МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____Володимир ДІДІУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Розробка приладу для обслуговування систем кондиціювання автомобілів»

Виконав: студент 4 курсу, 41-ім групи
освітньої програми___агроінженерія____
спеціальності Н7 «Агроінженерія»
_Збаравський Михайло Олександрович__
(прізвище та ініціали)
Керівник к.т.н., доцент Олександр Пушка
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність Н7 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____Володимир ДІДІУР
«___» _____ 2026

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Збаравський Михайло Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Розробка приладу для обслуговування систем кондиціювання автомобілів»
керівник проекту _Пушка Олександр Сергійович, к.т.н., доцент__
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" " 2026 р. №

2. Строк подання студентом проекту 20.05.2026р.

3. Вихідні дані до проекту: будова та аналіз систем кондиціювання; стенди для промивання систем кондиціювання; технологічна карта зняття та встановлення конденсатора; формули розрахунку основних параметрів; питання охорони праці; дані для економічного обґрунтування проекту.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): будова систем кондиціювання; технологічно частина; експериментальна частина; охорона праці; економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу		
2.	Розділ 1		
3.	Розділ 2		
4.	Розділ 3		
5.	Розділ 4		
6.	Розділ 5		
7.	Виконання ілюстративної частини проекту		
8.	Представлення проекту керівнику на перевірку		

Студент _____ Михайло ЗБАРАВСЬКИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Олександр ПУШКА
(підпис) (прізвище та ініціали)

Збаравський Михайло Олександрович. «Розробка приладу для обслуговування систем автомобільних кондиціонерів». /Кваліфікаційна робота. – Умань: Уманський національний університет, 2026. – 69 с.

Проведено аналіз будови систем кондиціонування повітря в салоні автомобілів, основні її компоненти та принцип її функціонування. Розглянуто існуючі прилади для проведення промивання системи кондиціонування автомобіля та запропоновано власну конструкцію. Проведено моделювання травмонебезпечних ситуацій при проведенні технічних обслуговувань систем кондиціонування та описано заходи по охороні праці. Проведено експериментальне дослідження ефективності використання промивки системи кондиціонування.

ЗМІСТ

ЗМІСТ 5

ВСТУП 7

1. БУДОВА СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ 9

1.1 Принцип дії системи кондиціонування 9

1.2 Холодоагент 10

1.3 Охолоджувальна олива 12

1.4 Система із розширювальним клапаном 13

1.5 Компресор кондиціонера та електромагнітна муфта 14

1.6 Конденсатор та ресивер-осушувач 19

1.7 Розширювальний клапан та випарник 20

1.8 Взаємодія елементів системи кондиціонування під час роботи . 24

1.9 Способи регулювання температури в салоні автомобіля 27

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 30

2.1 Промивання системи кондиціонування та її особливості 30

2.2 Існуючі стенди для промивки систем кондиціонування 35

2.2.1 Klima-S 35

2.2.2 Errecom 35

2.2.3 Super Flush 36

2.2.4 JTC 1409 37

2.2.5 Magneti Marelli 38

2.3 Запропонований стенд для промивки системи кондиціонування в автомобілях 39

2.4 Технологічна карта зняття та встановлення конденсатора системи кондиціонування повітря 40

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 50

3.1 Методика проведення експериментальних досліджень 50

3.2 Результати експериментальних досліджень..... 50

4. ОХОРОНА ПРАЦІ 53

4.1 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій..... 53

4.2 Заходи безпеки при обслуговуванні автомобільних систем кондиціонування 55

4.3 Зберігання холодоагентів. 60

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... 62

ВИСНОВКИ..... 67

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 68

ВСТУП

Протягом тривалого періоду часу кондиціонери або системи кондиціонування повітря в автомобілях вважалися розкішшю. Проте на сьогоднішній день такі системи розглядаються як обов'язковий елемент автомобіля, який забезпечує впевнене керування та підвищує безпеку автомобільного руху.

Півстоліття тому всього 10% нових автомобілів були оснащені кліматичним устаткуванням, в 2000 році вже кожен четвертий новий автомобіль мав такий пристрій в базовій комплектації. На сьогоднішній день практично 85% автомобілів поставляються з системами клімат-контролю [1].

Основна структура систем кондиціонування в різних автомобілях практично ідентична, відмінності виявляються лише в їх конструкційних рішеннях.

Наукові дослідження, проведені Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ), показали, що умови роботи водія при навантаженні на організм погіршуються внаслідок різних факторів [1,2]. Один із таких факторів - невигідна температура навколишнього середовища, в якому перебуває людина.

Найбільш комфортною температурою для водія є значення від 20 до 22°С. Інтенсивне сонячне випромінювання може підняти температуру в салоні автомобіля на 15°С вище температури навколишнього середовища, особливо в області голови. Вплив високої температури на рівні голови може бути небезпечним, оскільки він призводить до підвищення температури тіла, збільшення пульсу, підвищення потовиділення та зниження доступу кисню до мозку.

Згідно досліджень, підвищення температури з 25 до 35°С знижує здатність водія адекватно оцінювати ситуацію та приймати рішення на 20%, що еквівалентно вмісту алкоголю в крові на рівні 0,5 проміле.

Для зниження впливу таких значних навантажень або навіть для їх повного усунення, системою кондиціонування створюються комфортні умови в салоні автомобіля, забезпечуючи оптимальний рівень температури і проводячи

очищення та видалення вологості з повітря. Завдяки цим системам можливо забезпечити в салоні автомобіля значно нижчу температуру, навіть при високих зовнішніх температурах, як в рухомому, так і в нерухомому стані.

Як результат, досягається додатковий ефект – зниження вологості повітря в салоні автомобіля та його очищення. Цього досягається завдяки використанню мікрофільтра салону автомобіля з активованим вугіллям[3].

Промивка системи кондиціонування є одним із процесів, який допомагає відновити справність старих або пошкоджених кондиціонерів. При розширенні спектру послуг з ремонту та заміни деталей кондиціонерів, пристрій для промивки стає одним з ключових інструментів в майстерні. На ринку обладнання для автомайстерень доступні декілька рішень, які дозволяють виконувати промивку розчинниками або холодоагентами. В даній роботі ми запропонуємо проект власного стенду для промивання систем кондиціонування автомобіля.

1. БУДОВА СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ

1.1 Принцип дії системи кондиціонування

Речовини можуть існувати у чотирьох агрегатних станах: твердому, рідкому, газоподібному та плазмі.

Використання охолодження відоме вже протягом довгого часу. Перші спроби застосування охолодження полягали в тому, щоб поміщати харчові продукти у "крижаний холодильник", де лід вбирав тепло від цих продуктів, охолоджуючи їх. Внаслідок цього лід танув і переходив у рідину. Якщо вода продовжувала нагріватися, вона кипіла і переходила у газоподібний стан. Знову-таки, за подальшого охолодження, газ перетворювався в рідину, а при подальшому охолодженні переходив у твердий стан[2].

Ця закономірність є загальною для багатьох речовин:

коли речовина переходить із рідкого у газоподібний стан, вона поглинає тепло;

коли речовина переходить із газоподібного стану в рідину, вона віддає тепло;

тепло завжди переходить від теплішого до холоднішого об'єкта.

Цей обмін теплом, при якому речовина змінює свій агрегатний стан, використовується в холодильній техніці.

У системах кондиціонування автомобілів використовується процес переходу речовини із рідкого у газоподібний стан та навпаки. Для цього використовують речовини з низькою температурою кипіння, відомі як холодоагенти (наприклад, холодоагент R134a з точкою кипіння -26,5°C).

За основними принципами термодинаміки відомо, що:

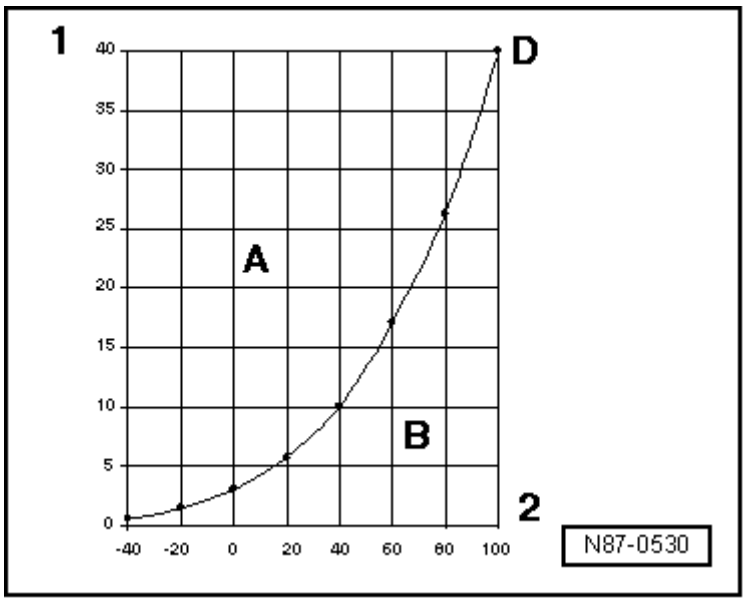
за незмінного тиску при зниженні температури пара перетворюється у рідину (це відбувається в конденсаторі-дефлегматорі в системі холодоагента кондиціонування);

при зниженні тиску холодоагент переходить із рідкого стану в газоподібний (це стається в радіаторі-випарнику системи холодоагента кондиціонування)[4].

1.2 Холодоагент

Холодоагент, використовуваний у системах кондиціонування автомобілів, є газом з низькою температурою кипіння і безбарвним. Різні типи холодоагентів не повинні змішуватися; кожен тип системи кондиціонування має використовувати свій холодоагент. На сьогоднішній день в автомобілях переважно використовується холодоагент R134a. Холодоагент R134a - це тетрафторетан і має хімічну формулу $CH_2F\text{-}CF_3$[5].

В залежності від значень величин тиску та температури в контурі холодоагента, він може перебувати у газоподібному або рідкому стані (рис. 1.1).



A - рідкий стан; B – газоподібний стан; D - крива насиченої пари холодоагенту R134a; 1 - тиск у системі, кг/см^2; 2 – температура у системі, °C

Рисунок 1.1. Крива насиченої пари R134a

У циклі системи кондиціонування, окрім кривої тиску парів, присутній процес зміни агрегатного стану холодоагента, який залежить від значень тиску та температури, а також від енергоємності.

На графіку (рис. 1.2) показана частина діаграми стану холодоагента R134a в системі кондиціонування автомобілів. Значення абсолютних величин можуть варіюватися для різних автомобілів в залежності від потреби в охолодженні.

