холодоагент конденсуватиметься в рідину.

2. Якщо тиск підтримується постійним, а температура знижується, холодоагент може конденсуватися в рідину.

3. Якщо температура підтримується постійною, а тиск знижується, холодоагент випаровуватиметься в рідину/пару.

4. Якщо тиск підтримується постійним, а температура підвищується, холодоагент випаровуватиметься в рідину/пару.

Система кондиціонування призначена для маніпулювання цими взаємозв'язками, щоб дозволити холодоагенту передавати тепло з простору салону.

### 1.3 Принципи кондиціонування повітря

Основним принципом роботи блоку HVAC є провідність і конвекція. Через різницю тиску в транспортному засобі тепло передається від області з низькою температурою до області з високою температурою. Цей процес теплопередачі називається охолодженням[6].

У кондиціонерах використовується рідина, яка називається холодоагентом, яка поглинає тепло в рідкому стані та в процесі перетворюється на газ (випаровується). Наприклад, коли спиртом натирають шкіру, вона відчуває прохолоду. Це пов'язано з тим, що спирт поглинає тепло з місця контакту та випаровується. Добре відомо, що тепло необхідне для перетворення рідини на газ. Тепло поглинається з області контакту з рідиною, тим самим охолоджуючи її.

Рідини киплять при різних температурах залежно від тиску, під яким вони знаходяться. Щоб збільшити або зменшити температуру кипіння речовини, ми повинні змінити тиск на речовину. Підвищення тиску підвищує температуру кипіння. Щоб знизити температуру кипіння, зменшують тиск. Цей надзвичайно простий принцип лежить в основі всіх систем кондиціонування повітря та охолодження, від домашніх холодильників і віконних кондиціонерів до найбільших промислових установок.

Кондиціонер в автомобілі працює за принципом компресійно-конденсаційного циклу, який включає кілька ключових етапів:

*Компресія холодоагенту:* компресор забирає холодоагент у вигляді газу низького тиску з випарника і стискає його. Це збільшує тиск і температуру холодоагенту, перетворюючи його в гарячий газ високого тиску.

*Конденсація:* гарячий газ під високим тиском проходить через конденсатор, зазвичай розташований перед радіатором двигуна. Тут газ

охолоджується за рахунок потоку повітря і конденсується в рідину високого тиску.

*Розширення:* рідкий холодоагент під високим тиском проходить через розширювальний клапан (або трубку), де його тиск різко падає. Це викликає часткове випаровування холодоагенту і зниження його температури.

*Випаровування:* охолоджена суміш рідини і газу потрапляє у випарник, де вона повністю випаровується, поглинаючи тепло з повітря всередині автомобіля. Це охолоджує повітря, яке потім подається в салон.

*Циркуляція охолодженого повітря:* вентилятор подає охоложене повітря через вентиляційні отвори в салон автомобіля, забезпечуючи комфортні умови для пасажирів.

Отже, в загальному процес кондиціонування повітря із основними компонентами можна описати таким чином.

*Компресор:* забирає газоподібний холодоагент з випарника; стискає його до високого тиску і температури; перекачує гарячий газ високого тиску до конденсатора.

*Конденсатор:* подає тепло газоподібного холодоагенту навколишньому повітрю, охолоджуючи його; перетворює газ на рідину високого тиску.

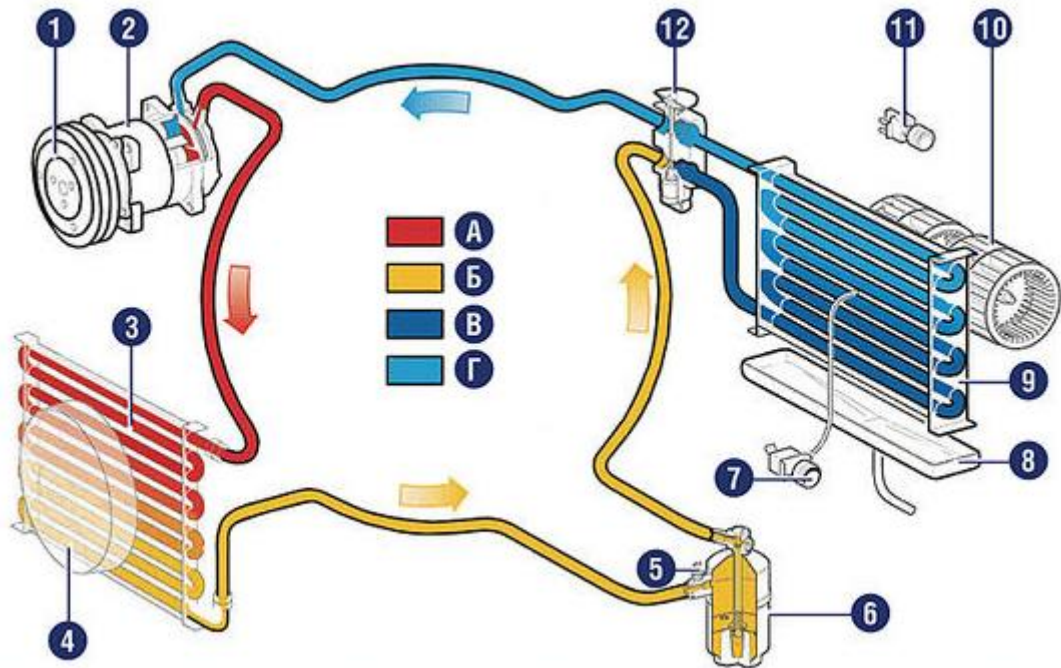
Розширювальний клапан: контролює потік рідкого холодоагенту; знижує тиск холодоагенту, що призводить до його часткового випаровування і зниження температури.

*Випарник:* поглинає тепло з повітря в салоні автомобіля; холодоагент випаровується, охолоджуючи повітря.

Газоподібний холодоагент повертається до компресора для повторення циклу.

Таким чином, система кондиціонування повітря забезпечує ефективне охолодження салону автомобіля, використовуючи циклічний процес компресії та розширення холодоагенту для поглинання і відведення тепла.

На рис. 1.2 відтворена типова схема найпоширенішого типу автомобільного кондиціонера[7].



А - стиснений газ з високим тиском і температурою; Б - рідка фаза холодоагенту; В - туманоподібна фаза холодоагенту; Г - газоподібний холодоагент з низьким тиском і температурою; 1. Муфта електромагнітна; 2. Компресор; 3. Конденсатор; 4. Вентилятор; 5. Датчик тиску; 6. Ресивер-осушувач; 7. Реле температури випарника; 8. Піддон дренажної системи; 9. Випарник; 10. Вентилятор випарника; 11. Вимикач кондиціонера; 12. Терморегулюючий вентиль.

Рисунок 1.2 – Схема парокомпресійного кондиціонера з терморегулюючим вентилем.

Систему кондиціонування умовно поділяють на всмоктувальну (сторона низького тиску — НД) і нагнітальну (сторона високого тиску — ВД) частини. Границя проходить через компресор і дросельний елемент, в цьому випадку розширювальний клапан ТРВ.

Коли компресор не працює — тиск в обох частинах однаковий і знаходиться в прямій залежності від температури або навколишнього середовища або підкапотного простору автомобіля.

Значення тиску в окремих частинах вимірюють, підключаючи манометричний блок до сервісних штуцерів. У системі кондиціонування

вимірюють тиск насиченого пара холодоагенту, тобто тиск в системі не буде залежати від кількості холодоагенту в системі (в цьому полягає основна складність визначення кількості холодоагенту в системі), а залежить тільки від температури.

На всмоктувальній стороні знаходиться випарник і трубопровід, по якому холодоагент надходить на всмоктування в компресор. На ньому також встановлений сервісний штуцер НД (низького тиску) і датчик тиску.

На нагнітальній стороні знаходяться конденсатор — осушувач, розширювальний клапан з балоном термодатчик, розташованим на випарнику, трубопровід з сервісним штуцером ВД (високого тиску) і датчиками тиску.

При включенні електромагнітної муфти газоподібний холодоагент всмоктується і стискається компресором до високих температур і тиску і надходить в конденсатор, де газ високого тиску і температури переходить з газоподібного стану в рідину, віддаючи "прикрите тепло конденсації" повітря, що проходить через конденсатор. Максимальна температура холодоагента на вході і виході конденсатора становить 80 і 50 °С відповідно[8].

Теплий рідинний холодоагент надходить в ресивер-осушник, де відбувається його фільтрація від дрібних частинок і пилу, видалення вологи. Далі холодний холодоагент високого тиску надходить в розширювальний клапан TRV, де він випаровується і переходить в стан рідини — при низькій температурі і тиску (-2 °С, 2 бар). Далі цей холодоагент потрапляє в випарник, де переходить з рідкого в газоподібний стан (рідкий холодоагент при низькому тиску кипіння, охолоджуючої стінки випарника) і всмоктується компресором для повторного циклу[9].

