

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу ремонту системи охолодження
двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai.

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-42
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Назарій СИНЮК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Роман

РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Синюку Назарію Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai.

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-44

2. Термін подання студентом завершеної роботи 11 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai.

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Аналіз відмов системи охолодження двигуна HR16DE – A1; Алгоритм та

технологічна послідовність перевірки системи охолодження двигуна

HR16DE – A1; Оцінювання технічного стану демонтованих елементів системи

охолодження двигуна HR16DE – A1; Технологічна послідовність відновлення

працездатності системи охолодження двигуна HR16DE – A1; Технологічна

послідовність відновлення працездатності системи охолодження двигуна

HR16DE – A1; Технічне оснащення робіт із ремонту системи охолодження

двигуна HR16DE – A1; Контроль системи під тиском і безпечне виконання

робіт – A1;

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: « Розроблення технологічного процесу ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai. ».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра д.т.н., Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 58 сторінок формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова герметичність, експлуатаційна надійність, діагностика, технологічний процес, технічне обслуговування.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1 Призначення, будова та принцип роботи системи охолодження двигуна HR16DE.....	9
1.2 Аналіз характерних несправностей системи охолодження двигуна HR16DE.....	11
1.3 Причини виникнення перегріву двигуна та порушення температурного режиму.....	13
1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	18
2.1 Розроблення технологічного процесу діагностування системи охолодження.....	18
2.2 Розроблення технологічного процесу демонтажу елементів системи охолодження.....	21
2.3 Технологічний процес дефектування деталей системи охолодження.....	24
2.4 Технологічний процес ремонту та заміни несправних елементів системи охолодження.....	27
2.5 Технологічний процес складання, заправлення та видалення повітря із системи охолодження.....	30
2.6 Контроль якості виконаних ремонтних робіт.....	33
2.7 Вибір обладнання, інструменту та матеріалів для ремонту системи охолодження.....	36
2.8 Розрахунок трудомісткості виконання ремонтних робіт.....	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	42
3.1 Призначення та принцип роботи пристосування для перевірки герметичності системи охолодження.....	42
3.2 Розрахунок основних конструктивних параметрів пристосування.....	43
3.3 Порядок використання пристосування під час діагностування системи охолодження.....	47
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	50

	6
4.1 Вимоги безпеки під час роботи з охолоджувальною рідиною.....	50
4.2 Заходи безпеки під час перевірки герметичності та роботи системи під тиском.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Двигун HR16DE, який встановлюється на автомобіль Nissan Qashqai, є сучасним бензиновим силовим агрегатом, робота якого залежить від стабільного теплообміну між нагрітими деталями та охолоджувальною рідиною. Під час експлуатації автомобіля система охолодження працює в умовах змінного теплового навантаження, підвищеного тиску, вібрацій і впливу зовнішнього середовища. Унаслідок цього можуть виникати підтікання охолоджувальної рідини, забруднення радіатора, несправність термостата, зношування водяного насоса, відмова електровентилятора або утворення повітряних пробок.

Актуальність теми роботи зумовлена тим, що несправності системи охолодження часто розвиваються поступово, але їх наслідки можуть бути досить серйозними. Навіть незначне порушення герметичності або циркуляції охолоджувальної рідини може спричинити перегрів двигуна, деформацію головки блока циліндрів, пошкодження прокладки, погіршення мащення та підвищене зношування деталей. Тому своєчасне діагностування, правильний демонтаж, якісне дефектування та обґрунтована заміна несправних елементів є важливими умовами забезпечення надійної роботи автомобіля.

У практиці технічного обслуговування та ремонту автомобілів важливе значення має не лише усунення вже виявленої несправності, а й правильна побудова всього технологічного процесу. Послідовність виконання операцій повинна забезпечувати точне визначення причини відмови, збереження справних деталей, зменшення трудомісткості ремонту та обов'язковий контроль якості після складання системи. Особливо важливою є перевірка герметичності системи охолодження під тиском, оскільки вона дає змогу виявити приховані витоки, які не завжди помітні під час звичайного огляду.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розроблення технологічного процесу ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai з урахуванням операцій діагностування, демонтажу, дефектування, заміни несправних елементів, складання, заправлення, видалення повітря та контролю якості виконаних робіт.

Об'єктом дослідження є система охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai.

Предметом дослідження є технологічний процес ремонту системи охолодження, що включає діагностування, демонтаж, дефектування, заміну несправних елементів, складання, заправлення, видалення повітря та контроль герметичності.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення, будова та принцип роботи системи охолодження двигуна HR16DE

Система охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai призначена для підтримання стабільного теплового режиму роботи силового агрегата в різних умовах експлуатації. Примусове відведення тепла від необхідне тому, що при високих температурах газів в циліндрах двигуна (під час процесу горіння 1800–2400 °С, середня температура газів за робочий цикл при повному навантаженні 600–1000 °С) природна віддача тепла в навколишнє середовище є недостатньою.