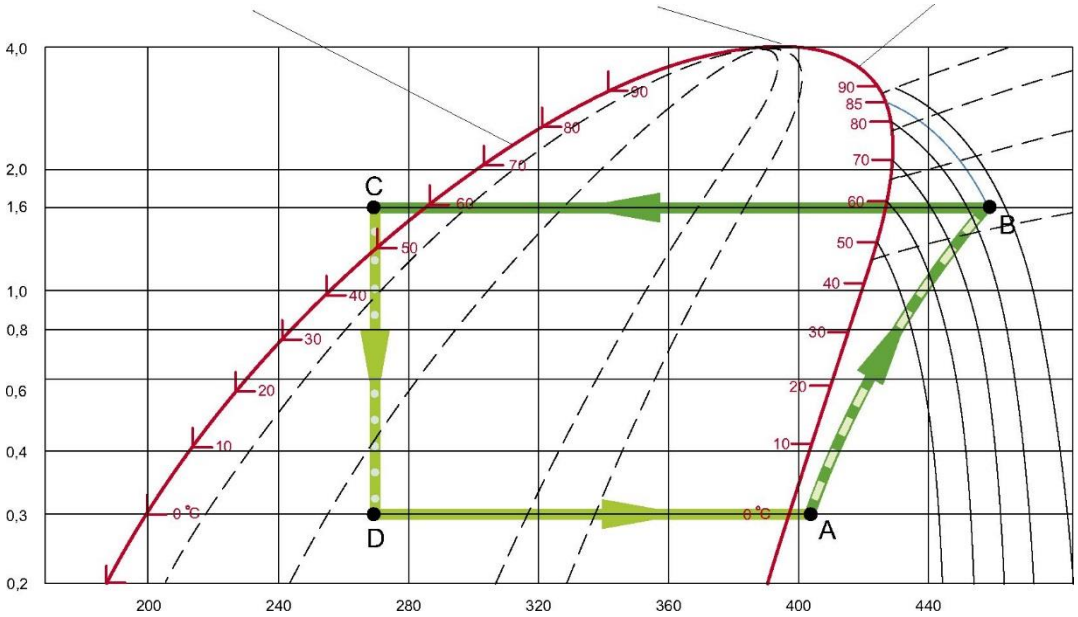


Рисунок 1.2. Діаграма стану холодоагента R134a, що показує його зміни стану в циклі системи кондиціонування автомобіля.

А – В Процес стискування в компресорі призводить до підвищення тиску та температури, перетворюючи холодоагент в газоподібний стан з високим тиском і високою температурою.

В - С Процес конденсації в конденсаторі, що супроводжується підвищенням тиску та зниженням температури, призводить до переходу холодоагента в рідкий стан з помірною охолодженістю.

С - Д Розширення, або раптове зниження тиску, призводить до випаровування холодоагента.

Д – А Процес випаровування у випарнику веде до поглинання тепла. Під час цього процесу холодоагент переходить з газоподібного стану в газоподібний стан з низьким тиском[6].

1.3 Охолоджувальна олива

У системі кондиціонування використовується спеціальна холодильна олива, яка призначена для змащування всіх рухомих частин. Ця олива має деякі важливі властивості:

Нейтральність: вона повинна бути нейтральною щодо холодоагента, оскільки частина оливи змішується з холодоагентом і рухається по системі. Ця олива не повинна агресивно впливати на ущільнюючі елементи системи.

Відсутність забруднюючих частинок: вона не повинна містити забруднюючих частинок, таких як сірка, віск або вода. Це важливо для забезпечення безперебійної роботи системи.

Сумісність з холодоагентом R134a: для контура з холодоагентом R134a застосовується спеціальна синтетична олива, яка призначена для використання з цим конкретним холодоагентом.

Важливо використовувати саме цю спеціальну холодильну оливу, оскільки використання інших видів олив може призвести до закоксування системи і утворення відкладень, що може призвести до поломок та зносу рухомих частин системи кондиціонування[7].

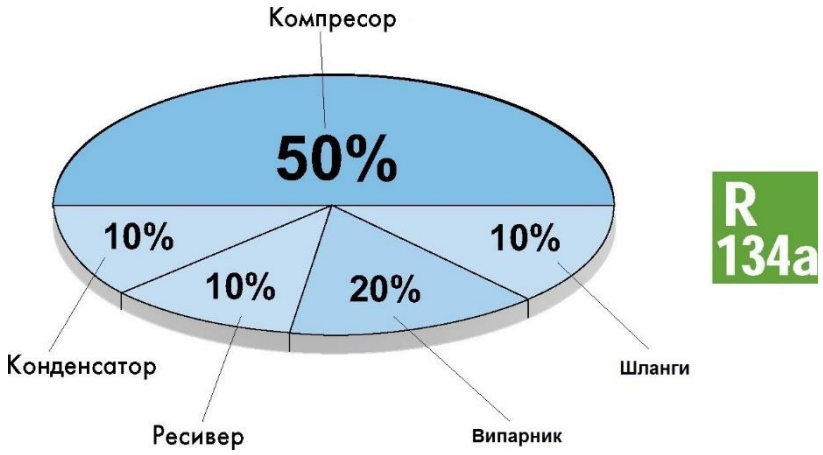


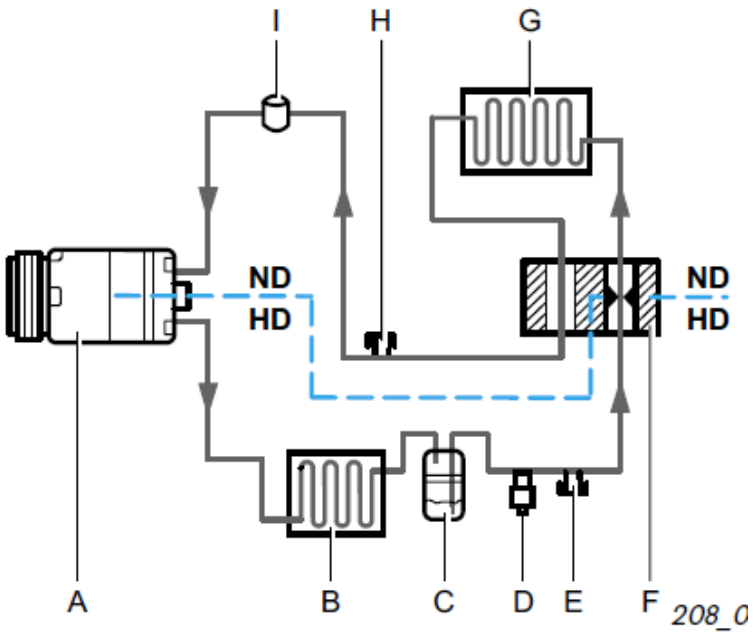
Рисунок 1.3. Розподіл мастила в контурі холодоагенту

Кількість оливи в системі кондиціонування залежить від її конструктивного виконання. Холодильна олива для R134a має позначення PAG (Poly-Alkylen-Glykol).

1.4 Система із розширювальним клапаном

Холодильний цикл в автомобільній системі кондиціонування активується, коли двигун автомобіля працює. Компресор системи приводиться в дію за допомогою електромагнітної муфти (зчеплення), і це сприяє подальшому охолодженню салону автомобіля.

Холодопродуктивність автомобільної системи кондиціонування залежить від різних факторів, таких як конструкція автомобіля та його призначення (легковий автомобіль, вантажний, пасажирський і т. д.). Однак з міркувань безпеки не рекомендується самостійно розгерметизовувати контур холодоагенту. Якщо це стає необхідним при ремонті автотранспорту, то холодоагент слід відкачати за допомогою спеціального сервісного обладнання для забезпечення безпеки і запобігання негативному впливу на навколишнє середовище[4].



A - Компресор із електромагнітною муфтою; B - Конденсатор; C - Ресивер із осушником; D - Манометричний вимикач високого тиску; E - Сервісний штуцер високого тиску; F - Розширювальний клапан; G - Випарник; H - Сервісний штуцер низького тиску; I - Демпфер (присутній не на всіх автомобілях).

Рисунок 1.4. Контур холодоагенту з розширювальним клапаном

Пристрої від A до H присутні в будь-якому контурі системи кондиціонування. В залежності від типу конструкції та призначення можуть бути присутніми додаткові з'єднувальні штуцери для контролю та обслуговування, термосенсори, манометричні вмикачі на сторонах високих або низьких тисків, а також пробки для зливання оливи[6].

В залежності від моделі автомобіля змінюється також розміщення пристроїв системи кондиціонування. Деякі системи кондиціонування мають у своєму складі перед компресором кондиціонера демпфер у вигляді невеликого ресивера, задля згладжування потоку холодоагенту. Фактичні значення величин тиску та температури в контурі системи кондиціонування є залежними від режиму його роботи. При температурі навколишнього середовища 20°C та заглушеному двигуні в контурі системи кондиціонування присутнє значення тиску 0,47 МПа[8].

1.5 Компресор кондиціонера та електромагнітна муфта

Компресори систем кондиціонування є нагнітачами, які працюють шляхом стиснення робочого тіла. Вони активуються лише при включенні системи кондиціонування; це включення компресора відбувається за допомогою електромагнітної муфти. Під час роботи компресор підвищує тиск холодоагенту, що призводить до підвищення температури холодоагенту. Цей процес створює необхідні умови для подальшого розширення та зниження температури холодоагенту в контурі системи кондиціонування.

Компресор всмоктує газоподібний холодоагент через випарник із контуру низького тиску. Це необхідно, оскільки рідкий холодоагент у випарнику неможливо стиснути, і це могло б призвести до поломки компресора. Компресор стискує холодоагент і подає його у гарячому газоподібному стані в конденсатор (контур високого тиску)[9].

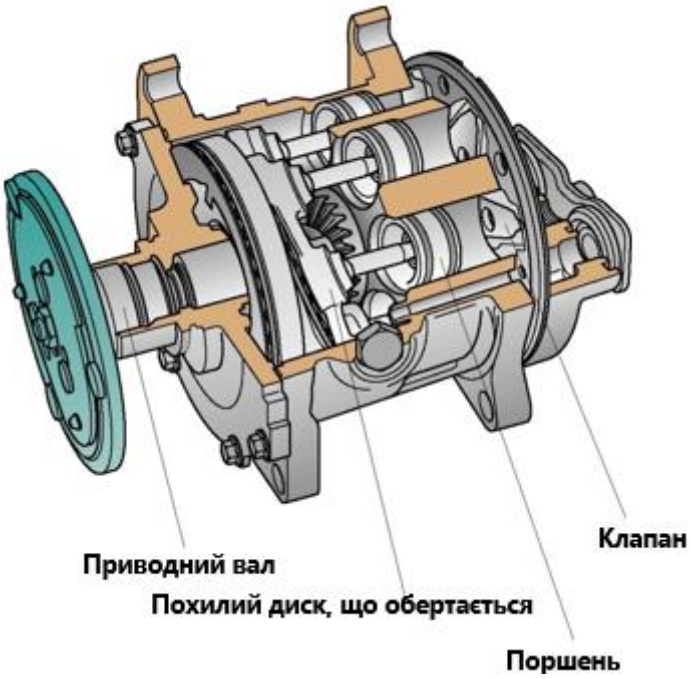


Рисунок 1.5. Компресор кондиціонера із похилим диском

Існують різні типи компресорів для систем кондиціонування, такі як поршневі, спіральні, лопатеві та аксіально-поршневі з похилим диском. Наразі аксіально-поршневі компресори з похилим диском є найбільш поширеними.

У такому компресорі обертання привідного валу через похилий диск перетворюється у зворотно-поступальний рух поршнів у циліндрах компресора. Кількість поршнів може варіюватися від 3 до 10 одиниць, залежно від типу конструкції компресора. Кожен поршень обладнаний впускним клапаном, який відкривається і закривається відповідно до робочого циклу компресора.

Система кондиціонування розрахована на максимальну частоту обертання компресора, і її продуктивність залежить від частоти обертання двигуна. Це впливає на наповнення випарника і, відповідно, на холодопродуктивність системи кондиціонування. Частота обертання компресора може змінюватися в діапазоні від 0 до 6000 хв$^{-1}$[9].

Так, компресори регульованої продуктивності з робочим об'ємом, який змінюється внаслідок зміни нахилу обертового диску, були розроблені, щоб надати більше гнучкості і контролю над холодильним циклом в системах кондиціонування. Ці компресори можуть регулювати об'єм газу, який вони

стискають, змінюючи нахил обертового диску. Це дозволяє збільшити або зменшити продуктивність компресора відповідно до вимог і умов.