Зовнішнє повітря або повітря з салону проганяється через випарник вентилятором обігрівача. Повітря, проходячи через розгалужену поверхню випарника, охолоджується, а волога з повітря конденсується на випарнику, стікає в піддон під випарником і видаляється з салону. Таким чином повітря, що проходить через випарник, охолоджується і осушується. Компресор в цій схемі працює безперервно.

Незважаючи на деякі відмінності між кондиціонерами на автомобілях різних виробників, їх принципова схема однакова. Ми розглянемо найпоширеніший варіант. Отже, ви натиснули кнопку ввімкнення кондиціонера. Спрацювала електромагнітна муфта, сталевий притискний диск <3>, видавши характерне клацання, примагнітився до шківів <2>. Шків наводиться в рух ременем і, коли кондиціонер вимкнений, крутиться вхолосту. Тепер запрацював компресор <1>. Компресор стискає газоподібний фреон, через що той сильно нагрівається, і жене його трубопроводом в конденсор <4>. У народі цей конденсор часто називають радіатором кондиціонера. У конденсорі сильно нагрітий та стиснутий фреон охолоджується[11].

Охолодитись йому допомагає вентилятор <5>, який включився на першу швидкість одночасно з компресором. Якщо автомобіль рухається, конденсор додатково обдувається потоком повітря, що набігає. Охолодившись, стиснутий фреон починає конденсуватися, і виходить із конденсора вже рідким. Після цього рідкий фреон проходить через ресивер-осушувач <6>. Тут від нього відфільтровуються продукти зносу компресора та інший бруд.

Десь у районі ресивера-осушувача, часто на ньому самому, є оглядове вічко. Через нього можна візуально оцінити, наскільки система сповнена. Якщо частина фреону втекла в атмосферу, то при роботі компресора в вічку буде видно молочно-білу піну.

Очистившись у ресивері-осушувачі, фреон тече у бік салону автомобіля, щоб виконати своє основне призначення. Кульмінація настає, коли рідкий фреон проходить через ТРВ <10>. ТРВ, він же терморегулюючий вентиль, є спеціальним пристроєм, що регулює перегрів пари, що виходить з випарника. (Перегрів - різниця температур на виході з випарника та кипіння холодоагенту). ТРВ встановлюють на трубопроводі, яким рідкий фреон надходить у випарник. Якщо випарник повністю заповнений рідким фреоном, то з нього виходить насичена пара, температура якої дорівнює температурі кипіння. Регулюючий орган ТРВ закривається. Якщо з випарника виходить пара, перегрів якого перевищує установку ТРВ, то регулюючий орган ТРВ відкривається настільки,



щоб площа його прохідного перерізу відповідала допустимій величині. По суті, ТРВ є дроселем, що автоматично регулюється. Не вдаючись у термодинаміку, можна порівняти ТРВ із соплом аерозольного балончика.

Проходячи через ТРВ та потрапляючи у випарник, фреон переходить у газоподібний стан (кипить) і при цьому сильно охолоджується. Випарник - це той же радіатор, тільки маленький. Крижаний фреон охолоджує випарник, а вентилятор задуває з випарника холод у салон автомобіля. Пройшовши через випарник, все ще досить холодний фреон знову потрапляє в компресор.

Коло замикається. Частина системи від компресора до ТРВ називається напірною магістраллю. Її завжди можна визначити за тонкими трубками, які теплі чи гарячі. Частина від випарника до компресора називається зворотною магістраллю, або магістраллю низького тиску. Вона робиться з товстих трубок і на дотик крижана. Якщо в напірній магістралі під час роботи компресора тиск коливається від 7 до 15 атмосфер (в аварійних випадках і до 30), то у зворотній магістралі тиск не перевищує 3.5 атмосфер. Коли кондиціонер вимкнено, тиск в обох магістралях зрівнюється і становить близько 5 атмосфер.

За правильною роботою системи слідкують кілька датчиків. Кількість їх варіюється. У нашому випадку на ресивері-осушувачі <6> стоїть датчик <7> включення другої швидкості вентилятора. Коли охолодження конденсора недостатньо, тиск у напірній магістралі починає стрімко зростати, а фреон у конденсорі перестає конденсуватися. Датчик реагує на стрибок тиску та включає вентилятор <5> на повну потужність. Датчик <8> вимикає компресор, якщо тиск у напірній магістралі досягає пограничних величин. Датчик <11> вимикає компресор, якщо температура випарника стає занадто низькою.

#### **1.4 Компресор та його привід**

Функція компресора полягає в стисненні та циркуляції перегрітої пари холодоагенту навколо замкнутої системи (будь-яка рідина або бруд пошкодять компресор). Компресори бувають різними за конструкцією, розміром, вагою, швидкістю та напрямком обертання та переміщенням. Також компресори можуть мати механічний або електричний привід. Деякі компресори мають

змінний об'єм, а деякі фіксований. Компресор використовує 80% енергії, необхідної для роботи системи кондиціонування повітря.

Компресор приводиться в рух системою шківів від двигуна. У передній частині компресора розташована магнітна муфта, яка при наданні потужності вмикає компресор. Компресор втягує пари холодоагенту з боку всмоктування, яке є вихідним отвором акумулятора (система клапанів із фіксованим отвором) або вихідним отвором випарника (система розширювальних клапанів). Оскільки холодоагент, який залишив випарник/акумулятор, є парою, він більше не може поглинати теплову енергію та діяти як охолоджувач[10-14].

Під час стиснення холодоагенту всередині компресора тиск і температура швидко зростають. Ідеальна система збільшить тиск від 200 до 2250 кПа.

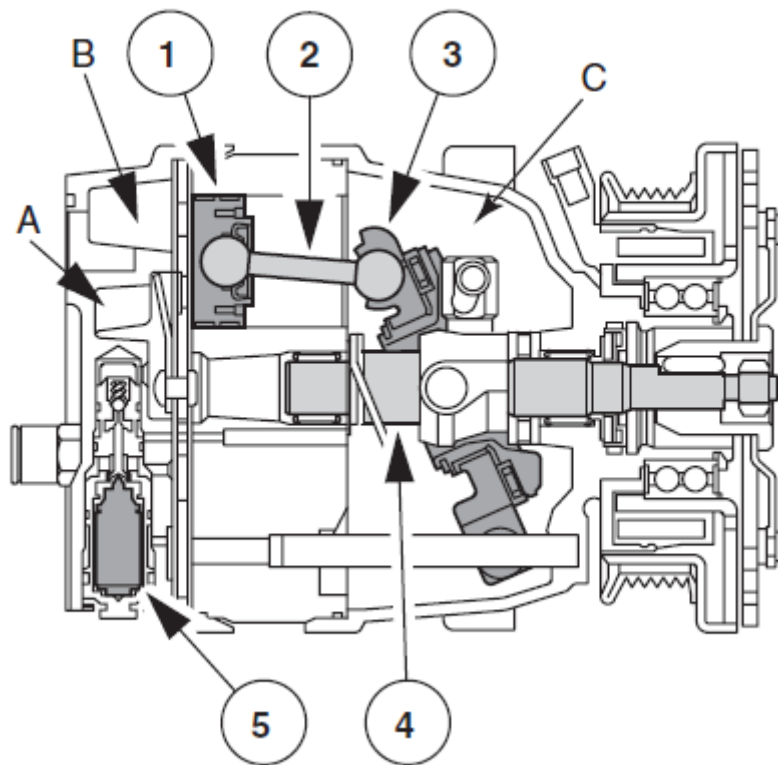
Підвищення температури може досягати 0°C–110°C. Коли система кондиціонування повітря працює, тиск всмоктування становить від 120 до 300 кПа, коли система знаходиться під високим навантаженням, тиск і температура холодоагенту може досягати 2800 кПа і 125°C[15].

Компресор може стискати лише пари холодоагенту. Будь-яка рідина або бруд, що потрапили в компресор, спричинять його пошкодження.

Точка кипіння холодоагенту при 2250 кПа становить 57°C, тому холодоагент залишатиметься в газоподібному стані, доки холодоагент не віддасть достатньо тепла, щоб опуститися нижче 57°C. Для цього холодоагент тече від вихідного отвору компресора до конденсатора.

Існує три основні категорії компресорів[13]:

1. Зворотньо-поступальний – кривошипно-поршневий (перекидний диск).
2. Поворотно – крильчатковий.
3. Коливальний – спірального типу.



1. Поршень (у розрізі показано лише одну сторону); 2. Шатун; 3. Похила пластина; 4. Ведучий вал; 5. Регулюючий клапан (встановлюється лише на компресори із змінною продуктивністю); А. Камера високого тиску; В. Камера низького тиску; С. Внутрішня барокамера.