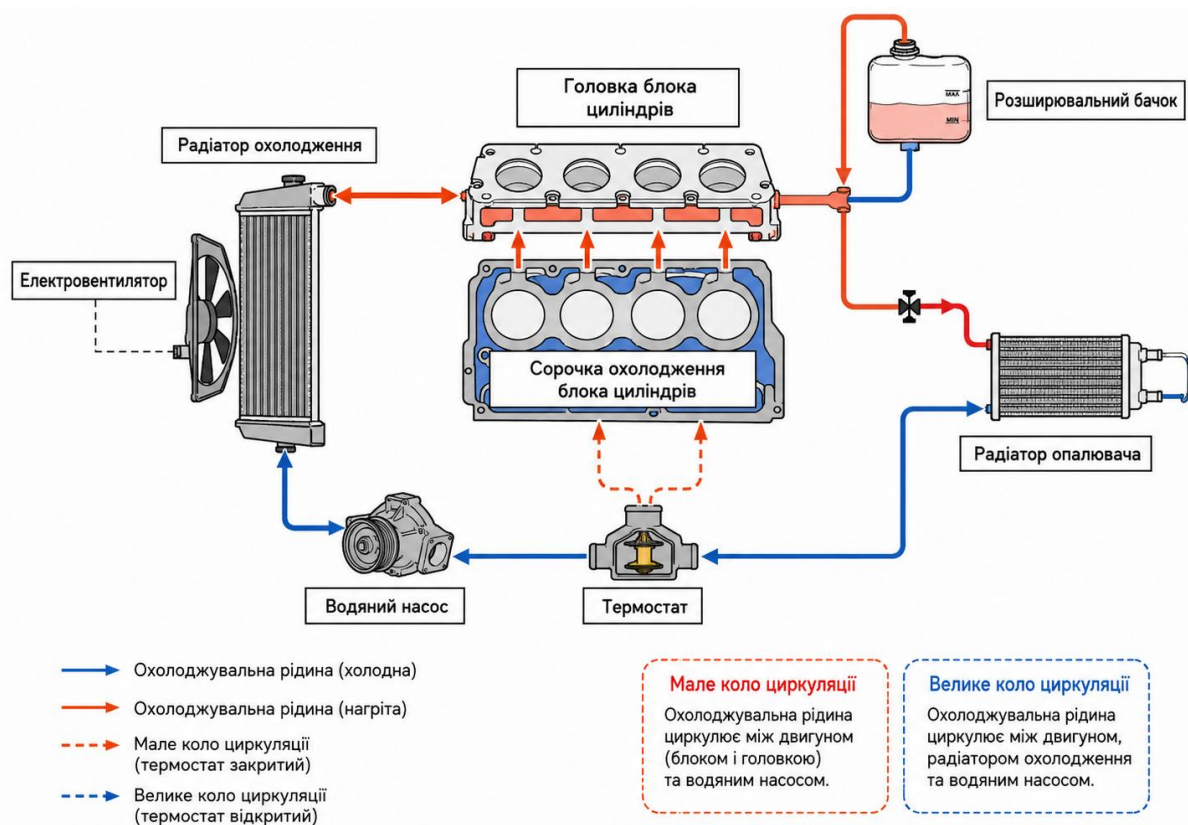


Рисунок 1.1 – Узагальнена схема циркуляції охолоджувальної рідини двигуна HR16DE.

На двигуні HR16DE застосовується рідинна система охолодження закритого типу з примусовою циркуляцією охолоджувальної рідини [3, 4]. Основними її елементами є сорочка охолодження блока циліндрів і головки блока, водяний насос, термостат, радіатор, електричний вентилятор,

розширювальний бачок, з'єднувальні патрубки, кришка з клапаном тиску, датчик температури охолоджувальної рідини та радіатор опалювача салону.

Рух охолоджувальної рідини забезпечується водяним насосом. Під час роботи холодного двигуна рідина циркулює переважно по малому колу, що дає змогу швидше прогріти двигун до робочої температури. Після нагрівання термостат поступово відкриває прохід до радіатора, і рідина починає рухатися по великому колу. У радіаторі теплота передається навколишньому повітрю, а за недостатнього природного обдування вмикається електричний вентилятор.

Таблиця 1.1 – Основні елементи системи охолодження двигуна HR16DE.

Елемент системи	Функціональне призначення
Сорочка охолодження блока і головки блока циліндрів	Відводить тепло від найбільш нагрітих зон двигуна
Водяний насос	Забезпечує примусову циркуляцію охолоджувальної рідини
Термостат	Регулює напрям руху рідини залежно від температури двигуна
Радіатор охолодження	Передає тепло від охолоджувальної рідини до навколишнього повітря
Електричний вентилятор	Підсилює обдування радіатора при підвищенні температури
Розширювальний бачок	Компенсує зміну об'єму рідини під час нагрівання та охолодження
Патрубки і шланги	З'єднують елементи системи в єдиний циркуляційний контур
Датчик температури	Передає інформацію про температуру рідини до електронного блока керування
Радіатор опалювача	Використовує тепло охолоджувальної рідини для обігріву салону

1.2 Аналіз характерних несправностей системи охолодження двигуна HR16DE

Система охолодження двигуна HR16DE працює в умовах постійної зміни температури, тиску та інтенсивності циркуляції охолоджувальної рідини [3, 5]. Тому її технічний стан безпосередньо впливає на стабільність роботи двигуна, витрату палива, ресурс деталей циліндро-поршневої групи та надійність автомобіля в цілому. Для автомобіля Nissan Qashqai з двигуном HR16DE найбільш характерними є несправності, пов'язані з порушенням герметичності, погіршенням циркуляції рідини, забрудненням радіатора, несправністю термостата, водяного насоса або електровентилятора.



Рисунок 1.2 – Причинно-наслідкова схема виникнення несправностей системи охолодження двигуна HR16DE.

Таблиця 1.2 – Характерні несправності системи охолодження двигуна

HR16DE

Несправність	Зовнішні ознаки
Підтікання охолоджувальної рідини	Зниження рівня в бачку, сліди рідини під автомобілем
Забруднення радіатора	Часте вмикання вентилятора, підвищення температури
Заклинювання термостата у закритому положенні	Швидке перегрівання двигуна
Заклинювання термостата у відкритому положенні	Довге прогрівання двигуна, слабке опалення салону
Несправність водяного насоса	Шум, люфт, підтікання з контрольного отвору
Відмова електровентилятора	Перегрів під час руху з малою швидкістю
Повітряна пробка в системі	Нестабільна температура, слабка робота опалювача

Основною ознакою несправності системи охолодження є підвищення температури двигуна понад нормальний робочий діапазон. Також можуть спостерігатися зниження рівня охолоджувальної рідини в розширювальному бачку, поява підтікань у місцях з'єднання патрубків, недостатнє прогрівання двигуна, слабка робота опалювача салону, сторонній шум від водяного насоса або часте вмикання електровентилятора.

Аналіз наведених несправностей показує, що більшість відмов системи охолодження двигуна HR16DE мають поступовий характер розвитку. Спочатку вони проявляються у вигляді незначного зниження рівня рідини, погіршення роботи опалювача або частішого вмикання вентилятора. За відсутності своєчасного діагностування такі ознаки можуть призвести до перегріву двигуна, деформації деталей, пошкодження прокладки головки блока циліндрів і збільшення вартості ремонту [3, 8, 12]. Тому під час розроблення технологічного процесу ремонту необхідно передбачити послідовну перевірку

герметичності, стану радіатора, термостата, водяного насоса, патрубків, електроventильатора та якості охолоджувальної рідини.