Застосування таких регульованих компресорів дозволяє зменшити споживання енергії в системі кондиціонування та підтримувати бажану температуру в салоні автомобіля або будь-якому іншому приміщенні з вищою точністю. Це особливо важливо для підтримки комфортних умов в автомобільному салоні при різних умовах експлуатації[10].

Компресори регульованої продуктивності також допомагають підтримувати стабільний рівень тиску та температури в системі, що впливає на якість та продуктивність кондиціонування повітря.

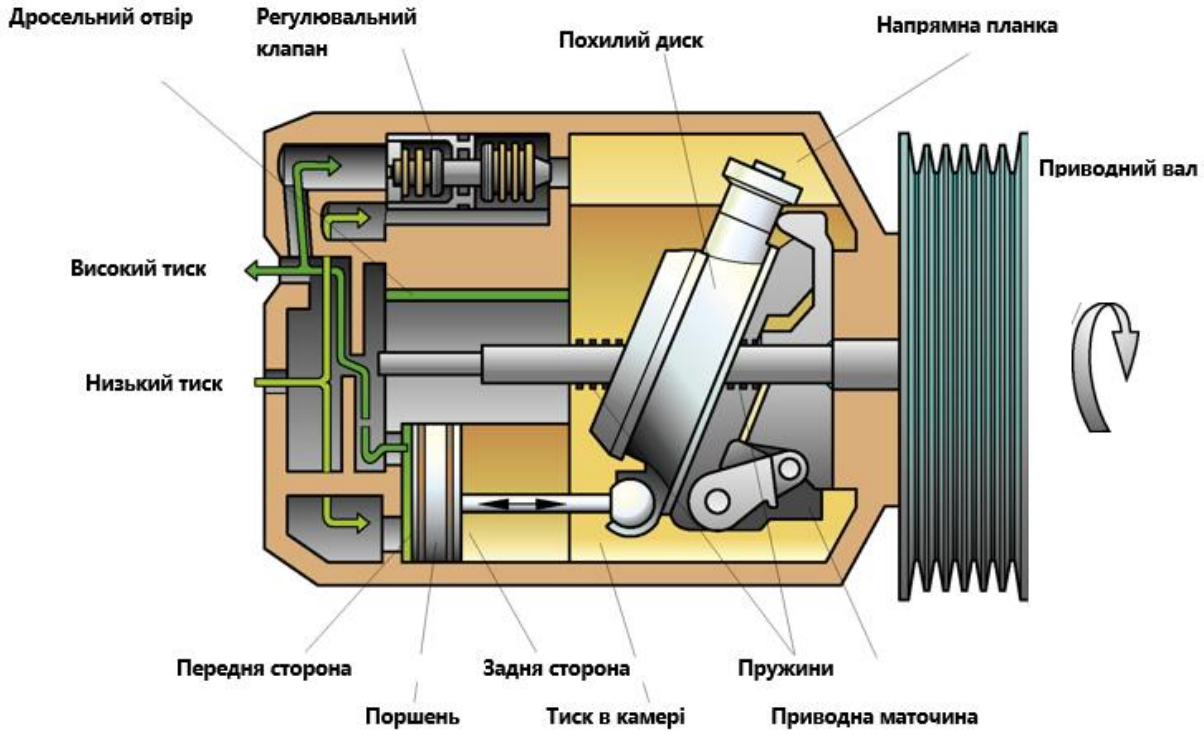


Рисунок 1.6. Компресор з похилим диском та змінною продуктивністю.

Компресори із постійним робочим об'ємом вмикатимуться і вимикатимуться за допомогою електромагнітної муфти. Такі компресори зазвичай мають два стани: ввімкнено (працюють з максимальною продуктивністю) та вимкнено (повний зупин компресора). Зміну холодопродуктивності досягають зміною тривалості цих циклів ввімкнення/вимкнення.

Саморегульовані компресори, у яких об'єм стисненого газу змінюється шляхом регулювання нахилу обертового диску, діють постійно, і холодопродуктивність регулюється зміною цього нахилу. Посилаючи кут нахилу обертового диску, можна змінити хід поршнів і, відповідно, об'єм газу, який стиснено. Це дозволяє точно регулювати холодопродуктивність від 100% до 5% або інших значень в цьому діапазоні в залежності від потреби[10-14].

Ці два типи компресорів використовуються в системах кондиціонування, але саморегульовані компресори зазвичай надають більше контролю над холодильним циклом і дозволяють підтримувати більш сталу температуру та знизити витрату енергії, що робить їх більш ефективними в деяких ситуаціях.

Одним із способів регулювання холодопродуктивності в автомобільних системах кондиціонування є зміна об'єму стисненого газу у компресорі шляхом регулювання положення регулювального клапану та каліброваного дросельного отвору.

Положення регулювального клапану та діаметр каліброваного дросельного отвору впливають на об'єм газу, який компресор стискає при кожному обертанні. Зміна об'єму газу в компресорі призводить до зміни холодопродуктивності системи кондиціонування. Наприклад, якщо клапан відкрито повністю і калібрований дросельний отвір максимально розширений, об'єм газу, який стискає компресор, максимальний, і це призводить до високої холодопродуктивності.

Інакше, при повному закритті клапану та мінімальному діаметрі каліброваного дросельного отвору об'єм газу в компресорі мінімальний, що призводить до низької холодопродуктивності. Таке регулювання дозволяє підтримувати температурні режими в автомобільному кондиціонері відповідно до потреб користувача та умов.

Цей спосіб регулювання є ефективним для підтримання комфортних умов в салоні автомобіля та забезпечення економії пального, оскільки компресор працює із змінним робочим об'ємом, в залежності від потреб системи кондиціонування[15].

Електромагнітна муфта, яка зазвичай розташована на компресорі системи кондиціонування, дозволяє керувати активацією компресора та забезпечити силовий зв'язок між компресором і двигуном автомобіля.

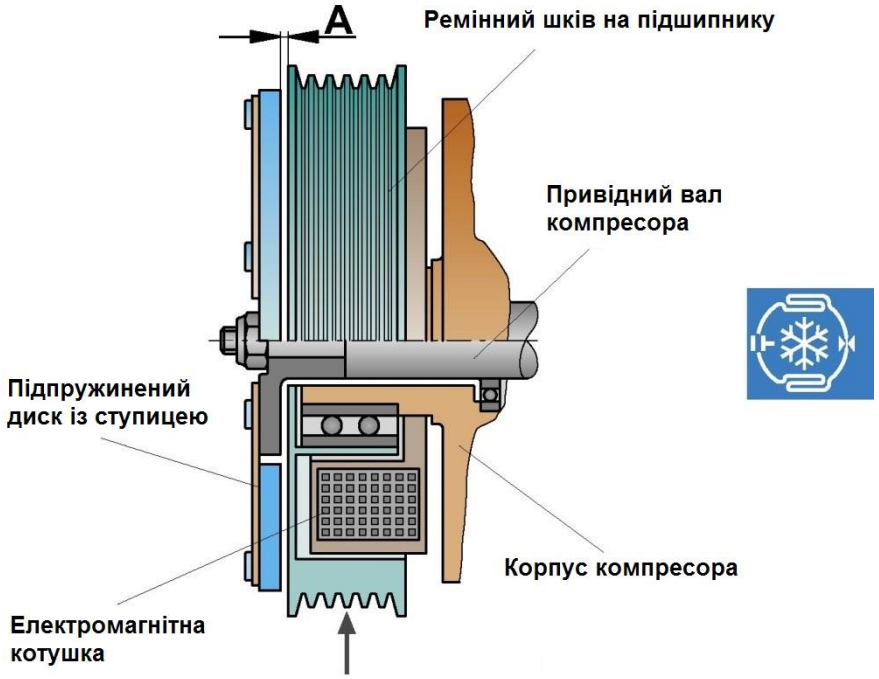


Рисунок 1.7. Електромагнітна муфта

Механізм роботи електромагнітної муфти такий[16]:

Електромагнітна котушка: муфта має електромагнітну котушку, яка активується електричним струмом, контрольованим автомобільною електронікою.

Підпружинений диск із маточиною: під дією електромагнітного поля котушки, диск із маточиною стискається або віддаляється від компресора. Під впливом цього руху стискувальний елемент муфти, який зазвичай є ремінним шківом, обирає контакт з компресором.

З'єднання з двигуном: якщо диск із маточиною стиснутий до компресора, він утворює силовий зв'язок, який дозволяє компресору обертатися в разі обертання двигуна. Це забезпечує роботу системи кондиціонування. При відключенні електромагнітної котушки, диск із маточиною віддаляється від компресора, перериваючи силовий зв'язок і вимикаючи компресор.

За допомогою такої муфти система керування системи кондиціонування може вмикати і вимикати компресор, коли це необхідно, що сприяє зекономленню пального та підтриманню комфортних умов в салоні автомобіля.

1.6 Конденсатор та ресивер-осушувач

Конденсатор системи кондиціонування грає важливу роль в охолодженні стиснутого холодоагента. Цей елемент розроблений для теплообміну між холодильним агентом і повітрям, і його робота відбувається завдяки двом процесам:

Охолодження гарячого холодоагента. Гарячий стиснутий холодоагент з компресора надходить до верхньої частини конденсатора в газоподібному стані з високою температурою, близько 60-80°C. Тут холодоагент передає тепло завдяки ламелям і трубкам конденсатора. Під дією охолоджуючого середовища (зазвичай повітря), яке пройшло через конденсатор, холодоагент починає охолоджуватися.

Конденсація холодоагента. При певних значеннях тиску та температури в конденсаторі, холодоагент починає конденсуватися, переходячи з газоподібного в рідкий агрегатний стан. Цей процес відбувається в нижній частині конденсатора, і рідкий холодоагент готовий до подальшого використання.

Однак, ефективність конденсатора також залежить від його чистоти і не забрудненості [6]. Зовнішні та внутрішні забруднення, такі як бруд або насадження, можуть утруднити теплообмін і погіршити холодопродуктивність системи кондиціонування. Тому важливо регулярно перевіряти і чистити конденсатор, щоб забезпечити ефективну роботу системи охолодження в автомобілі.

Ресивер-осушувач у системі кондиціонування грає важливу роль у згладжуванні коливань потоку холодоагенту та в осушенні холодоагенту від вологи. Основні функції ресивера-осушувача включають:

1. **Згладжування коливань**: Ресивер діє як буферний резервуар, який дозволяє вирівнювати коливання потоку холодоагенту в системі при змінних умовах роботи, таких як зміна температур та продуктивності

компресора. Це сприяє стабільному функціонуванню системи кондиціонування.

2. **Осушення холодоагенту від вологи**: Волога, яка може потрапити в контур системи при монтажі або внаслідок інших факторів, є небажаною. Осушувач здатен хімічно зв'язувати цю вологу, утворюючи хімічні сполуки. Це важливо, оскільки волога в системі може призвести до корозії, утворення осаду та зниження ефективності кондиціонування.
3. **Затримка продуктів зносу і бруду**: Осушувач також може затримувати продукти зносу компресора та бруд, що можуть потрапити в контур системи. Це покращує тривалість служби системи та її компонентів.