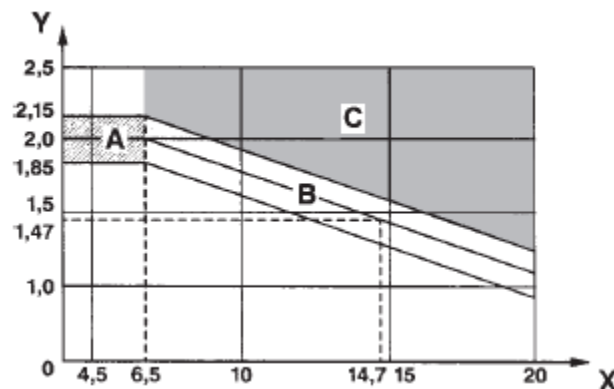
Рисунок 1.3 – Аксіально-поршневий компресор зі змінним робочим об'ємом (із похилою пластиною)

Аксіально-поршневий тип є одним із найпоширеніших типів компресорів і може мати фіксовану або змінну продуктивність. Насосні циліндри розташовані по колу зовні приводного валу (4) і паралельно його осі. Кожен циліндр має подвійний поршень з окремою насосною камерою на кожному кінці. Кожна насосна камера має набір впускних і випускних пластинчастих клапанів. Вхідні пластинчасті клапани під'єднані до вхідного отвору компресора через внутрішні отвори, а випускні клапани під'єднані до випускного отвору компресора через внутрішні отвори.

На ведучому валу кріпиться перекидний диск (3). Перекидний диск розташований під кутом. Поршні всередині насосної камери з'єднані з

перекидним диском через поворотні кульові шарніри. Обертання перекидної пластини змушує поршні здійснювати зворотно-поступальний рух у своїх насосних камерах. Коли об'єм над поршнем збільшується, холодоагент надходить у камеру через впускні пластинчасті клапани. Коли об'єм над поршнем зменшується, холодоагент під тиском виходить із насосної камери через випускні пластинчасті клапани насосної камери. Положення перекидної пластини визначатиме довжину ходу поршня, що дозволяє компресору змінювати свою потужність[5].

Регулювання робочого об'єму компресора регулюється регулюючим клапаном (5), розташованим у задній торцевій пластині компресора. Регулюючий клапан намагається підтримувати постійний тиск на стороні низького тиску компресора, також відомий як контрольна точка, яка визначається заводськими налаштуваннями та не може бути відрегульована під час експлуатації[7].



X. Високий тиск у барах; Y. Низький тиск у барах; A. Зона мінімальної потужності; B. Зона регулювання; C. Максимальна місткість

Рисунок 1.4 – Графік, що демонструє схему регулювання компресора з перекидною пластиною змінної продуктивності.

Як обговорювалося раніше, об'єм компресора із змінною продуктивністю визначається кутом нахилу самої пластини. Це функція співвідношення між високим і низьким тиском всередині компресора, яка контролюється регулюючою схемою. Графік буде відрізнятися в залежності від типу компресора.

## 1.5 Радіатор-конденсатор

Функція конденсатора полягає в тому, щоб діяти як теплообмінник для розсіювання теплової енергії, що міститься в холодоагенті. Перегріта пара надходить у конденсатор зверху, а переохолоджена рідина виходить з конденсатора знизу. Конденсатор має бути високоефективним, але максимально компактним.

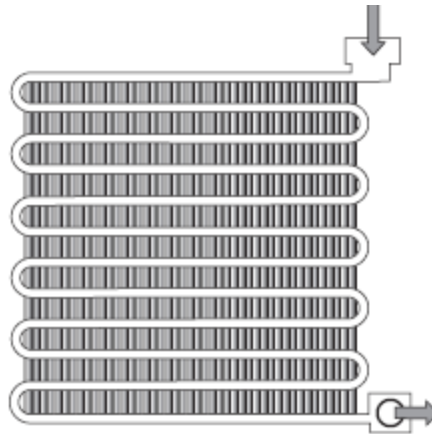


Рисунок 1.5 – Конденсатор та потік холодоагенту у ньому.

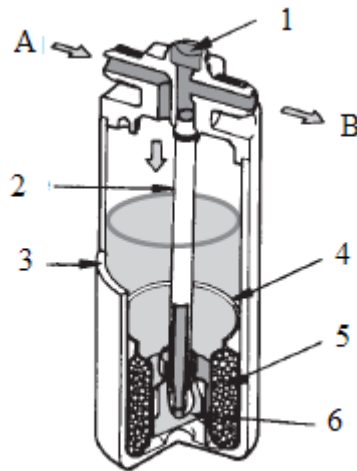
Компресор підвищує тиск і температуру. Необхідно знизити температуру нагрітого холодоагенту, щоб перетворити його назад на рідину, що дозволить йому знову діяти як охолоджувач пізніше в системі. Для цього холодоагент надходить у конденсатор у вигляді пари та віддає тепло навколишньому простору, а більша частина холодоагенту (залежно від навантаження системи) конденсується назад у рідину, яка потім надходить у ресивер/осушувач.

Конденсатор розташований у передній частині транспортного засобу, де можна досягти сильного повітряного потоку через його площу, коли автомобіль рухається. Щоб допомогти відведенню тепла, коли транспортний засіб стоїть на місці або на низькій швидкості, конденсатор оснащений одним або системою подвійного вентилятора. Кожухи часто використовуються для направлення повітряного потоку на поверхню конденсатора.

## 1.6 Ресивер-осушувач/акумулятор

Ресивер-осушувач (рис. 2.32) використовується, коли використовується дозуючий пристрій з термостатичним розширювальним вентилем і

встановлюється між конденсатором і термостатичним розширювальним вентилем.



А – Вхід; В – вихід; 1 – оглядове вікно; 2 – приймальна трубка; 3 – корпус; 4 – осушувач; 5 – силікагель; 6 – фільтр.

Рисунок 1.6 – Ресивер-осушувач/акумулятор

Функція ресивера-осушувача полягає в наступному:

1. Забезпечення очищення системи від бруду, запобігаючи надмірному зносу або передчасному виходу з ладу компонентів.
2. Видаляє вологу з холодоагенту, запобігаючи утворенню льоду на будь-яких компонентах системи, що може призвести до блокування, а також запобігаючи утворенню внутрішньої корозії.
3. Діяти як тимчасовий резервуар для забезпечення системи холодоагентом за різних умов навантаження.
4. До розширювального клапана може надходити лише рідкий холодоагент.
5. Для діагностики (іноді встановлюється оглядове скло).

Холодоагент, що надходить до ресивера-осушувача в ідеальній системі, знаходиться в рідкому стані. Якщо система працює під великим навантаженням, конденсатор може бути недостатньо ефективним для повної конденсації холодоагенту, а це означає, що може бути присутня невелика кількість пари. Рідина і пара можуть потрапити в ресивер через вхідний отвір, де вони

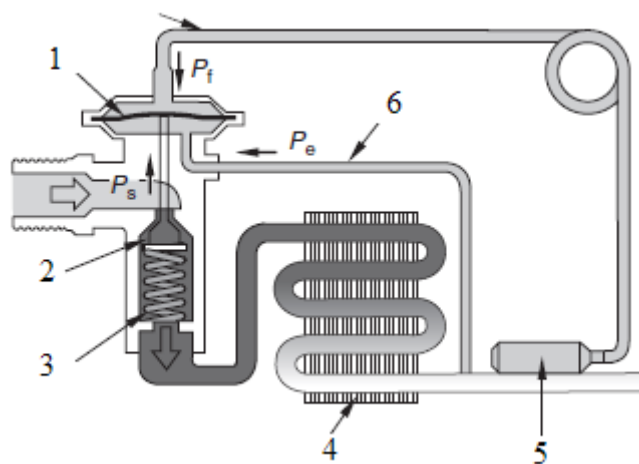
розділяться. Рідина опуститься в нижню частину ресивера, а пара підніметься вгору. Вихідний патрубок з'єднаний з трубкою ресивера, яка має точку всмоктування в нижній частині ресивера, де розташований фільтр. Холодоагент протікає через осушувач і фільтр, щоб потрапити до вихідної трубки. Це гарантує, що до розширювального клапана надходить лише рідкий холодоагент.

### 1.7 Розширювальний клапан

Для контролю об'єму холодоагенту, що протікає через випарник, необхідно використовувати дозуючий пристрій.

Функція дозуючого пристрою полягає в наступному:

- Відокремлення сторони високого тиску від сторони низького тиску в системі.
- Вимірювання об'єму холодоагенту і, отже, холодопродуктивності випарника.
- Забезпечення виходу перегрітого холодоагенту з випарника.



1 – Діафрагма; 2 – клапан; 3 – пружина; 4 – випарник; 5 – термочутлива трубка; 6 – зворотна трубка.

Рисунок 1.7 – Система із розширювальним клапаном.

В даний час існує дві основні категорії вимірювальних пристроїв: термостатичний розширювальний клапан (TXV або TEV) і клапан з фіксованим отвором (FOV). Перепад тиску на випарнику використовується для визначення того, який тип клапана є найбільш підходящим. У простих системах

кондиціонування зазвичай використовується лише один з цих дозуючих пристроїв. У подвійних системах кондиціонування можуть використовуватися як TXV, так і FOV.

Перегрів в системі розширення дуже важливий. Він гарантує, що весь рідкий холодоагент всередині випарника випарувався з рідини. Зазвичай він вимірюється різницею в температурі кипіння холодоагенту на вході і виході з випарника, яка може досягати  $10^{\circ}\text{C}$ . Випарники, залежно від їхніх конструктивних особливостей, працюють у межах різного перегріву, і розширювальні клапани підлаштовуються під нього шляхом регулювання натягу пружини клапана перегріву.