1.3 Причини виникнення перегріву двигуна та порушення температурного режиму

Перегрів двигуна може бути спричинений різними факторами. Нижче перелічено найпоширеніші з них:

Витік охолоджувальної рідини. Це одна з основних причин перегріву. Витоки можуть виникати через пошкодження радіатора, зношеність патрубків або хомутів, негерметичність радіатора опалення, тріщини в розширювальному бачку або пробої прокладки головки блока циліндрів. Низький рівень антифризу знижує ефективність відведення тепла, що й призводить до перегріву.

Несправність термостата. Термостат регулює циркуляцію охолоджувальної рідини між двигуном і радіатором. Якщо він заклинює в закритому положенні, рідина не надходить до радіатора, що спричиняє стрімке зростання температури двигуна.

Вихід з ладу водяної помпи. Помпа забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини по системі. У разі її несправності потік рідини порушується, і система втрачає здатність ефективно охолоджувати двигун.

Порушення роботи ventильатора радіатора. Ventильатор забезпечує обдування радіатора та охолодження рідини, особливо під час руху на низькій швидкості або в міських заторах. Якщо він виходить з ладу, температура двигуна може швидко досягти критичного рівня.

Збій температурного датчика ventильатора. Цей датчик вмикає ventильатор при досягненні певної температури. Якщо він не спрацьовує, система охолодження перестає реагувати на перегрів.

Засмічення радіатора. Забруднення зовнішньої поверхні радіатора (бруд, пил, комахи) ускладнює проходження повітря та погіршує теплообмін. У результаті ефективність охолодження знижується.

Порушення температурного режиму двигуна HR16DE найчастіше виникає внаслідок зниження ефективності відведення теплоти від деталей циліндро-поршневої групи, головки блока циліндрів і камери згоряння. У нормальних умовах система охолодження повинна забезпечувати стабільну роботу двигуна без надмірного перегрівання або переохолодження. Відхилення температури від робочого діапазону свідчить про несправність одного або кількох елементів системи.

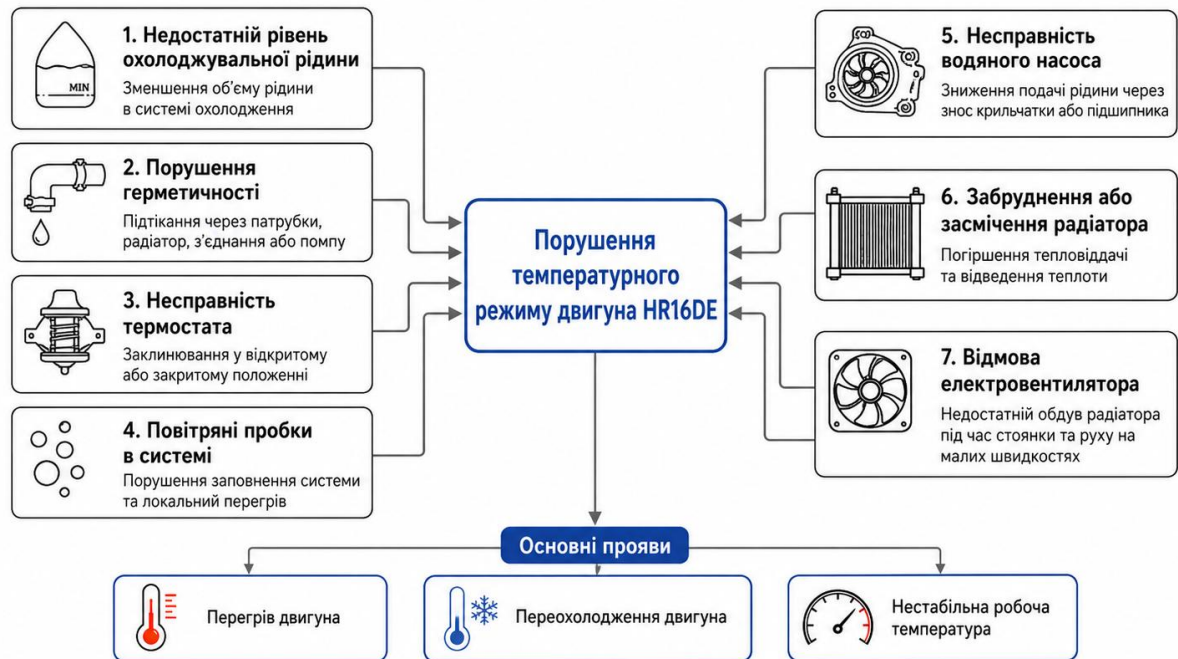


Рисунок 1.3 – Основні причини порушення температурного режиму двигуна HR16DE.

Таблиця 1.3 – Причини перегріву двигуна HR16DE та їх прояви.

Причина порушення температурного режиму	Характерний прояв	Можливий наслідок
Недостатній рівень охолоджувальної рідини	Підвищення температури, зниження рівня в розширювальному бачку	Локальний перегрів блока і головки блока циліндрів
Пошкодження патрубків або з'єднань	Сліди підтікання, запах охолоджувальної рідини	Втрата герметичності та падіння тиску в системі
Несправність термостата	Двигун швидко перегрівається або довго	Порушення переходу між малим і великим

	прогрівається	колом циркуляції
Знос водяного насоса	Шум, люфт, слабка циркуляція рідини	Недостатнє відведення теплоти від двигуна
Забруднення радіатора	Часте вмикання вентилятора, підвищення температури в заторах	Зниження тепловіддачі радіатора
Відмова електровентилятора	Перегрів під час стоянки або руху з малою швидкістю	Недостатній обдув радіатора
Повітряна пробка	Нестабільна температура, слабке опалення салону	Нерівномірне охолодження двигуна

Основними причинами перегріву двигуна є недостатній рівень охолоджувальної рідини, втрата герметичності системи, погіршення циркуляції рідини, несправність термостата, забруднення радіатора, відмова електровентилятора або утворення повітряної пробки. Для двигуна HR16DE особливо небезпечним є тривалий перегрів, оскільки він може спричинити деформацію головки блока циліндрів, пошкодження прокладки, погіршення мащення та підвищене зношування деталей.