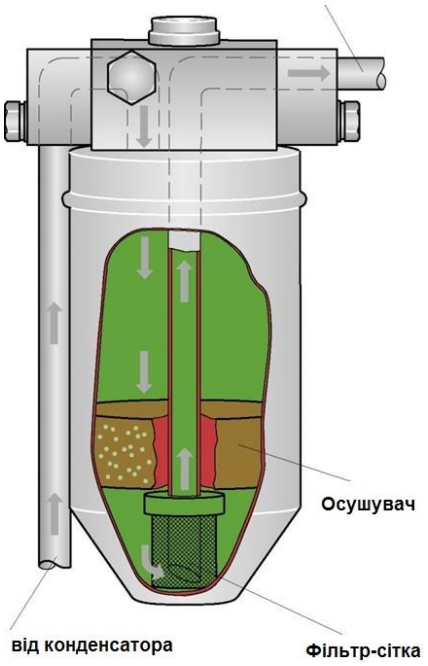


Рисунок 1.8. Ресивер-осушувач

Осушувачі мають обмежену здатність зберігати вологу, і їх слід замінювати після кожного розгерметизування контуру системи кондиціонування. Періодична заміна осушувача допомагає забезпечити надійну та ефективну роботу системи охолодження в автомобілі[9].

1.7 Розширювальний клапан та випарник

Під час роботи системи кондиціонування, рідкий холодоагент із високим тиском в конденсаторі проходить через розширювальний клапан. При проходженні через цей клапан, тиск холодоагенту знижується різко, і це

призводить до його вивільнення і переходу в газоподібний стан. При цьому процесі вивільнюється внутрішня енергія носія, що призводить до охолодження холодоагента. Цей охолоджений газоподібний холодоагент потім надсилається до випарника, де він випаровується та охолоджує повітря в салоні автомобіля.

Таким чином, розширювальний клапан важливий компонент системи кондиціонування, оскільки він регулює процес охолодження та підтримує стабільну температуру випарника, щоб забезпечити комфорт у салоні автомобіля.

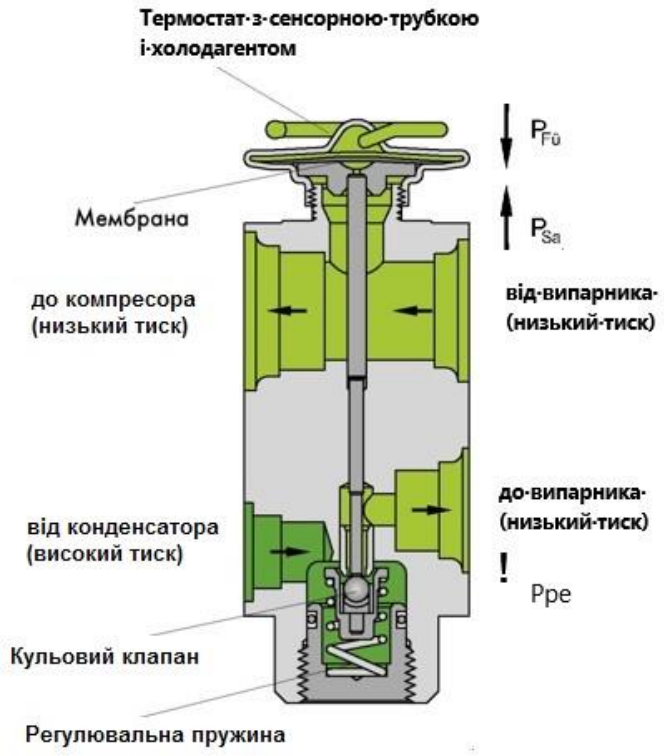


Рисунок 1.9. Розширювальний клапан

Термостатичний розширювальний клапан регулює потік холодоагента в залежності від температури на виході з випарника[10].

Ось докладний опис цього процесу:

1. **Зростання температури:** Якщо температура холодоагента, який виходить із випарника, зростає (наприклад, через підвищення температури в салоні автомобіля), тиск в термостатичному елементі, розташованому в термоголовці клапана розширення, також зростає. Цей тиск в діагональному напрямку діє на мембрану.

2. **Тиск у випарнику:** Тиск в самому випарнику (низькому тиску) діє на мембрану в протилежному напрямку, ведучи до зменшення потоку холодоагента через клапан розширення.
3. **Тиск регульованої пружини:** Також, тиск регульованої пружини діє в тому ж напрямку, що і тиск у випарнику.

Як наслідок, якщо температура зростає, тиск у термостатичному елементі розширення збільшується, мембрана рухається, і пропускний переріз кулькового клапану збільшується. Це дозволяє більшій кількості холодоагента випаровуватися у випарнику, щоб забезпечити необхідне охолодження і підтримувати комфортну температуру в салоні автомобіля.

Навпаки, якщо температура знижується, тиск в термостатичному елементі розширення зменшується, мембрана рухається у зворотному напрямку, і пропускний переріз кулькового клапану зменшується. Це обмежує потік холодоагента до випарника, забезпечуючи, що система не охолоджує салон більше, ніж необхідно.

Така регуляція гарантує, що система кондиціонування підтримує сталу температуру в салоні незалежно від змін температури навколишнього середовища і потреб пасажирів.

Термостатичний клапан розширення працює під дією трьох сил :

1.Тиск в трубці датчика залежить від температури гарячого фреону, який діє як сила (Pp) для відкриття мембрани.

2.Тиск випарника (Psa) діє на мембрану в протилежному напрямку.

3.Тиск регульованої пружини (Ppe) рухається в тому ж напрямку, що і тиск випарника.

Контроль роботи системи кондиціонування залежить від ефективності роботи розширювального клапана, який регулює потік холодоагента в системі. Цей клапан розташований між сторонами системи з високим і низьким тиском і використовується для забезпечення потрібного рівня охолодження.

Основними компонентами розширювального клапана є термоголовка, яка реагує на температуру, і кульковий клапан. Термоголовка містить газову суміш,

яка розширюється і стискається в залежності від температури, контролюючи рух мембрани та розмір відкриття кулькового клапана.

Тиск на стороні низького тиску визначається температурою і впливає на роботу термоголовки. Зміна тиску регулює кількість холодоагента, який переходить в газову фазу, і впливає на потік холодоагента в системі кондиціонування.

Випарник є важливим компонентом системи кондиціонування і відіграє ключову роль у процесі охолодження. Основна функція випарника полягає в тому, щоб відпускати та розподіляти холодоагент (найчастіше R134a) у внутрішньому приміщенні автомобіля для охолодження повітря[12].

Ось принцип дії випарника:

1. Перетворення рідкого холодоагенту в газ. Холодоагент, який після конденсатора перебуває у рідкому агрегатному стані, входить в випарник. Випарник містить спеціальну контурну систему трубок та ламелей для максимального теплообміну.

2. Випаровування і тепловий обмін. Коли рідкий холодоагент вступає в трубки випарника, він випаровується і перетворюється в газоподібний стан. Цей процес вимагає тепла, яке відбирається з навколишнього повітря. Повітря в салоні проходить через випарник і тепловий обмін відбувається, при цьому повітря охолоджується і знімає тепло з холодоагенту.

3. Охолоджене повітря подається в салон автомобіля. Після випаровування холодоагенту та теплового обміну охолоджене повітря подається в салон автомобіля через вентиляційну систему.

4. Гарячий газ повертається до компресора. Після того, як холодоагент випарований і використаний для охолодження повітря, гарячий газовий холодоагент повертається до компресора для подальшого стиснення та охолодження в конденсаторі. Це закінчує кільцевий холодильний цикл системи кондиціонування.

Випарник дозволяє створити приємний і комфортний мікроклімат в салоні автомобіля, охолоджуючи повітря за допомогою холодоагента та теплового обміну з навколишнім повітрям.

1.8 Взаємодія елементів системи кондиціонування під час роботи

Система кондиціонування працює належним чином лише при бездоганній роботі всіх її складових. Пошкодження будь-якого з елементів системи може призвести до зміни робочого тиску, що, в свою чергу, може призвести до поломки системи і може вплинути на двигун автомобіля. З цією метою в системі холодоагента передбачено пристрої для постійного контролю її функціонування[12].

Блок керування перетворює сигнали від цих пристроїв і регулярно управляє роботою компресора, регулює швидкість обертання вентилятора конденсатора, забезпечуючи постійний нормалізований тиск у фреоні в системі кондиціонування.

На компресорі або ресивері-осушувачі встановлений запобіжний клапан, який автоматично відкривається, коли тиск сягає приблизно 3,6 МПа, і закривається, якщо тиск знижується до приблизно 3,0-3,2 МПа.

У той же час, в системі присутній сенсор для виявлення обмерзання випарника. Цей сенсор вимірює температуру між пластинами випарника. Якщо температура випарника стає надто низькою, то компресор кондиціонера вимикається. Сигнал від цього сенсора передається до блоку керування системою кондиціонування.

Вимкнення сенсора відбувається при температурах приблизно від -2°C до 0°C, і знову вмикається при близько +3°C. Це дозволяє уникнути обмерзання випарника через замерзання конденсату води.

Деякі системи, замість цього сенсора, використовують термовимикач, розташований безпосередньо на випарнику. Цей термовимикач безпосередньо відключає живлення муфти компресора кондиціонера, коли виникають аналогічні температурні умови.

В закритих контурах системи, де потрібен контроль або обмеження співвідношень тисків, встановлюється комбінований манометричний перемикач високого та низького тисків на стороні контуру високого тиску. При неприпустимих значеннях тиску в системі цей перемикач вимикає компресор за рахунок відключення електромагнітної муфти [15].

Манометричний перемикач може бути встановлений безпосередньо на трубопроводі або в самому ресивері. Цей перемикач має троє секцій і використовується для двох основних цілей:

- Контролю проходження охолоджуваного повітря, що включає вимкнення вентилятора охолодження.
- Контролю співвідношення тисків у різних контурах системи.

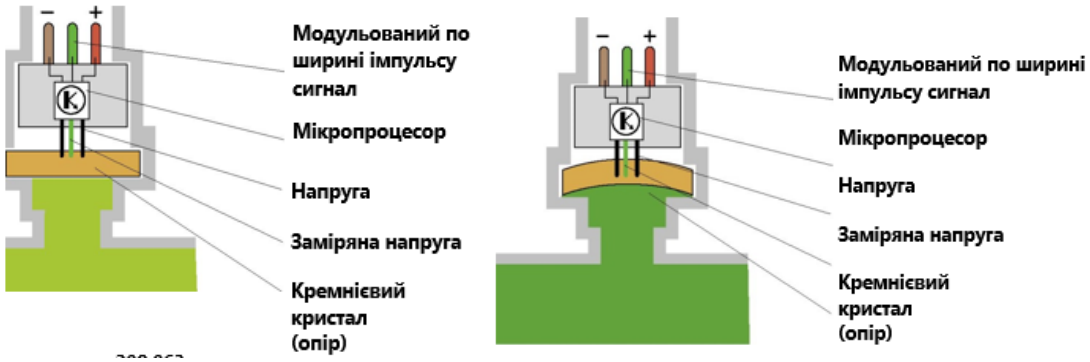
  Управління цим пристроєм здійснюється в різних режимах:

  - Ввімкнення живлення електромагнітної муфти відбувається через блок керування при надмірному тиску приблизно від 2,5 до 3,1 МПа. Такий тиск може виникнути внаслідок засмічення конденсатора.
  - Вимкнення при надто низькому тиску (0,18 МПа) проводиться через блок керування системи кондиціонування, це стосується випадків витоку фреону.
  - Перемикання вентилятора охолодження на вищу ступінь відбувається при надмірному тиску 1,6 МПа, внаслідок чого отримується нормальний режим роботи радіатора-конденсатора.