Висока температура передається на термочутливу трубку (дистанційну колбу), яка містить інертну рідину (відмінну від холодоагенту), що розширюється всередині колби, збільшуючи тиск через її фіксований об'єм. Збільшення тиску передається через капілярну трубку на верхню частину діафрагми, дозволяючи діафрагмі подолати комбінований тиск пружини перегріву ( $P_s$ ) та холодоагенту, що виходить ( $P_e$ ). Клапан відкривається далі і дозволяє більшому об'єму холодоагенту проходити через випарник, щоб впоратися зі збільшенням навантаження. Це знизить температуру холодоагенту на виході з випарника. Це зниження температури передається на термочутливу трубку і змусить рідину всередині стиснутися. Це зменшить тиск всередині капілярної трубки і діафрагми. Зменшення сили  $P_f$  над діафрагмою дозволить тиску пружини перегріву  $P_s$  і тиску холодоагенту, що виходить з випарника  $P_e$ , виштовхнути діафрагму вгору, зменшуючи розмір отвору  $i$ , таким чином, зменшуючи об'єм холодоагенту.

Це безперервне регулювання і балансування сил контролює об'єм холодоагенту, щоб забезпечити наявність перегрітого холодоагенту всередині і на виході з випарника. Виробники регулюють розширювальні клапани, щоб забезпечити їхню роботу в умовах перегріву. Заводські налаштування не можна змінювати, а для заміни несправного розширювального клапана завжди слід використовувати правильний розширювальний клапан. Деякі розширювальні



клапани мають невеликий V-подібний виріз у сідлі клапана, щоб у разі несправності або заклинювання клапана в закритому стані невелика кількість холодоагенту все ще могла протікати по системі.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Особливості тестування систем автомобільних кондиціонерів на щільність

Тестування систем автомобільних кондиціонерів на щільність є важливим процесом, що допомагає виявити витоки холодоагенту, які можуть призвести до зниження ефективності роботи системи та потенційних екологічних проблем. Основні методи тестування включають використання вакууму, азоту та спеціальних витокошукачів. Ось основні особливості цих методів:

#### *2.1.1 Тестування за допомогою вакууму*

##### **Процес:**

Система кондиціонування спочатку повністю спорожняється від холодоагенту. Потім до системи під'єднується вакуумний насос, який створює вакуум всередині системи. Після досягнення потрібного рівня вакууму система залишається у такому стані на певний час (зазвичай від 30 хвилин до кількох годин).

##### **Переваги:**

Метод дозволяє виявити навіть найменші витоки. Вакуум також видаляє вологу з системи.

##### **Недоліки:**

Потребує спеціального обладнання. Не вказує точне місце витоку, лише факт його наявності.

#### *2.1.2 Тестування за допомогою азоту*

##### **Процес:**

Система кондиціонування спочатку спорожняється від холодоагенту. Потім система заповнюється сухим азотом під високим тиском (зазвичай до 150-200 psi). Після цього система перевіряється на наявність витоків за допомогою мильного розчину або електронного витокошукача.

##### **Переваги:**

Азот є інертним газом, що запобігає корозії. Метод дозволяє виявити навіть найменші витоки.

**Недоліки:**

Потребує спеціального обладнання для високого тиску. Може бути небезпечним при неправильному використанні через високий тиск.

**2.1.3 Тестування за допомогою спеціальних витокошукачів**

**Процес:**

Система кондиціонування працює з холодоагентом або іншим тестовим газом (наприклад, формування). Витокошукач (електронний або ультрафіолетовий) використовують для виявлення витоків у всіх з'єднаннях, шлангах та інших компонентах системи.

**Переваги:**

Метод дозволяє точно визначити місце витоку. Електронні витокошукачі є дуже чутливими до холодоагенту.

**Недоліки:**

Витокошукачі потребують калібрування та регулярного обслуговування. Ультрафіолетовий метод потребує введення спеціального барвника в систему.

**2.1.4 Підготовка до тестування**

Перед початком тестування на щільність важливо виконати наступні підготовчі роботи:

**Спорожнення системи:** Вся система повинна бути спорожнена від холодоагенту. Це може бути зроблено за допомогою спеціальних станцій для відкачування холодоагенту.

**Перевірка компонентів:** Всі компоненти системи (шланги, з'єднання, компресор, конденсатор, випарник) повинні бути візуально оглянуті на наявність видимих пошкоджень або слідів витоку.

**Чистота системи:** Система повинна бути чистою від бруду та залишків масла, які можуть перешкоджати тестуванню.

### **2.1.5 Виконання тесту**

**Створення умов для тестування:** система повинна бути підготовлена до одного з описаних методів тестування.

**Зчитування показників:** після створення необхідних умов (вакууму, високого тиску азоту або роботи з вигокошукачем) система повинна бути перевірена на стабільність показників (вакуум не повинен падати, тиск не повинен знижуватися).

**Виявлення витоків:** за допомогою відповідного методу проводиться пошук витоків по всій системі. У разі виявлення витоків вони повинні бути позначені для подальшого ремонту.

### **2.1.6 Заключні роботи**

Після тестування на щільність важливо виконати наступні роботи:

**Ремонт виявлених витоків:** Всі виявлені витoki повинні бути усунені (заміна шлангів, ущільнювачів тощо).

**Повторне тестування:** Після ремонту система повинна бути протестована повторно для підтвердження відсутності витоків.

**Заправка холодоагентом:** Після успішного тестування система повинна бути заправлена холодоагентом до необхідного рівня.

### **Висновок**

Тестування систем автомобільних кондиціонерів на щільність є критичним етапом обслуговування, який допомагає забезпечити ефективну та надійну роботу системи. Використання відповідних методів та дотримання процедур тестування дозволяє своєчасно виявляти та усувати витoki, що забезпечує комфорт і безпеку під час експлуатації автомобіля.

## **2.2 Існуючі стенди для тестування та обслуговування автомобільних кондиціонерів**

### **2.2.1 Bosch ACS 611.**

Автоматизований стенд з високою точністю та широким набором функцій.

**Функції:** Вакуумування; Заправка фреоном; Тестування герметичності;  
 Вимірювання тиску та температури фреону; Відновлення фреону;  
 Додаткові функції: очищення системи, додавання масла, друк звітів.



Рисунок 2.1 – Bosch ACS 611

**Технічні характеристики:**

- Продуктивність вакуумного насоса: 20-80 л/хв
- Об'єм бака для фреону: 10-30 л
- Діапазон вимірювання тиску: -1 до 30 бар
- Діапазон вимірювання температури: -40 до 120°C
- Точність вимірювання тиску:  $\pm 0,5\%$
- Точність вимірювання температури:  $\pm 1^\circ\text{C}$

**Переваги:**

- Автоматизований процес
- Висока точність
- Широкий набір функцій
- Простота використання

**Недоліки:**

- Висока вартість (2400,00 €)
- Займає багато місця

**2.2.2 Texa 760 BUS.**

Потужний стенд з широкими можливостями діагностики.



Рисунок 2.2 – Texa 760.

- **Функції:**

- Зчитування кодів несправностей
- Тестування датчиків та активаторів
- Програмування блоків управління

- **Технічні характеристики:**

- Сумісність з різними марками та моделями автомобілів
- Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс
- Можливість оновлення програмного забезпечення

- **Переваги:**

- Комплексна діагностика електронних систем
- Дозволяє виявити та усунути несправності
- Простота використання

- **Недоліки:**

- Висока вартість (2800,00 €)
- Потребує спеціальних знань для використання

### 2.2.3 ODO VAC 1.

Навчальний стенд з базовими функціями вакуумування та заправки.

- **Функції:**

- Навчання принципам роботи системи кондиціонування
- Відпрацювання навичок діагностики та ремонту

- **Технічні характеристики:**

Імітація різних несправностей

Наочні матеріали

Можливість роботи з різними типами систем кондиціонування



Рисунок 2.3 – ODO VAC 1

- **Переваги:**

Ефективне навчання

Розвиток практичних навичок

Дозволяє ознайомитися з різними типами систем кондиціонування

- **Недоліки:**

Не підходить для глибокого вивчення діагностики та ремонту

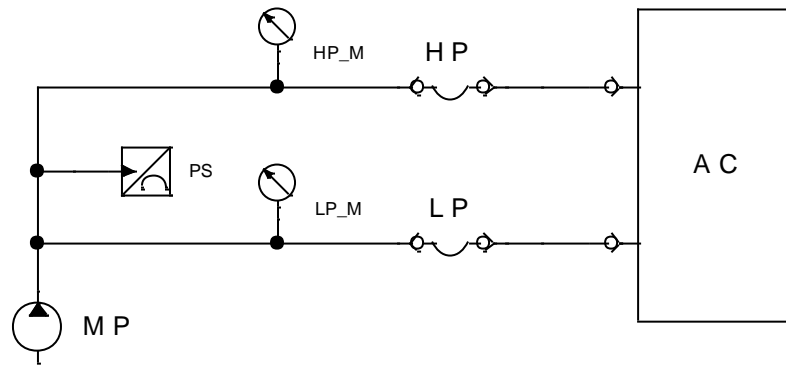
Ціна (3400,00 €)

### **2.3 Запропонований стенд для перевірки герметичності автомобільного кондиціонера**

Стенд для перевірки герметичності, який використовує компресор від холодильника, може бути ефективним та доступним рішенням. На рис. 2.4 наведено схему запропонованого стенду.