Порушення температурного режиму може проявлятися не лише перегрівом, а й надмірно тривалим прогріванням двигуна. Така несправність найчастіше пов'язана із заклинюванням термостата у відкритому положенні. У цьому випадку охолоджувальна рідина передчасно циркулює через радіатор, через що двигун довго виходить на робочу температуру, а опалювач салону працює менш ефективно.

Причини перегріву двигуна HR16DE мають як механічний, так і експлуатаційний характер. Для своєчасного виявлення несправностей необхідно контролювати рівень охолоджувальної рідини, герметичність з'єднань, стан радіатора, справність термостата, водяного насоса та електровентилятора [8, 10, 12]. Саме ці перевірки мають бути покладені в основу подальшого технологічного процесу ремонту системи охолодження.

1.4 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Проведений аналіз системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai показав, що її справний технічний стан має безпосередній вплив на стабільність температурного режиму, надійність роботи двигуна та ресурс його основних деталей. Система охолодження працює в умовах змінного теплового навантаження, тиску, вібрацій і контакту з охолоджувальною рідиною, тому в процесі експлуатації можливе виникнення підтікань, засмічення радіатора, порушення роботи термостата, зношування водяного насоса, відмова електроventильатора та утворення повітряних пробок.

Встановлено, що більшість несправностей системи охолодження розвивається поступово і на початковій стадії може проявлятися незначним зниженням рівня охолоджувальної рідини, нестабільною температурою двигуна, слабкою роботою опалювача салону або частішим вмиканням електроventильатора. За відсутності своєчасного діагностування такі ознаки можуть призвести до перегріву двигуна, пошкодження прокладки головки блока циліндрів, деформації деталей і збільшення вартості ремонту.

Для якісного відновлення працездатності системи охолодження необхідно застосовувати послідовний технологічний підхід, який передбачає попереднє діагностування, демонтаж несправних елементів, їх дефектування, заміну або ремонт, складання системи, заправлення охолоджувальною рідиною, видалення повітря та контроль якості виконаних робіт. Особливе значення має перевірка герметичності системи під тиском, оскільки вона дає змогу виявити приховані витоки, які не завжди визначаються під час звичайного візуального огляду.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

розробити технологічний процес діагностування системи охолодження автомобіля Nissan Qashqai;

встановити послідовність демонтажу основних елементів системи охолодження;

розробити порядок дефектування радіатора, патрубків, термостата, водяного насоса, розширювального бачка, кришки, електровентилятора та датчика температури;

обґрунтувати технологічний процес ремонту та заміни несправних елементів системи охолодження;

розробити послідовність складання, заправлення охолоджувальною рідиною та видалення повітря із системи;

визначити контрольні операції для перевірки якості виконаних ремонтних робіт;

підібрати необхідне обладнання, інструмент і матеріали для виконання ремонту;

виконати розрахунок трудомісткості ремонтних робіт;

розробити пристосування для перевірки герметичності системи охолодження та виконати розрахунок його основних конструктивних параметрів;

розглянути вимоги безпеки під час роботи з охолоджувальною рідиною та під час перевірки системи під тиском.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розроблення технологічного процесу діагностування системи охолодження

Діагностування системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai виконується з метою визначення її фактичного технічного стану, виявлення місць підтікання, перевірки циркуляції охолоджувальної рідини, справності термостата, водяного насоса, електровентилятора та датчика температури. Якісне проведення діагностування дає змогу встановити причину порушення температурного режиму без необґрунтованого розбирання вузлів.

Перед початком перевірки автомобіль встановлюють на рівному майданчику або посту технічного обслуговування. Двигун повинен бути охолодженим, оскільки відкривання кришки розширювального бачка на гарячому двигуні може призвести до викиду рідини під тиском. Первинне діагностування розпочинають із зовнішнього огляду системи, після чого виконують інструментальні перевірки [8, 11, 12].



Рисунок 2.1 – Алгоритм діагностування системи охолодження двигуна HR16DE.

Таблиця 2.1 – Технологічна послідовність діагностування системи охолодження двигуна HR16DE.

№ опер.	Назва операції	Зміст виконання	Обладнання та інструмент	Результат перевірки
1	Підготовка автомобіля	Встановити автомобіль на пост, загальмувати, відкрити капот, дочекатися охолодження двигуна	Пост ТО, противідкатні упори, рукавички	Автомобіль підготовлено до огляду
2	Перевірка рівня рідини	Оцінити рівень охолоджувальної рідини в розширювальному бачку	Візуальний контроль	Визначено наявність або нестачу рідини
3	Зовнішній огляд системи	Оглянути радіатор, патрубки, хомути, розширювальний бачок, водяний насос	Лампа переносна, дзеркало оглядове	Виявлено або не виявлено сліди підтікання
4	Перевірка герметичності	Створити в системі контрольний тиск і перевірити його утримання	Тестер герметичності системи охолодження	Встановлено герметичність або місце витоку
5	Перевірка кришки бачка	Перевірити справність клапана кришки розширювального бачка	Адаптер тестера кришки	Визначено здатність кришки підтримувати тиск
6	Комп'ютерна діагностика	Зчитати температуру охолоджувальної рідини та можливі помилки	OBD-сканер	Отримано дані з електронного блока керування
7	Перевірка термостата	Простежити зміну температури	Інфрачервоний термометр,	Оцінено момент

		патрубків під час прогрівання двигуна	OBD-сканер	відкривання термостата
8	Перевірка вентилятора	Перевірити вмикання електровентилятора при підвищенні температури	OBD-сканер, мультиметр	Встановлено справність вентилятора та електричного кола
9	Оцінка роботи насоса	Перевірити шум, люфт, підтікання та ознаки недостатньої циркуляції	Огляд, стетоскоп механіка	Визначено технічний стан водяного насоса
10	Узагальнення результатів	Порівняти отримані дані та визначити несправний елемент	Діагностична карта	Сформовано висновок щодо подальшого ремонту

Під час діагностування особливу увагу приділяють герметичності системи, оскільки навіть незначне підтікання призводить до зниження рівня охолоджувальної рідини та порушення теплового режиму двигуна. Якщо під час перевірки тиск у системі знижується, необхідно послідовно оглянути радіатор, патрубки, місця з'єднань, корпус термостата, розширювальний бачок і зону встановлення водяного насоса.