Електронний сенсор тиску відстежує тиск фреону і перетворює цю фізичну величину в електричний сигнал. Відмінність від манометричного перемикача системи кондиціонування полягає в тому, що електронний сенсор спостерігає за тиском холодоагенту в усьому діапазоні робочого циклу.

На основі сигналу, який надходить від цього сенсора, визначаються навантаження на двигун від системи кондиціонування і співвідношення тисків в контурах холодоагенту. За допомогою блоку керування вентилятором системи охолодження відбувається ввімкнення та вимкнення ближчих верхніх ступенів вентилятора та компресорної муфти. Якщо блок керування вентилятора не

отримує жодного сигналу, тоді компресор вимикається з метою забезпечення безпечної експлуатації.



а) б)

Рисунок 1.10. Сенсор тиску при: а) низькому значенні тиску; б) при високому значенні тиску

Тиск холодоагенту впливає на кристал кремнію, який, в залежності від величини тиску, деформується більше чи менше. Кристал разом з мікропроцесором вбудовані в сенсор, і йому подається напруга живлення. Деформація кристалу кремнію змінює його опір, і, відповідно, вихідна напруга сенсора змінюється.

Виміряна напруга подається в мікропроцесор, де вона перетворюється в сигнал зміни ширини імпульсу. При низьких значеннях тиску, коефіцієнт наповнення становить приблизно 10%, в той час як при високих значеннях тиску цей коефіцієнт може досягати 95%[14].

При надто великих навантаженнях на двигун, система керування кондиціонером автомобіля може вимикати компресор кондиціонера, щоб запобігти перегріванню двигуна. Також, якщо температура охолоджуючої рідини досягає високих значень, приблизно 118°C, компресор кондиціонера автоматично вимикається. Проте при охолодженні до певного рівня, близько 112°C, система кондиціонування включається знову.

На автомобілях із вищим рівнем автоматизації, де використовуються електронні сенсори для вимірювання тиску та температури, системи керування автомобілем виконують постійний контроль. Якщо будь-який з цих сенсорів

виявить несправність, відповідна інформація зберігається в пам'яті системи керування для подальшого аналізу та ремонту.

Нормальна робота вентиляторів системи охолодження є важливою для правильної роботи системи кондиціонування та двигуна. При відсутності охолодження погіршується продуктивність конденсатора, що призводить до зниження ефективності системи кондиціонування.

При присутності системи кондиціонування в автомобілі зазвичай використовуються один або два вентилятори для охолодження. Їх основне завдання – забезпечити достатній потік повітря із навколишнього середовища для охолодження радіатора системи охолодження та конденсатора.

Керування вентиляторами системи охолодження забезпечується блоком керування вентиляторами. Регулювання продуктивності вентиляторів залежить від температури охолоджуючої рідини та значення тиску холодоагенту в контурі системи кондиціонування.

Блок керування вентиляторами системи охолодження отримує такі вхідні сигнали:

- від термовимикача, який контролює температуру охолоджуючої рідини;
- від манометричного перемикача, який контролює тиск холодоагенту;
- від панелі керування, яка дозволяє водієві змінювати режим роботи системи кондиціонування.

Блок керування перетворює вхідні сигнали в такі дії:

- вмикає і вимикає вентилятори системи охолодження;
- вмикає і вимикає електромагнітну муфту компресора.

1.9 Способи регулювання температури в салоні автомобіля

Ручне регулювання температури в салоні автомобіля.

При ручному регулюванні температури в салоні автомобіля водій самостійно встановлює температуру та інтенсивність потоку повітря.

Охолоджений внаслідок проходження через випарник потік свіжого повітря за допомогою вентилятора салону надходить в середину автомобіля. Однак температура потоку свіжого повітря, що поступає в салон, в переважній

кількості випадків є нижчим ніж потрібно, оскільки холодопродуктивність системи є розрахованою на максимально можливе. Для отримання комфортної температури в салоні частина потоку охолодженого вхідного повітря прямує через обігрівач де й додатково нагрівається.

Водій проводить суб'єктивну оцінку температури в салоні автомобіля та визначає чи температура в салоні є нижчою чи вищою за комфортну. В залежності від цієї оцінки водій приймає рішення про зміну температури в салоні.

Автоматичне регулювання температури в салоні автомобіля.

Системи клімат-контролю забезпечують автоматичне регулювання температури в салоні автомобіля, звільняючи водія від необхідності самостійного регулювання[15].

Автоматичні системи регулювання температури в салоні автомобіля мають такі пристрої:

- Блок керування
- Сенсор температури оточуючого середовища
- Сенсор температури повітря салону автомобіля
- Додаткові сенсори, такі як сенсор сонячного опромінення
- Виконавчі механізми (актуатори) системи опалювання та системи кондиціонування

Блок керування обробляє сигнали від сенсорів, проводить аналіз цих сигналів і розраховує величину вихідних сигналів згідно попередньо запрограмованих номінальних вихідних величин. За допомогою вихідних ланок сигнали подаються на актуатори, які переміщують відповідні температурні заслінки та заслінки потоку повітря.

Системи клімат-контролю нового покоління зв'язані з іншими блоками керування автомобіля за допомогою шини даних CAN. Це дозволяє блоку керування системи клімат-контролю отримувати дані про швидкість руху автомобіля, частоту обертів двигуна, ступінь відкриття вікон та час знаходження автомобіля на стоянці.

Основні відмінності ручного та автоматичного регулювання температури в салоні автомобіля

- Ручне регулювання:
    - Водій самостійно встановлює температуру та інтенсивність потоку повітря.
    - Може бути незручним, оскільки водій повинен постійно контролювати температуру в салоні.
- Автоматичне регулювання:
    - Система автоматично підтримує задані параметри температури в салоні.
    - Звільняє водія від необхідності самостійного регулювання.

Переваги автоматичного регулювання температури в салоні автомобіля:

- Комфортабельність
- Зручність
- Безпека (автоматичне регулювання може запобігти переохолодженню або перегріву салону)

Недоліки автоматичного регулювання температури в салоні автомобіля:

- Вартість
- Складнощі в ремонті (в разі поломки системи ремонту може бути складним і дорогим)

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Промивання системи кондиціонування та її особливості

Промивка - це важливий процес у відновленні роботи старих або пошкоджених кондиціонерів. На ринку інструментів для автосервісів існують різні рішення для виконання цього процесу за допомогою розчинників або холодоагентів. Це обладнання може бути вбудованим в обслуговуються агрегати або функціонувати як окрема одиниця. Серед новітніх технологій є метод "пульсуючої промивки".

"Пульсуюча промивка" - це процес, який не завдає шкоди внутрішньому простору механізмів та їх рухомих частин. Потік повітря та рідини з точно встановленими параметрами створює різкі удари розчинника, що відділений повітряними кишенями. Цей ефект схожий на тертя щіткою внутрішніх поверхонь, до яких важко дістатися. Енергія стиснутого повітря створює напірні пульсації розчинника на віддалених поверхнях теплообмінників. Ця енергія також допомагає видаляти застряглі частинки бруду з "кишень", кутів і щілин. Інтенсивність пульсацій регулюється так, щоб не завдавати шкоди очищуваним поверхням. Частота пульсацій становить приблизно 5-6 імпульсів на секунду, і утворені напірні хвилі поліпшують ефект тертя. "Пульсуюча промивка" - це один із найефективніших методів, який подолає принцип "найменшого опору".

Наслідки використання промивки можуть бути такі[8]:

1. Позбавлення сумнівів щодо забруднення внутрішньої частини системи і переконання, що кожен елемент, після промивання, чистий, як новий.
2. Усунення перешкод, які можуть перешкоджати правильному потоку рідини або газу в системі.
3. Усунення фрикційних продуктів зносу прокладок і металу, які можуть з'єднуватися і потім осідати в різних частинах системи.
4. Усунення осаду перед тим, як він може пошкодити нові запасні частини.
5. Усунення старої та відпрацьованої компресорної олії.
6. Відновлення теплообмінника для покращення теплопередачі.

7. Відповідність вимогам більшості постачальників запасних частин для надання гарантії.
8. Альтернатива заміні вузлів, що може зекономити кошти.

Деякі основні вимоги до майстрів, які виконують процедуру промивки:

1. Повне розуміння роботи і конструкції системи, яку обслуговуєте.
2. Здатність аналізувати проблеми, їх причини і наслідки. Ретельне вивчення і видалення будь-яких забруднень та залишків.
3. Розуміння напрямків та шляхів потоку в системі.
4. Необхідно повністю або частково від'єднувати систему від інших елементів, що можуть заважати потоку рідини. Промивку не можна виконувати через розширювальний клапан (з винятком методів, які використовують холодоагент), фільтри або компресор.
5. Напрямок промивання повинен бути завжди протилежний напрямку потоку. Промивка конденсатора та випарника окремо може бути найкориснішою.
6. Після промивки чистячу рідину повинно бути повністю видалено з системи, і вона не повинна залишатися в ній.

Чинники, які впливають на ефективність очищення:

1. **Природа миючого засобу**: Системи спроектовані так, щоб мати стабільний лінійний потік без кавітації та вібрацій. Тому сам за собою холодоагент не може виконувати роль миючого засобу, оскільки ефект очищення буде обмеженим. Щоб отримати значущий ефект, використовуються спеціальні суміші рідких вуглеводнів.
2. **Механічна енергія**: Будь-яка форма додаткової механічної енергії корисна для поліпшення процесу очищення. Пензель, пульсація, вібрація та ультразвук - приклади джерел механічної енергії. Зокрема, важливо, щоб ця енергія досягала віддалених внутрішніх областей теплообмінників.
3. **Швидкість потоку**: Швидкість розчинника впливає на ефективність очищення. Висока швидкість допомагає видаляти більше та важчі

забруднення. Важливо, щоб кількість розчинника була достатньою для розчинення і видалення забруднень.

4. **Маса розчинника**: Кількість розчинника не повинна бути занадто малою, оскільки це може призвести до неефективного очищення. Недостатня маса розчинника може призвести до неякісного виділення забруднень.

Процеси, які призводять до зношування кондиціонера:

1. **Розкладання компресорної олії**: Зі збільшенням тривалості експлуатації кондиціонера компресорна олія може розкладатися і втрачати свої змащувальні властивості.
2. **Знос компресора**: Під час зносу компресора, частки зносу можуть потрапити в систему. Ці частки, величина яких досить мала, можуть пройти через розширювальні клапани, гасити сопла та фільтри.
3. **Обструкція системи**: Якщо продукти зносу змішуються з відпрацьованою оливою, це може призвести до засмічення сопел та приклеювання теплообмінників.
4. **Відсутність чистої оливи**: Відсутність чистої оливи може призвести до прискореного зносу компресора та інших елементів системи.
5. **Неповне заправлення системи**: Недостатнє заправлення системи холодоагентом може вплинути на роботу системи через відсутність необхідної кількості оливи.
6. **Можливість збереження відходів**: Система може залишати в собі оливу, аерозолі та інші залишки від попередніх робіт.

З урахуванням цих чинників, найкращим підходом є ретельна промивка або повна заміна системи, щоб впевнитися у її ефективності та тривалості служби.