Компресор від холодильника: виконує функцію подачі повітря під тиском є відносно малошумним та економним.

Манометри використовуються для вимірювання високого та низького тиску в системі.



MP – компресор від холодильника; PS – сенсор тиску; HP\_M та LP\_M – манометри високого та низького тиску у системі; HP і LP – швидкокороз'ємні з'єднання; AC – система автомобільного кондиціонера.

Рисунок 2.4 – Схематичне зображення запропонованого стенду.

Шланги високого тиску використовуються для з'єднання компресора з системою кондиціонера автомобіля і є стійкими до високого тиску та хімічно інертними до холодоагенту.

Швидкокороз'ємні з'єднання використовуються для зручного підключення та відключення від системи автомобіля, забезпечують надійне герметичне з'єднання.

#### 2.4 Порядок використання стенду.

З'єднати шланги високого тиску між компресором, манометрами та системою кондиціонера автомобіля за допомогою швидкокороз'ємних з'єднань.

Під'єднати живлення стенду до електромережі. Стенд автоматично ввімкнеться, при цьому зростатиме тиск у системі кондиціонування. При досягненні тиску в системі 1,2 МПа, який вимірюється за допомогою сенсора тиску, схема керування автоматично вимкне компресор холодильника. Якщо не буде спадання тиску в системі кондиціонування протягом 15 хвилин, систему можна вважати герметичною. У випадку, коли буде спад тиску у системі нижче 1,15 МПа, стенд ввімкне звуковий сигнал, що свідчитиме про те, що система автомобільного кондиціонера не має щільності.

Спостерігати за показниками манометрів. Якщо тиск не змінюється, система герметична. Якщо тиск знижується, є витоки.



Використовуючи мильний розчин або електронний ви́токошукач, перевірити всі з'єднання на наявність бульбашок або витоків. Провести необхідний ремонт у разі виявлення витоків.

Після проведення тестування, випустити повітря із системи через спеціальний клапан.

Вимкнути всі прилади та від'єднати шланги.

#### **2.4.1 Компоненти стенду**

Використання Arduino для керування стендом значно спрощує процес автоматизації та надає більше можливостей для налаштування і збирання даних. Ось детальний опис компонентів та програми для такого стенду.

1. Arduino (UNO, Mega або інша версія)
2. Компресор від холодильника (C)
3. Сенсор тиску (P)
4. Реле (R)
5. Звуковий сигнал (S)
6. Манометри (M)
7. Живлення 220 В (AC)
8. Джерело живлення для Arduino (5 В)
9. Резистори, дроти, макетна плата

Сенсор тиску (P) -----> Arduino (A0)

Реле (R) -----> Arduino (D8)

Звуковий сигнал (S) ----> Arduino (D9)

1. **Компресор**: підключений до реле, яке керується Arduino.
2. **Сенсор тиску**: підключений до аналогового входу A0 на Arduino.
3. **Реле**: підключене до цифрового виходу D8 на Arduino.
4. **Звуковий сигнал**: підключений до цифрового виходу D9 на Arduino.

#### **2.4.2 Код для Arduino**

```
const int pressureSensorPin = A0; // Пін сенсора тиску
const int relayPin = 8;          // Пін реле
const int buzzerPin = 9;        // Пін звукового сигналу
const float maxPressure = 1.2;  // Максимальний тиск у МПа
const float minPressure = 1.15; // Мінімальний тиск у МПа
```

```

const unsigned long testDuration = 15 * 60 * 1000; // Тривалість тесту (15 хвилин)
float readPressure();
void activateCompressor();
void deactivateCompressor();
void activateBuzzer();
void deactivateBuzzer();

void setup() {
  pinMode(pressureSensorPin, INPUT);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);

  Serial.begin(9600);
  activateCompressor();
}

void loop() {
  float pressure = readPressure();

  // Якщо тиск досяг 1.2 МПа, вимкнути компресор
  if (pressure >= maxPressure) {
    deactivateCompressor();
    unsigned long startTime = millis();

    // Перевірка стабільності тиску протягом 15 хвилин
    while (millis() - startTime < testDuration) {
      pressure = readPressure();
      Serial.print("Pressure: ");
      Serial.println(pressure);

      if (pressure < minPressure) {
        activateBuzzer();
        break;
      }
      delay(1000); // Затримка для читання тиску кожену секунду
    }

    // Завершення тесту
    deactivateBuzzer();
    while (true); // Зупиняємо виконання програми
  }
}

float readPressure() {
  int sensorValue = analogRead(pressureSensorPin);

```

```
// Перетворення значення сенсора в тиск у МПа (залежить від типу сенсора)
float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
float pressure = (voltage - 0.5) * (2.0 / 4.5); // Примірне рівняння перетворення
return pressure;
}

void activateCompressor() {
  digitalWrite(relayPin, HIGH);
}

void deactivateCompressor() {
  digitalWrite(relayPin, LOW);
}

void activateBuzzer() {
  digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
}

void deactivateBuzzer() {
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);
}
```

### ***2.4.3 Пояснення коду***

1. **Налаштування пінів:** Встановлення режимів роботи пінів для сенсора тиску, реле та звукового сигналу.
2. **Функції активації/деактивації:** Функції для увімкнення та вимкнення компресора та звукового сигналу.
3. **Основний цикл:** У головному циклі програми перевіряється тиск у системі. Якщо тиск досягає 1.2 МПа, компресор вимикається і починається перевірка стабільності тиску протягом 15 хвилин. Якщо тиск падає нижче 1.15 МПа, активується звуковий сигнал.

### **3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Методика проведення експериментальних досліджень**

Під час тестування автомобіля Renault Megane 3 1.5 dci на відрізку дороги із часом їзди 20 хвилин були зафіксовані наступні параметри: миттєва швидкість за даними системи позиціонування GPS, середня витрата палива, середня споживана потужність автомобілем і температура двигуна (табл. 3.1).

Варто зазначити, що під час руху автомобіля без тяги були враховані такі умови:

- Температура двигуна перед поїздкою становила 82°C, а температура навколишнього повітря - 25°C;
- Система клімат-контролю була увімкнена, а температура в салоні встановлена на рівні 21°C;
- У першому пробному заїзді компресор кондиціонера був вимкнений;
- У другому пробному заїзді компресор кондиціонера був увімкнений.
- В обох заїздах автомобіль рухався з однаковою середньою швидкістю.

Для збору даних про роботу двигуна в зазначених умовах використовували діагностичний сканер ELM-327 та програмне забезпечення TorquePro. Це програмне забезпечення дозволило збирати дані в режимі реального часу під час руху автомобіля, що дозволило оцінити вплив роботи системи клімат-контролю на техніко-економічні показники автомобіля.

#### **3.2 Результати експериментальних досліджень**

Внаслідок проведення експериментальних заїздів автомобіля Renault Megane 3 1.5 dci на ділянці дороги протягом їзди загальним часом 20 хв були отримані наступні основні техніко-економічні показники:

Середня швидкість була однаковою в обох заїздах, що дозволяє порівнювати інші показники в однакових умовах.

Таблиця 3.1 – Основні техніко-економічні показники дослідного автомобіля

Параметр	Ввімкнений компресор кондиціонера	Вимкнений компресор кондиціонера
Середнє значення швидкості, км/год	50	50
Середнє споживання палива, л/100 км	6,8	5,90
Середня споживана потужність двигуном, кВт	10	8,78
Середня значення температури двигуна, °С	95	93

Використання компресора кондиціонера збільшило середню витрату палива на 0,9 л/100 км. Це збільшення витрати палива пояснюється додатковою енергією, необхідною для роботи компресора, що підвищує навантаження на двигун.

Таблиця 3.2 – Зміна температури в салоні автомобіля під час поїздки

Час (хвилини)	Температура з вимкненим кондиціонером (°С)	Температура з увімкненим кондиціонером (°С)
0	28	28
1	28.5	26.6
2	29	25.2
3	29.5	23.8
4	30	22.4
5	30.5	21
6	31	21.1
7	31.5	21.2
8	32	21.3
9	32.5	21.4
10	33	21.5
11	33.5	21.6
12	34	21.7
13	34.5	21.8
14	35	21.9
15	35.5	22
16	36	22.1
17	36.5	22.2
18	37	22.3
19	37.5	22.4
20	38	22.5

Ввімкнення компресора кондиціонера призвело до збільшення середньої споживаної потужності автомобіля на 1,22 кВт. Це додаткове навантаження на двигун може бути результатом роботи компресора, який потребує додаткової потужності для підтримки роботи системи кондиціонування.