Оцінювання роботи термостата проводять під час прогрівання двигуна. При справному термостаті нижній патрубок радіатора залишається відносно холодним до моменту відкривання клапана, після чого його температура поступово підвищується. Якщо патрубок нагрівається одразу після запуску двигуна, це може свідчити про заклинювання термостата у відкритому положенні. Якщо двигун перегрівається, а радіатор залишається холодним, імовірним є заклинювання термостата в закритому положенні або порушення циркуляції рідини.

Комп'ютерна діагностика доповнює механічні перевірки та дає змогу оцінити температуру охолоджувальної рідини за показами датчика. За допомогою OBD-сканера також перевіряють наявність помилок, пов'язаних із

датчиком температури, електроventильатором або ланцюгами керування. Отримані дані необхідно порівнювати з фактичним нагріванням патрубків і радіатора, оскільки несправність датчика може створювати неправильне уявлення про реальний тепловий стан двигуна.

2.2 Розроблення технологічного процесу демонтажу елементів системи охолодження

Демонтаж елементів системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai виконують після попереднього діагностування, коли встановлено несправний вузол або необхідність його детального дефектування [1, 8, 10]. Основним завданням даного етапу є безпечне зняття радіатора, патрубків, розширювального бачка, електроventильатора, термостата або водяного насоса без пошкодження суміжних деталей моторного відсіку.

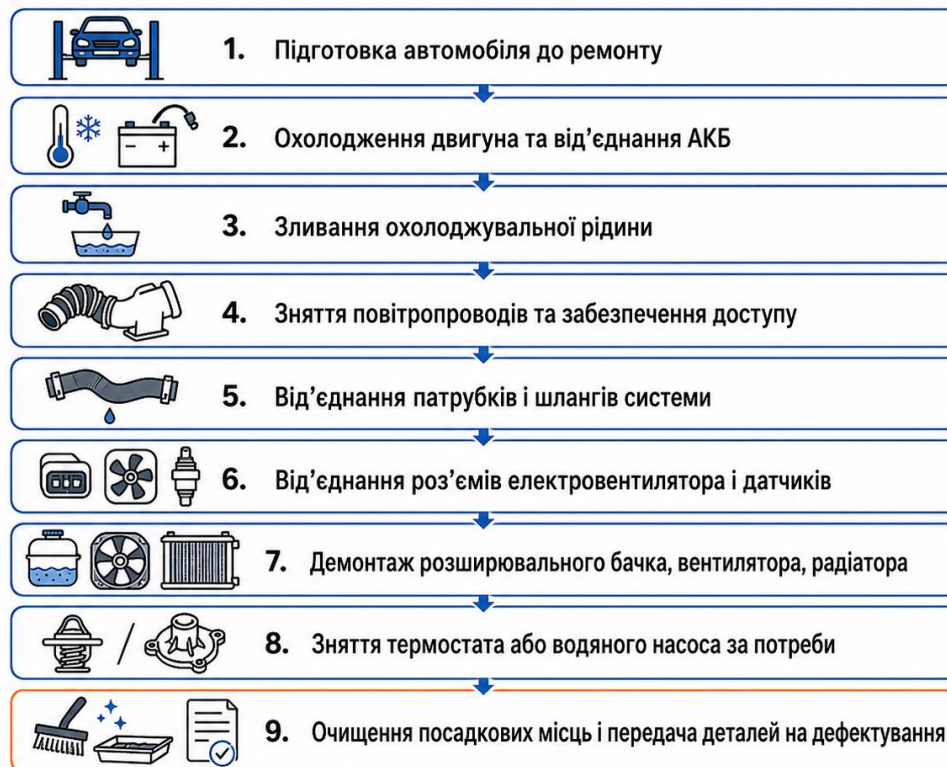


Рисунок 2.2 – Послідовність демонтажу елементів системи охолодження двигуна HR16DE.

Перед початком робіт автомобіль установлюють на пост технічного обслуговування, двигун охолоджують, а акумуляторну батарею від'єднують. Охолоджувальну рідину зливають у підготовлену технологічну ємність,

оскільки її потрапляння на приводні паси, електричні з'єднання та гумові елементи небажане. Після зливання рідини виконують послідовне від'єднання патрубків, електричних роз'ємів, кріплень і зняття несправних деталей.

Таблиця 2.2 – Технологічна послідовність демонтажу елементів системи охолодження.

№ опер.	Назва операції	Зміст виконання	Інструмент і оснащення	Технічні вимоги
1	Підготовка автомобіля	Установити автомобіль на пост, зафіксувати його, відкрити капот	Пост ТО, противідкатні упори	Автомобіль має бути надійно зафіксований
2	Охолодження двигуна	Дочекатися зниження температури двигуна і рідини	Візуальний контроль, рукавички	Не відкривати систему на гарячому двигуні
3	Від'єднання АКБ	Від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї	Ключ гайковий	Уникнути випадкового замикання електричних кіл
4	Зливання рідини	Відкрити зливний отвір або від'єднати нижній патрубок, злити рідину в ємність	Ємність для рідини, пасатижі для хомутів	Не допускати розливання охолоджувальної рідини
5	Зняття повітропроводів	Демонтувати елементи, що обмежують доступ до радіатора і вентилятора	Викрутки, головки, тріскачка	Не пошкодити пластикові фіксатори
6	Від'єднання патрубків	Ослабити хомути, зняти верхній і нижній патрубки	Кліщі для хомутів, викрутка	Патрубки знімати без надмірного

		радіатора		перегину
7	Від'єднання електричних роз'ємів	Від'єднати роз'єм електровентилятора та датчика температури за потреби	Викрутка, очищувач контактів	Не пошкодити фіксатори роз'ємів
8	Демонтаж розширювального бачка	Від'єднати шланг і зняти бачок із кріплень	Головки, пасатижі	Перевірити бачок на тріщини та забруднення
9	Демонтаж електровентилятора	Відкрутити кріплення кожуха, зняти вентилятор у зборі	Набір головок, подовжувач	Не зачепити соти радіатора
10	Демонтаж радіатора	Від'єднати кріплення і обережно вийняти радіатор	Набір ключів, захисні накладки	Не пошкодити радіатор і конденсор кондиціонера
11	Демонтаж термостата	Зняти корпус термостата після звільнення доступу	Головки, ємність для залишків рідини	Очистити посадкову поверхню від забруднень
12	Демонтаж водяного насоса	Зняти привідні елементи, відкрутити кріплення насоса і демонтувати його	Набір ключів, знімач за потреби	Не пошкодити ущільнювальну поверхню
13	Підготовка до дефектування	Промаркувати демонтовані деталі, очистити місця з'єднань	Маркер, ганчір'я, очищувач	Деталі мають бути підготовлені до огляду

Під час демонтажу необхідно дотримуватися обережності, оскільки значна частина деталей системи охолодження виготовлена з пластику, гуми та тонкостінного алюмінію. Особливо уважно слід знімати патрубки з патрубків

радіатора та корпусу термостата, оскільки надмірне зусилля може спричинити тріщини або пошкодження ущільнювальних поверхонь.