Напрям промивання: важливо промивати систему в протилежному напрямку до потоку холодоагенту та в напрямку, який дозволить видалити забруднення. Для конденсаторів важливо промивати знизу вгору. Якщо корпус сушарки розташований всередині конденсатора, його потрібно вийняти, а корпус закрити перед промиванням конденсатора. Деякі конденсатори необслуговувані,

і тоді використовується відповідний фільтр, або необхідна заміна конденсатора цілком. Випарники в системах із гасящим соплом (ВІД) зазвичай потребують лише протилежного промивання через більший або вищий штуцер. Якщо промивається випарник з розширювальним клапаном (TXV), цей клапан потрібно демонтувати, і той компонент, що миється, промивати за допомогою меншої трубки в напрямку потоку холодоагенту. Для автомобілів із заднім випарником процедура ідентична. У випадку, коли демонтаж ускладнений, застосовується метод промивання холодоагентом через розширювальний клапан і трубки, що подають.

Чистячі засоби: розчинник, обраний для промивання, повинен бути на 100% леткий, щоб повністю випаровуватися і видалятися. Розчинники на основі нафти, як правило, залишають сліди відповідної осади та олії. Вибір мийного засобу - важливий аспект. Важливо уважно читати інструкції на етикетках та обирати речовини з обачністю.

Методи промивання: є два рекомендованих методи промивання:

1. **Пульсуюча промивка з органічним розчинником**: Цей метод передбачає пульсуючий потік розчинника, який дозволяє подавати ефективні удари в усьому обсязі чищеного компонента. Він швидкий і ефективний.
2. **Промивання холодоагентом**: Цей метод включає промивання системи холодоагентом.

Промивка холодоагентом стає менш популярною через заборону або обмеження використання холодоагентів, таких як R-11, R-113 та R141b. Зараз дозволені тільки деякі HFC холодоагенти, із R134a є єдиним, що не може бути використаний для промивки через його високу температуру кипіння. Холодоагент R254fa може бути хорошим варіантом для промивки завдяки його нижчій температурі кипіння (+15,5°C).

Промивка холодоагентом рекомендована, коли маєте справу із системами, у яких важко доступні випарники або коли демонтаж розширювального клапана

складний. Не рекомендується промивати систему через горловину для заправки, оскільки це може поширювати забруднення між компонентами.

Після промивки важливо повністю усунути розчинник з системи, оскільки залишки розчинника можуть розчинити компресорну олію та призвести до пошкодження компресора. Зазвичай рекомендується використовувати продування системи азотом або стислим повітрям. Усунення розчинника вакуумом не рекомендується для систем з холодоагентами, оскільки холодоагенти можуть випаровуватися при низькому тиску та залишатися в системі.

Контроль і оцінка якості промивання важливі кроки для забезпечення належної функціональності системи після обслуговування. Ось деякі поради для контролю:

Використання продувного пістолета: використовуйте продувний пістолет, до якого підключений шланг зі стисненим азотом або сухим, чистим повітрям. Направте переривчастий струмінь газу до очищеного елемента.

Фільтруюча тканина: на виході від промивання компонента використовуйте фільтруючу тканину світлого кольору, найкраще білого кольору. Після процедури промивання оцініть фільтр. Якщо виявляються сліди розчинника, забруднення або олії, це може свідчити про те, що процес промивання був неякісним.

Напрям продування: напрям продування повинен збігатися з напрямком промивання компонента. Це важливо, оскільки продування в протилежному напрямку може поширювати забруднення знову в систему.

Використання фільтрів і ємностей: використання проточних фільтрів та ємностей на всмоктувальній стороні може захистити систему від потенційних забруднень. Проте пам'ятайте, що фільтри не замінюють промивання і вони швидко забруднюються, тому після промивання необхідно встановити нові фільтри.

Після завершення процесу промивання та контролю, систему можна вважати готовою до заправки і подальшої експлуатації.

2.2 Існуючі стенди для промивки систем кондиціонування

2.2.1 Klima-S



Рисунок 2.1 – Стенд для промивки Klima-S

Цей стенд є одним із найпростіших і найдешевших. Він складається з вакуумного насоса і двох шлангів, які підключаються до системи кондиціонування автомобіля. Стенд дозволяє видалити з системи залишки фреону , масла та інших забруднень.

Основні характеристики:

- Вакуумний насос(продуктивність): $10м^3\backslash год$
- Шланги : 5 метрів
- Вага : 20 кг
- Ціна : від 10 000 грн

2.2.2 Errecom



Рисунок 2.2 - Стенд для промивки Errecom (Італія)

Стенд для промивки систем кондиціонування автомобіля Errecom є одним з найпопулярніших стендів на ринку . Він виготовляється компанією Errecom SpA у Італії , яка є світовим лідером у виробництві обладнання для обслуговування систем кондиціонування повітря.

Цей стенд є універсальним і може використовуватися для промивки систем кондиціонування автомобілів всіх марок і моделей. Він оснащений вакуумним насосом, хімічним засобом для чищення, ультразвуковою ванною та інфрачервоним випромінюванням

Характеристики:

- Вакуумний насос: 15м^3/год
- Хімічний засіб: 5 літрів
- Ультразвукова система: 20 кГц
- Інфрачервона система : 750 вт
- Шланги: 5 метрів
- Вага: 60 кг
- Ціна: від 50 000 грн

2.2.3 Super Flush



Рисунок 2.3 - Стенд для промивки Super Flush (США)

Стенд для промивки систем кондиціонування автомобіля Super Flush є одним з найдосконаліших стендів на ринку, є універсальним і може використовуватись для промивки систем кондиціонування автомобілів всіх

марок, у порівнянні з іншими стендами у нього додатково присутня можливість покривати систему захисним покриттям

Характеристики:

- Вакуумний насос : 15м^3/год
- Хімічний засіб: 5 літрів
- Ультразвукова система: 20 кГц
- Інфрачервона система: 750 вт
- Захисне покриття: 500 мл
- Шланги:5 метрів
- Вага: 70 кг
- Ціна: від 70 00 грн

2.2.4 JTC 1409



Рисунок 2.4 - Стенд для промивки JTC 1409 (Тайвань)

Стенд JTC 1409 є одним з найпростіших стендів для промивки систем кондиціонування він оснащений ультразвуковою системою хімічної очистки та вакуумним насосом . Стенд є досить ефективним та зручним у використанні , не потребує спеціальних навичок у використанні

Характеристики :

- Вакуумний насос : 10м^3/год
- Хімічний засіб: 5 літрів

- Ультразвукова система : 20 кГц
- Шланг : 5 метрів
- Вага : 30 кг
- Ціна : від 20 000 грн

2.2.5 Magneti Marelli



Рисунок 2.5 - Стенд для промивки Magneti Marelli (Італія)

Стенд Magneti Marelli є дуже ефективним та високотехнологічним , він дозволяє повністю очистити систему кондиціонування автомобіля від забруднень включаючи мікроорганізми , водночас є прости в експлуатації.

Обладнаний вакуумним насосом, хімічним засобом очистки, ультразвуковою системою та інфрачервоним випромінюванням.

Характеристики:

- Вакуумний насос: 10м^3/год
- Хімічний засіб: 5 літрів
- Ультразвукова система: 20 кГц
- Інфрачервоне випромінювання: 750 вт
- Шланги: 5 метрів
- Вага: 60 кг
- Ціна: від 50 000 грн

2.3 Запропонований стенд для промивки системи кондиціонування в автомобілях

Для промивання системи кондиціонування автомобіля нами запропоновано слідуючу конструкцію стенду, що зображена на рис. 2.6.

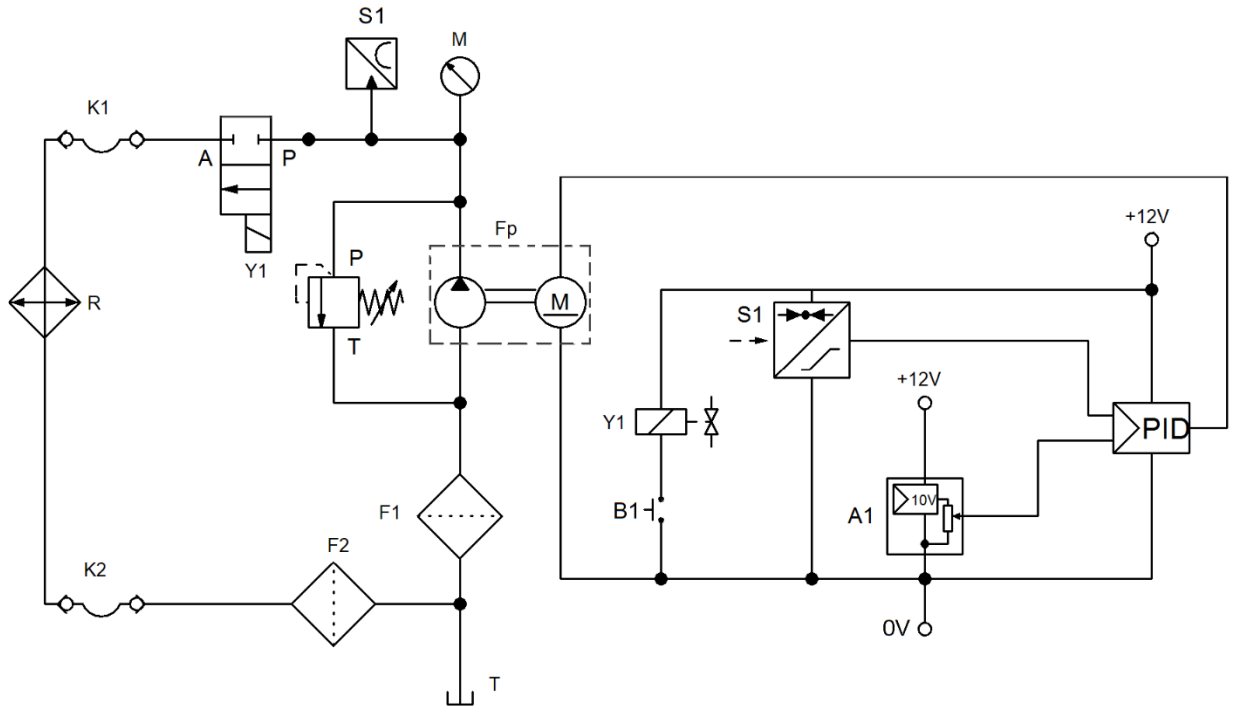


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення запропонованого стенду.

Наш стенд складається із електричної та гідравлічної частин.

Електрична частина складається із таких елементів. *Блоку живлення* 12В, а також можна використовувати бортову напругу живлення автомобіля, в разі відсутності зовнішнього джерела живлення. *Потенціометра* A1, що задає значення тиску промиваючої рідини у системі промивання. Значення тиску вимірюється за допомогою *електронного сенсора тиску* S1, та контролюється його величина *ПІД-контролером*, який за допомогою використання широтно-імпульсної модуляції має можливість змінювати продуктивність *електрогідравлічного насосу* Fp, внаслідок чого можна підтримувати значення тиску в системі на постійному рівні. Процес промивання запускається за допомогою *клавіші* B1, що в свою чергу приводить в дію *електрогідравлічний клапан* Y1, що дає змогу протікати промивній рідині по гідравлічному контурі.

Гідравлічний контур приладу містить такі елементи, як фільтри F1 та F2, електрогідравлічний насос Fp, що паралельно з'єднаний із запобіжним клапаном тиску, що налаштований на значення 0,8 МПа, механічний манометр M, електронний сенсор тиску S1, електрогідравлічний клапан Y1, швидкороз'ємні конектори К1 та К2, для під'єднання елементу системи кондиціонування R, що промивається та резервуару для промивної рідини T.