Середня температура двигуна збільшилась на 2°C при ввімкненому компресорі кондиціонера. Це підвищення температури може бути спричинене додатковим тепловим навантаженням від роботи компресора.

Також нами моніторилась температура в салоні автомобіля. Ці результати наведені в табл. 3.2.

Як бачимо з отриманих результатів, можна стверджувати, що непрацюючий кондиціонер негативно впливатиме на комфорт пасажирів автомобіля, проте дещо підвищує витрату палива.

### **3.3 Висновки по розділу**

Ввімкнення компресора кондиціонера значно збільшує витрату палива. Це слід враховувати при довготривалих поїздках або при необхідності економії палива.

Робота кондиціонера потребує додаткової потужності, що збільшує загальне енергоспоживання автомобіля. Це може вплинути на продуктивність інших систем автомобіля, особливо під час роботи в умовах високого навантаження.

Підвищення температури двигуна при ввімкненому кондиціонері може вплинути на довговічність двигуна, особливо при тривалому використанні системи кондиціонування у спекотних умовах.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному розділі розглянемо безпеку роботи під час технічного обслуговування та ремонту систем кондиціонування повітря, що встановлюються на автомобілі, розглянемо порядок обслуговування та ремонту цих систем. Окремо розглянемо вплив холодоагентів на навколишнє середовище.

### 4.1 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій

Процеси формування та виникнення аварій, а також виробничих травм є випадковими подіями (явищами), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію і пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події. Усі початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) слід виявляти у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій.

Поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва. Якщо на схемах, що зображують процеси перебігу випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації (табл. 4.1) складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистичне залежними або незалежними. Статистичне залежні події – це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистичне незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні - послідовно.

Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) подій. Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання в галузях автомобільного господарства, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій. [17]

Таблиця 4.1 - Моделювання травмонебезпечних і аварійних ситуацій

Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечній ситуації
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Монтаж-демонтаж ПНВТ двигуна	Монтаж конденсатора на автомобіль здійснюється вручну НУ	Можливе випадкове увімкнення вентилятора радіатора НД <sub>1</sub> Можливе падіння ПНВТ НД <sub>2</sub>	Можливе падіння компресора на працівника, взаємодія двигуна із органами працівника	Травма, аварія	Автомобіль повинен бути знеструмлений перед монтажем, користуватись спеціальним взуттям
<pre> graph LR     NU --&gt; ND1     ND1 --&gt; NS     ND2 --&gt; NS     NS --&gt; T </pre> <p>Модель процесу</p>					
Виконання розбирально-складальних операцій	Неналежний технічний стан інструменту НУ	Зривання ключа з граней кріпильних елементів НД	Удар кистю руки об елементи стенду НС	Травма	Використання справного інструменту
<pre> graph LR     NU --&gt; ND     ND --&gt; NS     NS --&gt; T </pre> <p>Модель процесу</p>					

Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо взяти обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою



життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек, ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій. Процес пошуку потенційних небезпек на виробництві ґрунтується на більш точному і ефективному проведенні існуючого оперативного контролю, який також повинен бути відповідно удосконалений [17,18].

Аналізуючи кожен з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків (табл. 4.1). Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти ту подію (явище), що є причиною (однієї з причин) формування досліджуваного процесу. Метод логічного моделювання травмонебезпечних аварійних та інших ситуацій значно полегшує пошук причин аварій, виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод при їх розслідуванні.

#### **4.2 Заходи безпеки при роботах із автомобільними кондиціонерами**

Співдружність автомобільних інженерів (SAE) має чіткі стандарти, що стосуються безпечної обробки та використання холодоагентів[3].

Перелік документів стосовно CFC-12 згідно SAE:

- SAE J1989: процедури обслуговування;
- SAE J1990: технічні характеристики та їх утилізація;
- SAE J1991: стандарт чистоти;
- SAE J2209: обладнання для видобутку CFC-12.

Перелік документів стосовно HFC134a згідно SAE:

- SAE J2211: процедура обслуговування;
- SAE J2210: технічні характеристики та їх утилізація
- SAE J2099: стандарт чистоти
- SAE J1732: видобуток HFC134a та обладнання

*Обробка холодоагенту.*

Досить часто обслуговуючий персонал під час технічного обслуговування системи кондиціонування проводить відкачку холодоагенту із системи. Залежно від того, як ці холодоагенти обробляються після видалення, вони можуть бути віднесені до відновлених, вивільнених або вилучених.

Під час під'єднання сервісного обладнання для роботи з холодоагентом, необхідно провести аналіз стану самого холодоагенту. Якщо результати показують вміст NCG (неконденсованих газів), не менше 98%, то холодоагент може бути внутрішньо відновлений для видалення будь-яких забруднюючих речовин. Якщо аналізатор показує вміст NCG менше 98% тоді холодоагент повинен бути відкачаний та замінений новим.

Під час роботи з холодоагентом слід дотримуватись наступних запобіжних заходів:

1. Не працювати з холодоагентом в закритому приміщенні або біля відкритого полум'я.
2. Завжди носити ЗІЗ (засоби індивідуального захисту).
3. Остерігатись, щоб холодоагент не потрапив в очі або на шкіру.

Якщо рідкий фреон потрапляє в очі або на шкіру:

1. не терти поразені області;
2. промити поразені області великою кількістю проточної води;
3. нанести чистий вазелін на шкіру;
4. негайно проконсультуватись в лікаря або звернутись в лікарню для професійного лікування.

При заміні частин на лінії холодоагента:

1. Відкачати холодоагент перед заміною.
2. Негайно загерметизувати відключені частини для запобігання проникнення вологи й пилу.
3. Не залишати новий конденсор або ресивер-осушувач у відкритому стані, задля запобігання попаданню вологи.
4. Розрядити газоподібний азот з клапану зарядки перед зняттям заглушки із нового компресора.

5. Не використовувати пальник для гнуття або зварки труб.

Якщо газоподібний азот не розрядити спочатку, компресорне мастило вийде із азотом при видаленні заглушки із компресора.

Для жорстких з'єднань елементів:

1. Застосувати кілька крапель компресорного мастила на ущільнювачі при монтажі для запобігання протікання холодоагенту.

2. Затягувати гайки, використовуючи два ключі, щоб уникнути скручування трубки.

Позначення холодоагентів.

Кожен транспортний засіб з системою кондиціонування має наклейку, розташовану на панелі під капотом із зазначенням холодоагенту, що використовується:

Заповнені холодоагентом R12 = чорна наклейка.

Заповнені холодоагентом R134a = жовта наклейка.

Переобладнані на R134a = блідо-синя наклейка.

Всі контейнери з холодоагентом є чітко позначені, показуючи тип холодоагенту, який вони містять.

Білий контейнер: заповнений холодоагентом R12, різьба для під'єднання штуцерів: 7/16"-20. Хімічна назва: Dichlorodifluoromethane, температура кипіння: -29.70 ° C. Прихована теплота пароутворення: 9.071 калорій або 38007 Дж, або 36 одиниць при 0 ° C.

Світло-блакитний контейнер заповнено холодоагентом R134a, різьба для під'єднання штуцерів: 1/4" або 1/2"-16. Хімічна назва: Tetrafluoroethane кипіння: -25.15 ° C. Прихована теплота випаровування: 11.843 калорій або 49622 Дж, або 47.19 одиниць при 0 ° C.

Відновлений холодоагент очищається для видалення забруднюючих речовин, що утворюються в процесі нормального функціонування системи кондиціонування. Ці забруднення складаються із повітря, води і масла. Повітря відводиться назовні, вода поглинається осушувачем і олива відділяється. Більшість сучасних сервісних приладів для кондиціонерів включають послуги

відновлення, які автоматично вбудовані в сервісний прилад. Відновлений холодоагент повинен відповідати тим же стандартам, як і свіжий холодоагент згідно SAE J1991 і J2099. Стандарти чистоти не мають впливати на продуктивність або працездатність системи. Холодоагенти отримані з інших джерел, повинні відповідати стандарту API 700 або EN12205, щоб переконатися, що холодоагент не забруднений і відповідає нормам закону.

SAE J2099 відповідає стандарту чистоти для переробленого холодоагенту HFC134a для використання в мобільних системах кондиціонування, який безпосередньо видалено з автомобільних систем, не може перевищувати такі рівні забруднюючих речовини:

- вологи: 50 ppm (частин на мільйон) за вагою;
- холодильне олива: 500 мільйонних часток за вагою.
- неконденсованих газів (повітря): 150 ppm за вагою.

*Системи одноразового очищення.* У системах одноразового очищення холодоагент відкачується з транспортного засобу та потім проходить через оливний сепаратор. Це призводить до видалення будь-яких мастил. Поряд із цим фільтр-осушувач видаляє вологу та забруднюючі речовини. Після закінчення такого одного циклу очищення, відновлений холодоагент надсилається до контейнерів на зберігання.