Зняті елементи не рекомендується складати безпосередньо на підлогу. Радіатор, електроventильатор, термостат, водяний насос, патрубки і розширювальний бачок розміщують на чистому робочому столі або в технологічній тарі. Це дає змогу зберегти їхній стан для подальшого дефектування та правильно визначити причину відмови системи охолодження.

2.3 Технологічний процес дефектування деталей системи охолодження

Дефектування деталей системи охолодження двигуна HR16DE виконують після їх демонтажу, очищення та попереднього огляду [1, 8, 17]. Метою цієї операції є визначення придатності радіатора, патрубків, термостата, водяного насоса, розширювального бачка, кришки бачка та електроventильатора до подальшої експлуатації. За результатами дефектування приймають рішення про повторне використання деталі, її ремонт або заміну.



Рисунок 2.3 – Послідовність дефектування деталей системи охолодження двигуна HR16DE.

Перед перевіркою всі демонтовані елементи очищають від залишків охолоджувальної рідини, пилу, мастильних забруднень і відкладень. Особливу увагу приділяють місцям ущільнення, з'єднувальним патрубкам, корпусним деталям і тонкостінним елементам радіатора. Дефектування проводять послідовно, щоб уникнути пропуску прихованих пошкоджень.

Таблиця 2.3 – Дефектування основних деталей системи охолодження двигуна HR16DE.

Деталь системи	Що перевіряють	Характерні дефекти	Рішення за результатом дефектування
Радіатор охолодження	Стан сот, бачків, патрубків, герметичність	Забруднення сот, тріщини, підтікання, деформація пластин	Промивання, очищення або заміна
Верхній і нижній патрубки	Еластичність гуми, цілісність, стан посадкових місць	Тріщини, розшарування, затвердіння гуми, сліди підтікання	Заміна пошкоджених патрубків
Термостат	Температуру початку відкривання, плавність ходу клапана	Заклинювання, не повне відкривання, порушення герметичності клапана	Заміна термостата
Водяний насос	Люфт вала, шум підшипника, стан ущільнення, сліди витоку	Знос підшипника, підтікання, пошкодження крильчатки	Заміна насоса
Розширювальний бачок	Цілісність корпусу, прозорість, стан штуцерів	Тріщини, забруднення, пошкодження різьби або штуцерів	Очищення або заміна
Кришка	Роботу клапана	Несправність кла-	Заміна кришки

розширювального бачка	тиску та ущільнення	пана, пошкодження прокладки	
Електроventильатор	Обертання крильчатки, стан електродвигуна, роз'єму і проводки	Заїдання, шум, обрив проводки, пошкодження лопатей	Ремонт електричного кола або заміна
Датчик температури	Стан роз'єму, достовірність сигналу	Окиснення контактів, неправильні покази температури	Очищення контактів або заміна

Радіатор охолодження дефектують шляхом зовнішнього огляду, перевірки чистоти сот і контролю герметичності [8, 12, 17]. Якщо на поверхні радіатора виявлено забруднення, його очищають стисненим повітрям або промивають спеціальними засобами. За наявності тріщин, значного пошкодження бачків або порушення герметичності радіатор до подальшої експлуатації не допускається.

Термостат перевіряють за характером відкривання клапана. Його несправність може спричинити як перегрів двигуна, так і надмірно тривале прогрівання. Якщо клапан не відкривається, відкривається із запізненням або не повертається у вихідне положення, термостат підлягає заміні.

Водяний насос оцінюють за наявністю люфту, шуму, слідів підтікання та пошкодження крильчатки. Поява рідини в зоні дренажного отвору, сторонній шум або відчутний люфт вала свідчать про зношення ущільнення чи підшипникового вузла. У такому випадку насос не ремонтують, а замінюють у зборі.

За результатами дефектування складають дефектну відомість, у якій зазначають найменування деталі, виявлений дефект, спосіб усунення та рішення щодо подальшого використання. Такий порядок дозволяє обґрунтовано визначити обсяг ремонту системи охолодження двигуна HR16DE та уникнути повторного демонтажу через невиявлені несправності.

2.4 Технологічний процес ремонту та заміни несправних елементів системи охолодження

У системі охолодження двигуна HR16DE більшість деталей належить до вузлів, які у разі значного пошкодження доцільно замінювати, а не ремонтувати [1, 8, 10]. До таких елементів належать термостат, водяний насос, пошкоджені патрубки, кришка розширювального бачка, датчик температури та електроventильатор у разі несправності електродвигуна. Радіатор може підлягати очищенню або промиванню, однак за наявності тріщин, порушення герметичності чи значної деформації його також замінюють.



Рисунок 2.4 – Загальна послідовність ремонту та заміни елементів системи охолодження двигуна HR16DE.

Таблиця 2.4 – Технологічна послідовність ремонту та заміни несправних елементів системи охолодження.