Запропонований стенд працює в такій послідовності.

1. Заповнити резервуар промивною рідиною (дихлорметан).
2. Під'єднати швидкознімні роз'єми К1 на вхід та К2 на вихід елементу системи кондиціонування R, що промивається.
3. Ввімкнути живлення стенду.
4. За допомогою потенціометра A1 встановити бажане значення тиску в системі промивання, яке візуально контролюємо за допомогою манометра M. Значення тиску слід встановлювати в межах 0,2-0,3 МПа (у випадку сильних забруднень, значення встановити 0,7 МПа).
5. Запустити процедуру промивання за допомогою клавіші B1.
6. Під час промивання можна візуально спостерігати стан забруднення системи дивлячись на прозорий фільтр F2.
7. Процедуру промивання проводити 15 хв. В разі недостатнього ефекту промивання, процедуру слід повторити.
8. Вимкнути процедуру промивання клавішею B1.
9. Після демонтажу елемента, що промивається провести його вакуумування задля видалення залишку реагенту.

2.4 Технологічна карта зняття та встановлення конденсатора системи кондиціонування повітря

В даному пункті розглянемо технологічну карту стосовно зняття та встановлення радіатора-конденсатора на дослідний автомобіль VW Passat B8.

Таблиця 2.1 - Технологічна карта зняття та встановлення конденсатора на автомобіль VW Passat B8.

№	Порядок виконання	Обладнання
005	Зчитування кодів несправностей через діагностичний роз'єм 	Мотор-тестер, або сканер
010	Знімаємо решітку радіатора	
	Відкручуємо 4 болти вверху решітки  Потім тягнемо на себе верхню частину решітки (виходить з пазів досить легко), а потім витягуємо нижню частину з кріплення.	TORX T25 і головка з подовжувачем

	 Знімаємо пластиковий захист радіатора 	
015	Зняття бампера	
	Відкручуємо підкрилки з по 4 саморізи із кожної з сторін.	TORX T25 і головка 10 мм з подовжувачем



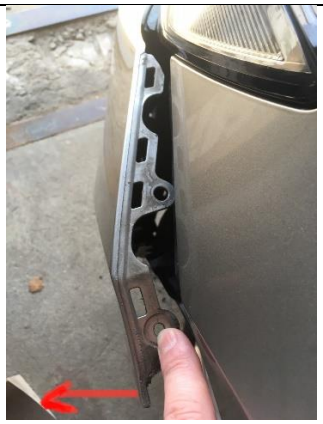
Потім відгинаємо по максимуму підкрилок і добираємося до 5-ого саморізу, який знаходиться під підкрилком і кріпить куток бампера до кузова



Потім переходимо до відкручування кріплення бампера знизу (їх там 9 штук)



Після цього переходимо до демонтажу бампера і треба починати з країв (верхніх куточків) бампера. Беремо за кут (усі пальці засовуємо всередину бампера) і з силою тягнемо від крила убік



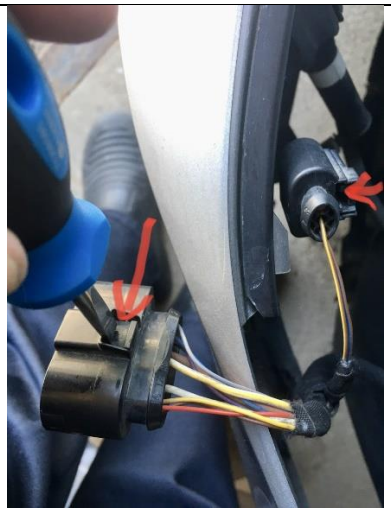
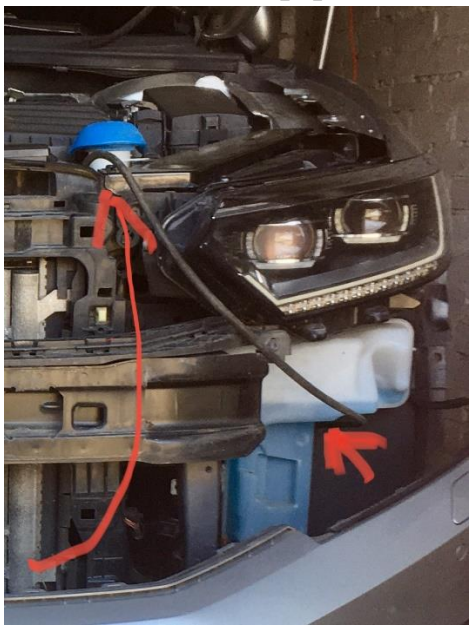
Після того як звільняться центральні кріплення, тягнемо бампер на себе і поступово переходимо до правої (по ходу руху) частини бампера.



Опускаємо бампер на землю



Відразу після зняття лівої по ходу частини бампера потрібно від'єднати дроти (2 фішки), що йдуть на бампер

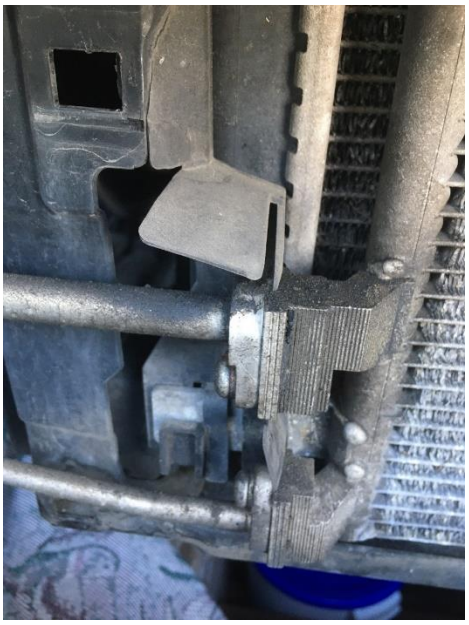
	 Далі від'єднуємо шланг омивача, що йде від бачка, на омивачі фар  Після цих процедур бампер можна прибирати убік та додатково можна прибрати пінопластову вставку перед підсилювачем.	
020	Демонтаж резино-пластикових захистів (напрямляючі повітряного потоку)	
	Верхній, середній та нижній фіксатори потрібно викруткою натиснути вниз і потягнути на себе пластик	Шліцева викрутка

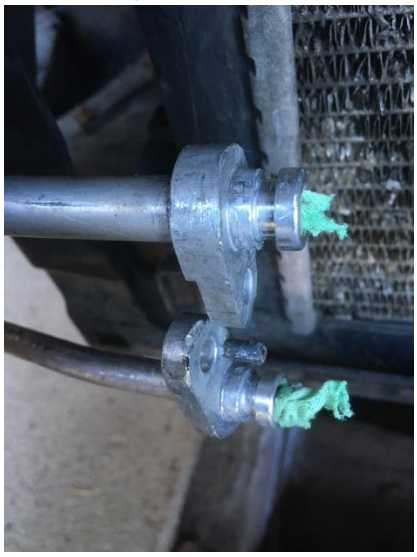




Після того, як всі фіксатори відштовхнуті - виймаємо всю деталь вниз (аналогічно робимо з іншого боку)



025	Демонтаж конденсатора	
	Відкручуємо болти кріплення трубок до конденсатора  Піддіваємо за допомогою викрутки місця з’єднань трубок до конденсатора  Знімаємо трубки та встановлюємо заглушки на трубки задля запобігання попаданню нечистот в систему	TORX T35, шліцева викрутка

	 Знімаємо ущільнюючі кільця  Знімаємо конденсатор із кріплень 	
030	Встановлення елементів системи відбувається у зворотній послідовності, при чому обов’язково слід	

	встановити нові ущільнюючі кільця та видаляємо помилки (при їх наявності) із електронної системи клімат-контролю 	

В даному розділі ми обґрунтували використання процедури промивання системи кондиціонування під час обслуговування автомобіля, розглянули існуючі стенди для промивання систем кондиціонування та запропонували власний стенд для промивання системи кондиціонування та порядок проведення даної процедури.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Методика проведення експериментальних досліджень

Під час випробування автомобіля Volkswagen Passat B8 2.0 TDI на ділянці дороги завдовжки 4 кілометри були виміряні наступні параметри: миттєва швидкість, визначена системою позиціонування GPS, середня витрата палива, середня споживана потужність автомобілем та температура двигуна (табл 3.1).

Важливо відзначити, що під час вибігу автомобіля були враховані такі умови:

- Температура двигуна перед поїздкою становила 85°C, температура навколишнього повітря становила 28°C;
- була увімкнена система клімат-контролю, та температура в салоні була встановлена на рівні 21°C;
- у першому пробному заїзді був використаний забруднений конденсатор системи кондиціонування;
- у другому пробному заїзді використовувався новий, повністю справний конденсатор системи кондиціонування автомобіля.

В обох заїздах автомобіль рухався з однаковою середньою швидкістю.

Для отримання даних щодо функціонування двигуна в зазначених умовах був використаний діагностичний сканер ELM-327 та програмне забезпечення TorquePro. Ця програма дозволила збирати дані в режимі реального часу під час руху автомобіля, і таким чином, оцінювати вплив роботи системи клімат-контролю на техніко-економічні показники автомобіля.

3.2 Результати експериментальних досліджень

Внаслідок проведення експериментальних заїздів нами було отримано слідуючі основні техніко-економічні показники, що відтворені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні техніко-економічні показники дослідного автомобіля

Параметр	Забруднений конденсатор	Новий конденсатор
Середня швидкість, км/год	50	50
Середня витрата палива, л/100 км	6,8	5,95
Середня споживана потужність, кВт	10	8,78
Середня температура двигуна, °С	95	93

Для наочності середня витрата палива та споживана потужність зображено на рис.3.1.

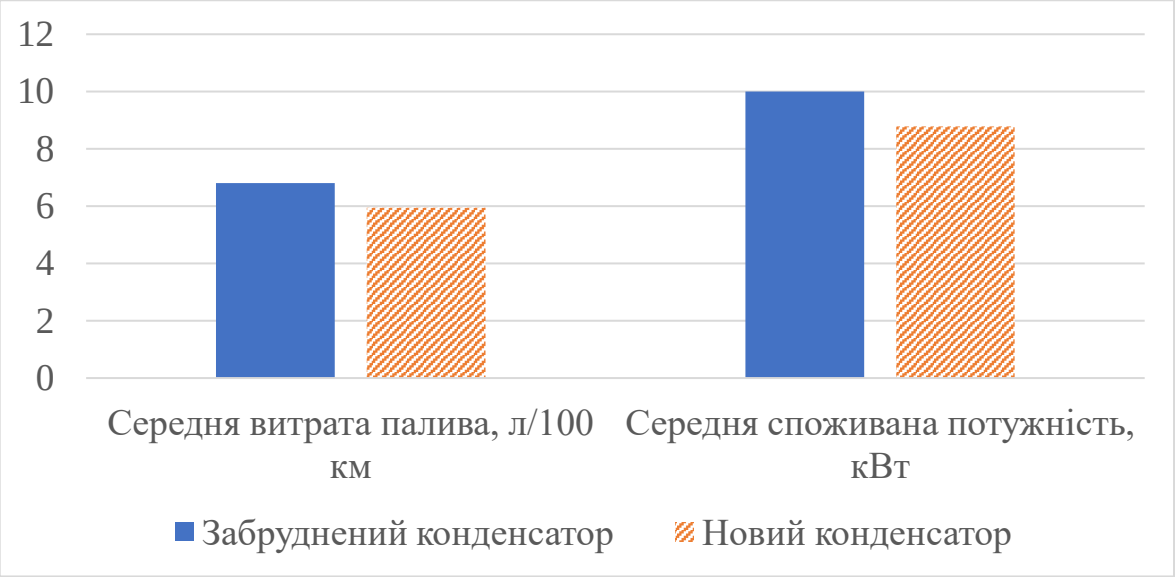


Рисунок 3.1. Основні результати експериментальних досліджень.