*Системи багаторазового очищення.* У системах багаторазової очистки холодоагент відкачується з автомобіля, проходить через оливавідділювач, що видаляє будь-які оливи та набір фільтрів-осушувачів, що видаляє вологу та забруднюючі частки, а потім закачується в ємність для зберігання. Коли перероблений холодоагент потрібно використати, відновлювальний електромагнітний клапан відкривається, дозволяючи замкнутий цикл фільтрації, під час якої охолоджувач проходить через картридж осушувача кілька разів, поки повністю не видалиться волога. Станція відновлення має індикатор, що попереджає оператора або автоматично включає вентиляцію відновлювальної ємності для видалення повітря. Індикатор показує, якщо рефрижерант готовий до використання.

*Розчинені холодоагенти.* Розчинені холодоагенти (такі, що змішані з іншими холодоагентами) після переробки відповідають тим ж стандартам чистоти, що і новий холодоагент. Цей процес вимагає дорогого устаткування, які зазвичай не присутні на станціях обслуговування. Для цього такий холодоагент відновлюється у заводських умовах.

*Вилучений холодоагент.* Вилучені холодоагенти просто відкачуються і зберігаються в герметичних контейнерах. Цей процес використовується під час обслуговування система кондиціонування, коли холодоагент повинен бути вилучений із системи автомобіля.

Основними джерелами забруднення у відновлених холодоагентах є:

1. Волога - можливі обмерзання ТРВ (терморозширювальний вентиль) і зниження теплопередачі випарника, може збільшити формування суспензій кислоти із масла.

2. Неконденсовані гази (NCG) - хімічно інертні гази в системі холодоагенту може викликати такі дії:

- зменшується ефективність охолодження;
- підвищення тиску у системі;
- більш високі температури у системі.

3. Органічні забруднення - це результат від розкладання різних органічних матеріалів, таких як олива, ізоляції, лак, прокладки і клеї. Це може викликати проблеми закорковування невеликих отворів, в результаті чого обмежується прохідність системи та можливе залипання клапанів.

4. Металеві забруднення:

- прискорення зношування компресора та підшипників;
- закупорення масляних отворів в компресорі, призводить до неправильного змащення;
- виступають в якості каталізатора для пришвидшення шкідливих хімічних реакцій в системі.

Ось чому дуже важливо використовувати аналізатор холодоагента з можливостями його відновлення.

### 4.3 Особливості зберігання холодоагентів.

Гази R12 і R134a можуть бути небезпечними, якщо неправильно зберігаються при нормальній кімнатній температурі. Новий холодоагент, що зберігається в оригінальному, належним чином заповненому контейнері зазвичай не становить небезпеку. Однак, перероблений холодоагент може бути небезпечним, якщо він зберігається в неправильному типі балону або переповненій ємності. Для запобігання нещасних випадків, при роботі з переробленим холодоагентом, ніколи не зберігати одноразові ємності з холодоагентом із ємностями для повторного використання. Видалити всі холодоагенти і утилізувати ємності належним чином. Використовувати ємності лише за призначенням. Ніколи не заповнювати контейнер на більш ніж 60% загальної ємності. Ніколи не зберігайте балони з холодоагентом під дією прямих сонячних променів і тепла. Висока температура викликає розширення газу, що збільшує тиск в контейнері і може призвести до його руйнування.

Для контролю тиску балонів, встановити калібровані манометри з ціною поділки 5 кПа і термометр для контролю температури в ємності. Слід не перевищувати значення тиску відповідного температурі, що подані в табл. 4.2[5].

Таблиця 4.2 - Максимальні значення тиску холодоагенту в залежності від температури при зберіганні

<i>Temp °C</i>	<i>kPa</i>	<i>Temp °C</i>	<i>kPa</i>	<i>Temp °C</i>	<i>kPa</i>	<i>Temp °C</i>	<i>kPa</i>
18	476	26	621	34	793	42	1007
19	483	27	642	35	814	43	1027
20	503	28	655	36	841	44	1055
21	524	29	676	37	876	45	1089
22	545	30	703	38	889	46	1124
23	552	31	724	39	917	47	1158
24	572	32	752	40	945	48	1179
27	593	33	765	41	979	49	1214

*Перекачування холодоагенту.* У випадку, якщо холодоагент перекачується із однієї ємності зберігання до іншої, одержувана ємність (контейнер для заповнення), повинна спочатку вакуувуватись. Ємність повинна бути під'єднана до вакуумного насосу і відкачана до вакууму 635 мм рт. ст.

*Утилізація холодоагента.* Якщо холодоагент не може бути перероблений і містить вуглеводнів або інші забруднюючі речовини, які перешкоджають подальше його використання, тоді його потрібно утилізувати згідно вимог законодавства.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Ціну проектування та виготовлення стенду для перевірки системи кондиціонування можна визначити по формулі[19]:

$$C = Z_{од} + B_c + E_c + B_{рем} + B_{вд} + B_{ину} + A_{обу} + B_n + B_{експ}, \quad (5.1)$$

де  $Z_{од}$  – основна та додаткова заробітна плата, грн.;

$B_c$  – нарахування у фонд соціального страхування та інші типи фондів (приймається на рівні 38% від  $Z_{од}$ );

$E_c$  – затрати на енергію;

$B_{рем}$  – затрати стосовно ремонту та обслуговування обладнання;

$B_{вд}$  – витрати на додаткові матеріали;

$B_{ину}$  – витрати на експлуатацію ріжучих інструментів;

$A_{обу}$  – амортизаційні відрахування;

$B_n$  – витрати на утримання приміщення;

$B_{експ}$  – експлуатаційні витрати.

Розрахунок затрат по кожній статті проводиться таким чином.

Заробітна плата (як основна, так і додаткова) виробничого персоналу розраховується за формулою:

$$Z_{од} = l_r \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot (1 + 0,01 \cdot \alpha) \cdot (1 + 0,01 \cdot \beta), \quad (5.2)$$

де:  $l_r$  – тарифна годинна ставка працівника,  $l_r = 100$  грн./год;

$t_{ум}$  – час виготовлення деталі на  $i$ -тій операції;

$\alpha, \beta$  – додаткова зарплата за відпрацьований час, ( $\alpha=12\%, \beta=8\%$ );

$$Z_{од} = 120 \cdot \frac{180}{60} \cdot (1 + 0,01 \cdot 12) \cdot (1 + 0,01 \cdot 8) = 362,88 \text{ грн};$$

$$B_c = 0,38 \cdot Z_{од} = 0,38 \cdot 362,88 = 137,89 \text{ грн};$$

Витрати стосовно використання електричної енергії:

$$E_c = \frac{N_{\epsilon} \cdot K_{oi} \cdot K_N \cdot K_{\epsilon}}{\eta_{\delta} \cdot \eta_{\mu}} \cdot \frac{t_{ум}}{60} \cdot C_e \quad (5.3)$$



де  $N_e$  – потужність електроприладів, що використовуються під час виготовлення стенду, кВт;

$$N^B = N^H = 3,0 \text{ кВт};$$

$K_{oi} = 0,6 \dots 0,7$  – коефіцієнт одночасності використання електроприладів;

$K_N = 0,7 \dots 0,85$  – коефіцієнт, що враховує завантаженість електроприладів по потужності;

$K_t = 0,5 \dots 0,7$  – коефіцієнт, що враховує завантаженість електроприладів по часу;

$\eta_d = 0,86 \dots 0,9$  – ККД електроприладів;

$\eta_m = 0,92 \dots 0,96$  – коефіцієнт, що враховує втрати електропостачання в електричній мережі;

$C_e = 6,5$  грн/кВт·год – ціна електроенергії;

$$E_c = \frac{3 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,6}{0,9 \cdot 0,92} \cdot \frac{180}{60} \cdot 6,5 = 18,29 (\text{грн});$$

Витрати, що стосуються ремонту обладнання визначаються так:

$$B_{рем} = \frac{W \cdot R \cdot K_e \cdot t_{ум}}{T_{рм} \cdot 60} \quad (5.4)$$

де  $W$  – витрати на ремонт і обслуговування, що припадають на одиницю складності приладу (приймаються в залежності від складності приладу);

$R$  – категорія ремонтної складності обладнання;  $R=214$ ;

$K_e = 1,3$  – коефіцієнт, що показує кількість додаткових витрат на ремонт приладу;

$T_{рм}$  – тривалість життєвого циклу приладу між ремонтами, год.:

$$T_{рм} = A \cdot \beta_m \cdot \beta_{тв} \cdot \beta_n \cdot \beta_e;$$

де  $A$  – нормативна тривалість циклу між ремонтами ( $A=2000$  годин для металоріжучого станка);

$\beta_m = 0,85$  – для металоріжучого станка;

$\beta_{тв} = 1,5$  – для одиничного виробництва;

$\beta_n = 1$  – для листогину;

$\beta_e = 1$  – для фрезерного станка.

$$T_{pm} = 2000 \cdot 0,85 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 2550 \text{ год.}$$

Витрати на ремонт визначаємо по формулі:

$$B_{pm} = \frac{900 \cdot 214 \cdot 1,3 \cdot 180}{2550 \cdot 60} = 294,56 \text{ грн};$$