№ опер.	Назва операції	Зміст виконання	Інструмент і матеріали	Технічні вимоги
1	Підготовка деталей до встановлення	Очистити посадкові місця, видалити залишки старих ущільнень	Очищувач, ганчір'я, пластиковий скребок	Не пошкодити ущільнювальні поверхні

		і забруднення		
2	Заміна патрубків	Установити нові патрубки замість потрісканих або затверділих	Кліщі для хомутів, нові патрубки, хомути	Патрубки не повинні мати перегинів і перекручування
3	Заміна термостата	Установити справний термостат із новим ущільненням	Набір головок, ущільнювальне кільце	Корпус термостата має прилягати рівномірно
4	Заміна водяного насоса	Установити новий насос, очистивши привалочну площину	Набір ключів, новий насос, ущільнення	Не допускається перекіс насоса під час монтажу
5	Очищення або заміна радіатора	Очистити зовнішні соти, промити внутрішні канали або встановити новий радіатор	Стиснене повітря, промивна рідина, новий радіатор	Соти не повинні бути сильно деформовані
6	Заміна розширювального бачка	Установити бачок без тріщин і пошкоджених штуцерів	Набір ключів, новий бачок за потреби	Шланги мають бути щільно приєднані
7	Заміна кришки бачка	Установити кришку зі справним клапаном тиску	Нова кришка бачка	Кришка повинна забезпечувати герметичність системи
8	Ремонт електричного кола вентилятора	Перевірити роз'єм, проводку, реле, запобіжник; за потреби замінити вентилятор	Мультиметр, OBD-сканер, новий вентилятор	Вентилятор має вмикатися при досягненні заданої температури

9	Заправлення системи	Заповнити систему охолоджувальною рідиною відповідного типу	Лійка, охолоджувальна рідина, ємність	Не допускати потрапляння бруду в систему
10	Видалення повітря	Прогріти двигун, контролювати рівень рідини і роботу опалювача	ОBD-сканер, рукавички	Температура повинна стабілізуватися без різких коливань
11	Контрольна перевірка	Перевірити герметичність, роботу вентилятора, термостата і відсутність підтікань	Тестер герметичності, лампа, сканер	Після ремонту система має працювати стабільно

Під час заміни патрубків необхідно перевіряти стан хомутів. Ослаблені або деформовані хомути повторно не використовують, оскільки вони не забезпечують надійного ущільнення з'єднання. Новий патрубок установлюють без натягу, перегину та перекручування, а його посадкові місця попередньо очищають від слідів старої рідини й відкладень.

Заміна термостата виконується у разі заклинювання клапана, неповного відкриття або порушення стабільності температурного режиму двигуна. Перед установленням нового термостата очищають корпус і привалочну поверхню, після чого встановлюють нове ущільнення. Використання старих ущільнювальних елементів не допускається, оскільки це може спричинити повторне підтікання охолоджувальної рідини.

Водяний насос підлягає заміні у разі появи люфту, шуму підшипника, підтікання через дренажний отвір або пошкодження крильчатки [3, 4, 8]. Перед монтажем нового насоса перевіряють чистоту привалочної поверхні та правильність розташування ущільнення. Після встановлення насос повинен обертатися без заїдання, стороннього шуму та перекосу.

Радіатор охолодження ремонтують лише у випадку незначного зовнішнього забруднення або часткового засмічення внутрішніх каналів. Зовнішні соти очищають стисненим повітрям у напрямку, протилежному руху повітря під час експлуатації. Якщо виявлено тріщини бачків, порушення герметичності або значну деформацію сот, радіатор замінюють у зборі.

Після завершення монтажу систему заповнюють охолоджувальною рідиною, видаляють повітря та прогрівають двигун до робочої температури. У процесі прогрівання контролюють рівень рідини в розширювальному бачку, температуру за показами діагностичного сканера, нагрівання патрубків, роботу опалювача салону та момент вмикання електровентиллятора.

2.5 Технологічний процес складання, заправлення та видалення повітря із системи охолодження

Після ремонту або заміни несправних елементів системи охолодження двигуна HR16DE виконують її складання, заправлення охолоджувальною рідиною та видалення повітря. Цей етап є завершальним у технологічному процесі відновлення працездатності системи, оскільки від правильності його виконання залежить стабільність температурного режиму двигуна, герметичність з'єднань і ефективність роботи опалювача салону.

Складання системи охолодження здійснюють у послідовності, зворотній до демонтажу [1, 8]. Перед установленням деталей перевіряють чистоту посадкових поверхонь, стан ущільнювальних кілець, патрубків, хомутів і електричних роз'ємів. Усі з'єднання повинні бути встановлені без перекосів, надмірного натягу та перегинання шлангів.

Заправлення системи охолодження виконують тільки рекомендованою охолоджувальною рідиною, яка відповідає вимогам виробника автомобіля. Рідину заливають поступово, щоб зменшити ймовірність утворення повітряних пробок. У процесі заповнення контролюють рівень у розширювальному бачку та стан з'єднань, через які можливе підтікання.

Після попереднього заповнення запускають двигун і встановлюють режим роботи опалювача салону на максимальну температуру. Це необхідно

для проходження охолоджувальної рідини через радіатор опалювача. У міру прогрівання двигуна термостат відкривається, рідина починає циркулювати через радіатор охолодження, а повітря поступово виходить у розширювальний бачок. За потреби рівень рідини доводять до норми.



Рисунок 2.5 – Послідовність складання, заправлення та видалення повітря із системи охолодження двигуна HR16DE.

Таблиця 2.5 – Технологічна послідовність складання і заправлення системи охолодження.

№ опер.	Назва операції	Зміст виконання	Інструмент і матеріали	Технічні вимоги
1	Підготовка до складання	Очистити посадкові місця, перевірити ущільнення,	Очищувач, ганчір'я, набір ключів	Поверхні мають бути чистими, без

		патрубки і хомути		залишків старих ущільнень
2	Установлення радіатора	Закріпити радіатор на штатних опорах	Набір головок, викрутка	Радіатор не повинен мати перекосу та контактувати з рухомими деталями
3	Монтаж електроventилятора	Установити кожух вентилятора і під'єднати електричний роз'єм	Набір ключів, викрутка	Крильчатка повинна обертатися вільно
4	Установлення термостата	Встановити термостат із новим ущільненням	Головки, ущільнювальне кільце	Корпус має бути затягнутий рівномірно
5	Монтаж водяного насоса	Установити насос і перевірити правильність його посадки	Набір ключів, нове ущільнення	Не допускається перекіс ущільнення
6	Під'єднання патрубків	Установити верхній і нижній патрубки, зафіксувати хомути	Кліщі для хомутів, нові хомути за потреби	Патрубки не повинні бути перекручені або перетиснуті
7	Установлення розширювального бачка	Закріпити бачок і під'єднати шланги	Набір ключів, пасатижі	Бачок і шланги мають бути герметичними
8	Заправлення системи	Залити охолоджувальну рідину до нормативного рівня	Лійка, охолоджувальна рідина	Рівень рідини контролювати за мітками бачка
9	Видалення повітря	Запустити двигун, увімкнути опалювач,	OBD-сканер, інфрачервоні	Не допускаються