Згідно з результатами випробувань, використання забрудненого конденсатора системи кондиціонування призвело до підвищення середньої витрати палива на 0,85 л/100 км. Це пов'язано з тим, що забруднений конденсатор знижує ефективність роботи системи кондиціонування, що вимагає від двигуна більшої потужності для підтримки заданої температури в салоні.

Також, використання забрудненого конденсатора призвело до підвищення температури двигуна на 2 °С. Це пов'язано з тим, що для охолодження двигуна витрачається більше потужності, що підвищує його температуру.

Слід відмітити, також, що температура на виході із дефлекторів системи кондиціонування при засміченому конденсаторі становила 20°С, в той час, як

значення цієї ж температури для нового конденсатора становила 7°С, що суттєво знижує час охолодження салону автомобіля.

Поруч із цим значення високого тиску системи кондиціонування, що контролювалось за допомогою комп'ютерної діагностики, при засміченому конденсаторі становило 2,5 МПа, при новому – 1,6 МПа. Це власне і пояснює факт споживання більшої потужності за рахунок компресора кондиціонера і, як наслідок підвищення витрати палива.

Отже, використання забрудненого конденсатора системи кондиціонування негативно впливає на техніко-економічні характеристики автомобіля, підвищуючи витрату палива, температуру двигуна та знижує комфорт водіння.

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

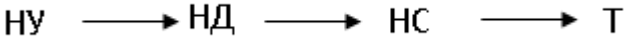
Процеси формування та виникнення аварій, а також виробничих травм є випадковими подіями (явищами), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію і пов’язані між собою причинно-наслідковими зв’язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події. Усі початкові події (небезпечні умови, 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. [16]

Таблиця 4.1 - Моделювання травмонебезпечних і аварійних ситуацій

Вид робіт	Виробнича небезпека			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 $НД_1$ Можливе падіння ПНВТ $НД_2$	Можливе падіння конденсатора на працівника, взаємодія двигуна із органами працівника	Травма, аварія	Автомобіль повинен бути знеструмлений перед монтажем, користуватись спеціальним взуттям
 Модель процесу					
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
 Модель процесу					

Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо вжити 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 [16,17].

Аналізуючи кожну 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 обслуговуванні автомобільних систем кондиціонування

Співдружність автомобільних інженерів (SAE) має чіткі стандарти, що стосуються безпечної обробки та використання холодоагентів[2].

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 поражені області;

2. промити поражені 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 запобіганню 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 оливовий 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 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 лишень 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[4].

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

Temp °C	***kPa***	***Temp °C***	***kPa***	***Temp °C***	***kPa***	***Temp °C***	***kPa***
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 вакуумуватись. 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 промивання системи кондиціонування можна визначити по формулі[18]:

$$\text{С} = \text{З}_{\text{од}} + \text{В}_{\text{с}} + \text{Е}_{\text{с}} + \text{В}_{\text{рем}} + \text{В}_{\text{вд}} + \text{В}_{\text{іну}} + \text{А}_{\text{обу}} + \text{В}_{\text{п}} + \text{В}_{\text{експ}}, \qquad (5.1)$$

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

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

$Е_с$ – затрати на енергію;

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

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

$В_{іну}$–витрати на експлуатацію ріжучих інструментів;

$А_{обу}$ – амортизаційні відрахування;

$В_п$ – витрати на утримання приміщення;

$В_{експ}$ – експлуатаційні витрати.

Розрахунок затрат по кожній статті проводиться таким чином [24].

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

$$З_{од} = l_r \cdot \frac{t_{шт}}{60} \cdot (1 + 0{,}01 \cdot \alpha) \cdot (1 + 0{,}01 \cdot \beta), \qquad (5.2)$$

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

$t_{шт.}$ – час виготовлення деталі на *i*-тій операції;

α, β – додаткова зарплата за відпрацьований час, (α=12%,β=8%);

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

$$\text{В}_{\text{с}} = 0{,}38 \cdot \text{З}_{\text{од}} = 0{,}38 * 362{,}88 = 137{,}89 \text{ грн};$$

Витрати стосовно використання електричної енергії:

$$E_c = \frac{N_в \cdot K_{oi} \cdot K_N \cdot K_ч}{\eta_д \cdot \eta_м} \cdot \frac{t_{шт}}{60} \cdot Ц_е \qquad (5.3)$$

;

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

$N^Б = N^Н = 3,0\ кВт$;

$К_{оі} = 0,6...0,7$ – коефіцієнт одночасності використання електроприладів;

$К_N = 0,7...0,85$ – коефіцієнт, що враховує завантаженість електроприладів по потужності;

$К_ч = 0,5...0,7$ – коефіцієнт, що враховує завантаженість електроприладів по часу;

$\eta_д = 0,86…0,9$ –ККД електроприладів;

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

$Ц_е$ =4,3 грн/кВт·год – ціна електроенергії;

$$E_c = \frac{3 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,6}{0,9 \cdot 0,92} \cdot \frac{180}{60} \cdot 4,3 = 12,29(грн);$$

Витрати, що стосуються ремонту обладнання визначаються так:

$$B_{рем} = \frac{W \cdot R \cdot К_е \cdot t_{шт}}{T_{рм} \cdot 60} \qquad (5.4)$$

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

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

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

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

$$T_{рм} = А \cdot \beta_м \cdot \beta_{тв} \cdot \beta_п \cdot \beta_в;$$

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

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

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

$\beta_п = 1$ – для листогину;

$\beta_в = 1$ –для фрезерного станка.

$$\text{Т}_{\text{рм}} = 2000 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1 = 2550 \text{ год.}$$

Витрати на ремонт визначаємо по формулі:

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

Витрати на допоміжні матеріали розраховуємо по формулі:

$$B_{мд} = \frac{M_{гд} \cdot t_{шт}}{60} \cdot K_T \qquad (5.5)$$

де $M_{гд}$ =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).

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

Затрати на експлуатацію різноманітних витратних матеріалів розраховуємо за формулою:

$$B_{іну} = \frac{(B_п + B_{пер}) \cdot \gamma \cdot t_{шт}}{t_е} \cdot K_в \qquad (5.6)$$

$B_п$ =1020 грн – початкова ціна пили;

$B_{пер}$=*4*50 грн – ціна фрези;

$t_е$=*600 хв* – економічна стійкість інструменту;

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

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

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

Витрати на експлуатацію різноманітних пристосувань складають:

$$B_{пру} = \frac{(0{,}6 \ldots 0{,}7) \cdot Ц_{пр} \cdot t_{шт}}{F_{дрм} \cdot 60 \cdot \eta_i} \qquad (5.7)$$

де $Ц_{пр}$=6500 *грн* – початкова вартість пристосувань;

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

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

Амортизаційні відрахування на різноманітне обладнання визначають за формулою:

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

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

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

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

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

Витрати, які стосуються експлуатації приміщення, визначаємо за формулою:

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

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

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

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

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

Собівартість виготовлення стенду для промивання:

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

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

Сюди враховуємо такі елементи:

- Труба профільна 20х20– 105 грн;
- Бляха 0,8 мм – 320 грн;
- Клапан електромагнітний – 870 грн;

- Електрогідравлічний насос – 845 грн;
- Потенціометр – 50 грн;
- Сенсор тиску – 545 грн;
- ПІД регулятор – 608 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	12,29
Ремонт	294,56
Допоміжні матеріали	302,96
Витрати на експлуатацію пристосувань	3,18
Амортизаційні відрахування	20,38
Експлуатація приміщення	45,71
Труба профільна 20х20	105
Бляха 0,8 мм	320
Клапан електромагнітний	870
Електрогідравлічний насос	845
Потенціометр	50
Сенсор тиску	545
ПІД регулятор	608
Всього	**4522,85**

Беручи до уваги отримані дані в табл. 5.1, можемо визначити ціну стенду, що становить 4522,85 грн.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано принцип дії та будову системи кондиціонування, що використовується в автомобілях. Описано взаємодію елементів системи між собою та їх правильне функціонування.

2. Проведено огляд існуючих приладів для промивання систем кондиціонування автомобілів. Запропоновано власний стенд, описано його гідравлічну та електричну частини та наведено порядок процедури промивання.

3. Наведено технологічну карту демонтажу та монтажу конденсатора системи кондиціонування на прикладі автомобіля VW Passat B8.

4. Проведено експериментальні дослідження впливу стану конденсатора системи охолодження на питому витрату палива. Отримані результати дозволяють стверджувати, що при забрудненні конденсатора в спекотну погоду витрата палива та споживана потужність автомобіля зростає.

5. Проведено аналіз виникнення травмонебезпечних ситуацій під час проведення технічного обслуговування системи кондиціонування та описано заходи щодо охорони праці. Розглянуто способи зберігання холодоагентів.

6. Пораховано вартість виготовлення запропонованого стенду для промивання систем кондиціонування повітря, яка становить 4522,85 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Roger W. Haines. Control Systems for Heating, Ventilating, and Air Conditioning, Sixth Edition. Springer, 2006 – 366 p.
2. Daly Steven. Automotive Air-Conditioning and Climate Control Systems. - Elsevier Science & Technology Books, 2011 - 388 p.
3. Automotive Heating and Air Conditioning (7th Edition) /(Automotive Systems Books): James D. Halderman// Pearson, 2015 – 304 p.
4. 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.
5. James E. Duffy. Modern Automotive Technology, Edition 9// Goodheart-Willcox, 2015 – 1888 p
6. Uwe Kiencke, Lars Nielsen. Automotive Control Systems. For Engine, Driveline, and Vehicle. Second edition - Springer-Verlag, 2005 – 512 p.
7. Ткачук В. І. Елекромеханотроніка. Підручник - Львів. Видавництво Львівської політехніки, - 2006 - 440 с.
8. Bosch Automotive Handbook - 8th Edition. Bentley Production, 2015 – 1256 p.
9. Halderman J.D. Automotive technology. Boston: Prentice Hall, 2011. Electronic Book.
10. Електронна довідкова система ElsaWin, версія 5.20.4328.0./ Volkswagen AG.
11. Wang, Shan K. Air Conditioning and Refrigeration Timeline. McGraw-Hill, 2015 – 1401 p.
12. Nunney, Malcolm J. Light and Heavy Vehicle Technology. Elsevier Science & Technology Books, 2006 - p. 147.
13. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 3rd ed. / Plochingen: Springer, 2007. 530 pp.
14. Robert Bosch GmbH. Automotive Electrics/Automotive Electronics (Bosch Handbooks (REP)). Wiley, 2004. 504 pp.

15. Bosch. Automotive Mechatronics.Automotive Networking, Driving StabilitySystems, Electronics. Springer Vieweg, 2015. 538 pp.
16. Жидецький В.Н. Основи охорони праці. Жидецький В.Н., Джигирей В.С., Мельников О.В. Львів: Афіша, 2001. – 349 с.
17. 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.
18. Економіка підприємства: Навч. Посібник. За ред. А. В. Шегди. К.: Знання, 2005. — 431 с.