Витрати на допоміжні матеріали розраховуємо по формулі:

$$B_{m\partial} = \frac{M_{2\partial} \cdot t_{um}}{60} \cdot K_T \quad (5.5)$$

де  $M_{2\partial} = 20,75$  – годинні витрати на додаткові матеріали та на одиницю складності ремонтної частини всіх типів приладів, грн;

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує тип виробництва ( $K_T = 0,9$  – для одиничного виробництва).

$$B_{m\partial} = \frac{20,75 \cdot 180}{60} \cdot 0,9 = 56,03 \text{ (грн)};$$

Затрати на експлуатацію різноманітних витратних матеріалів розраховуємо за формулою:

$$B_{iny} = \frac{(B_n + B_{nep}) \cdot \gamma \cdot t_{um}}{t_e} \cdot K_e \quad (5.6)$$

$B_n = 1020$  грн – початкова ціна пили;

$B_{nep} = 450$  грн – ціна фрези;

$t_e = 600$  хв – економічна стійкість інструменту;

$K_e = 0,8$  – коефіцієнт, що враховує ймовірність вибуття інструменту;

$\gamma = 0,7$  – коефіцієнт часу використання витратних матеріалів під час роботи.

$$B_{iny} = \frac{(1020 + 450) \cdot 0,7 \cdot 180}{600} \cdot 0,8 = 246,96 \text{ (грн)};$$

Витрати на експлуатацію різноманітних пристосувань складають:

$$B_{npy} = \frac{(0,6 \dots 0,7) \cdot C_{np} \cdot t_{um}}{F_{\partial pm} \cdot 60 \cdot \eta_i} \quad (5.7)$$

де  $C_{np} = 6500$  грн – початкова вартість пристосувань;

$\eta_i = 0,95$  – коефіцієнт, що враховує завантаженість обладнання на конкретній операції.

$$B_{\text{пру}} = \frac{0,65 \cdot 6500 \cdot 180}{4200 \cdot 60 \cdot 0,95} = 3,18(\text{грн});$$

Амортизаційні відрахування на різноманітне обладнання визначають за формулою:

$$A_{\text{обу}} = \frac{B_{\text{бал}} \cdot 2,5 \cdot H_{\text{ам}} \cdot t_{\text{ум}}}{F_{\text{дрм}} \cdot 60 \cdot 100 \cdot \eta_{\text{зав}}} \quad (5.8)$$

де  $B_{\text{бал}}$  – балансова вартість обладнання,  $B_{\text{бал}} = 68462$  грн;

$H_{\text{ам}} = 15\%$  – відсоток амортизаційних відрахувань;

$\eta_{\text{зав}} = 0,9$  – нормативний коефіцієнт використання обладнання для даного виду виробництва.

$$A_{\text{обу}} = \frac{68462 \cdot 2,5 \cdot 15 \cdot 180}{4200 \cdot 60 \cdot 100 \cdot 0,9} = 20,38(\text{грн});$$

Витрати, які стосуються експлуатації приміщення, розраховуємо визначаємо за формулою:

$$B_n = \frac{S_{\text{од}} \cdot K_F \cdot B_{\text{пл}} \cdot t_{\text{ум}}}{F_{\text{дрм}} \cdot 60 \cdot \eta_{\text{зав}}} \quad (5.9)$$

де  $S_{\text{од}}$  – виробнича площа, яка припадає на робоче місце,  $S_{\text{од}} = 5,97$  кв.м;

$K_F = 3,5$  – коефіцієнт, що враховує необхідну виробничу площу;

$B_{\text{пл}} = 2500$  грн – річні витрати, які пов'язані з використанням  $1 \text{ м}^2$  виробничих приміщень.

$$B_n = \frac{5,97 \cdot 3,5 \cdot 2500 \cdot 180}{3809 \cdot 60 \cdot 0,9} = 45,714(\text{грн});$$

Собівартість виготовлення стенду для перевірки:

$$C = 362,88 + 137,89 + 294,56 + 56,03 + 246,96 + 3,18 + 20,38 + 45,714 = \\ = 1167,594 \text{ грн.}$$

Хоча на даний момент часу ми ще не врахували усіх затрат, що стосуються виготовлення нашого стенду.

Сюди враховуємо такі елементи:

- Труба профільна 20x20– 125 грн;
- Бляха 0,8 мм – 220 грн;
- Компресор – 845 грн;

- Потенціометр – 50 грн;
- Сенсор тиску – 545 грн;
- Шланги з'єднувальні – 300 грн;
- Блок живлення – 290 грн.

Отримані дані розрахунків зводимо в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Статті витрат та ціни виготовлення приладу для промивання систем кондиціонування

Статті витрат	Ціна, грн
Заробітна плата	362,88
Відрахування до соцстраху та ін. ф.	137,89
Електрична енергія	18,29
Ремонт	294,56
Допоміжні матеріали	302,96
Витрати на експлуатацію пристосувань	3,18
Амортизаційні відрахування	20,38
Експлуатація приміщення	45,71
Труба профільна 20x20	125
Бляха 0,8 мм	320
Arduino	550
Компресор	845
Потенціометр	50
Сенсор тиску	545
Блок живлення	290
Реле	108
<b>Всього</b>	<b>4018,85</b>

Беручи до уваги отримані дані в табл. 5.1, можемо визначити ціну стенду, що становить 4018,85 грн.

## ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано принцип роботи та структуру системи кондиціонування, що використовується в автомобілях. Детально описано взаємодію компонентів системи та їх оптимальне функціонування.
2. Проведено огляд існуючих пристроїв для перевірки герметичності систем кондиціонування автомобілів. Розроблено власний стенд, описано його гідравлічні та електричні компоненти, і наведено послідовність процедури тестування.
3. Проведено експериментальні дослідження впливу автомобільного кондиціонера Renault Megane 3 1,5 dci на споживання палива та потужність, що затрачається на його привід. Отримані результати підтверджують, що при роботі кондиціонера в спекотну погоду споживання палива та потужність автомобіля зростають, проте знижується комфорт водіння внаслідок теплового впливу на пасажирів та водія.
4. Проведено аналіз можливих травмонебезпечних ситуацій під час технічного обслуговування автомобільної системи кондиціонування. Описано заходи щодо охорони праці та розглянуто методи зберігання холодоагентів.
5. Розраховано вартість запропонованого стенду для тестування герметичності автомобільних систем кондиціонування повітря, яка складає 4018,85 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. MarketsandMarkets - Revenue Impact & Advisory Company [Електронний ресурс] <https://www.marketsandmarkets.com/> [дата звернення 20.02.2024]
2. Roger W. Haines. Control Systems for Heating, Ventilating, and Air Conditioning, Sixth Edition. Springer, 2006 – 366 p.
3. Daly Steven. Automotive Air-Conditioning and Climate Control Systems. - Elsevier Science & Technology Books, 2011 - 388 p.
4. Automotive Heating and Air Conditioning (7th Edition) /(Automotive Systems Books): James D. Halderman// Pearson, 2015 – 304 p.
5. Mark Shnubel. Today's Technician: Automotive Heating & Air Conditioning. Classroom Manual and Shop Manual (The Ultimate Series Experience). Cengage Learning, 5th Edition, 2012 – 592 p.
6. James E. Duffy. Modern Automotive Technology, Edition 9// Goodheart-Willcox, 2015 – 1888 p
7. Uwe Kiencke, Lars Nielsen. Automotive Control Systems. For Engine, Driveline, and Vehicle. Second edition - Springer-Verlag, 2005 – 512 p.
8. Ткачук В. І. Елекромеханотроніка. Підручник - Львів. Видавництво Львівської політехніки, - 2006 - 440 с.
9. Bosch Automotive Handbook - 8th Edition. Bentley Production, 2015 – 1256 p.
10. Halderman J.D. Automotive technology. Boston: Prentice Hall, 2011. Electronic Book.
11. Електронна довідкова система ElsaWin, версія 5.20.4328.0./ Volkswagen AG.
12. Wang, Shan K. Air Conditioning and Refrigeration Timeline. McGraw-Hill, 2015 – 1401 p.
13. Nunney, Malcolm J. Light and Heavy Vehicle Technology. Elsevier Science & Technology Books, 2006 - p. 147.
14. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 3rd ed. / Plochingen: Springer, 2007. 530 pp.

15. Robert Bosch GmbH. Automotive Electrics/Automotive Electronics (Bosch Handbooks (REP)). Wiley, 2004. 504 pp.
16. Bosch. Automotive Mechatronics. Automotive Networking, Driving Stability Systems, Electronics. Springer Vieweg, 2015. 538 pp.
17. Жидецький В.Н. Основи охорони праці. Жидецький В.Н., Джигирей В.С., Мельников О.В. Львів: Афіша, 2001. – 349 с.
18. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. За ред. М.П. Гандзюка. К.: Каравела, 2011. - 384 с.
19. Економіка підприємства: Навч. Посібник. За ред. А. В. Шегди. К.: Знання, 2005. — 431 с.