		контролювати рівень рідини	й термометр	різкі коливання температури
10	Контрольна перевірка	Перевірити підтікання, роботу вентилятора і стабільність температури	Лампа оглядова, тестер герметичності	Система повинна працювати без витоків і перегріву

Ознаками правильного видалення повітря є стабільна температура двигуна, рівномірне нагрівання патрубків, ефективна робота опалювача салону та відсутність бульбашок у розширювальному бачку. Якщо після прогрівання спостерігаються різкі коливання температури або слабе опалення салону, систему необхідно повторно перевірити на наявність повітряної пробки.

Після завершення заправлення виконують контрольну перевірку герметичності. Оглядають місця приєднання патрубків, корпус термостата, радіатор, водяний насос, розширювальний бачок і зливні з'єднання. Після охолодження двигуна рівень рідини повторно перевіряють і за потреби коригують.

2.6 Контроль якості виконаних ремонтних робіт

Контроль якості виконаних ремонтних робіт є завершальним етапом технологічного процесу відновлення системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai [1, 8, 10]. Його основною метою є підтвердження герметичності системи, правильності складання, стабільності циркуляції охолоджувальної рідини та відсутності повторних ознак перегріву двигуна.

Після складання системи необхідно перевірити правильність встановлення радіатора, патрубків, хомутів, розширювального бачка, термостата, водяного насоса, електровентилятора та електричних роз'ємів. Особливу увагу приділяють місцям з'єднання патрубків, корпусу термостата, зливним пробкам, зоні водяного насоса та нижній частині радіатора, оскільки саме в цих місцях найчастіше виникають підтікання охолоджувальної рідини.

Контроль герметичності доцільно проводити як візуально, так і за допомогою спеціального тестера тиску. Якщо під час перевірки тиск у системі

знижується, необхідно повторно оглянути з'єднання патрубків, радіатор, корпус термостата, розширювальний бачок і водяний насос. Виявлені підтікання усувають підтягуванням кріплень, заміною хомутів або повторним встановленням ущільнювальних елементів.



Рисунок 2.6 – Послідовність контролю якості ремонту системи охолодження двигуна HR16DE

Таблиця 2.6 – Контрольні операції після ремонту системи охолодження

№ опер.	Контрольна операція	Спосіб перевірки	Засоби контролю	Ознака якісного виконання
1	Перевірка складання	Оглянути правильність встановлення деталей і кріплень	Лампа оглядова, набір ключів	Деталі встановлені без перекосів і ослаблених кріплень
2	Контроль рівня рідини	Перевірити рівень у розширювальному бачку	Візуальний контроль	Рівень відповідає міткам на бачку
3	Перевірка герметичності	Оглянути місця з'єднань після заправлення системи	Лампа, суха серветка	Підтікання охолоджувальної рідини відсутнє
4	Перевірка під тиском	Створити контрольний тиск у системі	Тестер герметичності системи охолодження	Тиск утримується без помітного падіння
5	Контроль температури	Прогріти двигун і зчитати температуру рідини	OBD-сканер	Температура стабілізується без різких коливань
6	Перевірка термостата	Оцінити нагрівання верхнього і нижнього патрубків	Інфрачервоний термометр, OBD-сканер	Після відкриття термостата нагрівається радіатор
7	Перевірка вентилятора	Дочекатися спрацювання вентилятора або активувати його через сканер	OBD-сканер, мультиметр	Вентилятор вмикається і працює без шуму та вібрацій
8	Перевірка опалювача	Увімкнути опалення салону	Візуальний і тепловий	Із дефлекторів надходить

		на максимальну температуру	контроль	стабільно тепле повітря
9	Повторний огляд	Після охолодження двигуна перевірити рівень рідини і з'єднання	Лампа, оглядове дзеркало	Рівень рідини стабільний, сліди витоку відсутні

Після перевірки герметичності двигун запускають і прогрівають до робочої температури. У процесі прогрівання контролюють покази датчика температури, нагрівання патрубків, роботу термостата, момент увімкнення електровентилятора та стабільність рівня охолоджувальної рідини в розширювальному бачку. Якщо температура зростає рівномірно, вентилятор вмикається вчасно, а опалювач салону працює стабільно, система охолодження вважається працездатною.

Після завершення перевірки двигун зупиняють і дають йому охолонути. Далі повторно контролюють рівень рідини, оскільки після виходу залишків повітря з системи він може дещо знизитися. За потреби охолоджувальну рідину доливають до нормативної позначки.

2.7 Вибір обладнання, інструменту та матеріалів для ремонту системи охолодження

Вибір обладнання, інструменту та матеріалів для ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai здійснюють з урахуванням характеру виконуваних робіт. До основних операцій належать діагностування, зливання охолоджувальної рідини, демонтаж пошкоджених елементів, дефектування, заміна деталей, складання системи, заправлення, видалення повітря та контроль герметичності.

Для виконання робіт необхідно застосовувати обладнання, яке забезпечує безпечний доступ до вузлів моторного відсіку, точну перевірку технічного стану системи та якісне виконання монтажних операцій. Особливе значення має використання тестера герметичності, OBD-сканера, інфрачервоного

термометра, мультиметра, кліщів для хомутів і вакуумного пристрою для заправлення системи охолодження [11, 12, 14].



Рисунок 2.7 – Комплект обладнання та інструменту для ремонту системи охолодження двигуна HR16DE.

Таблиця 2.7 – Обладнання, інструмент і матеріали для ремонту системи охолодження.

Найменування	Призначення	Приклад застосування
Пост технічного обслуговування	Розміщення автомобіля під час ремонту	Виконання демонтажу, складання та контролю
Підіймач або оглядова канава	Забезпечення доступу до нижньої частини автомобіля	Зливання рідини, огляд нижніх патрубків
Тестер герметичності системи охолодження	Перевірка системи під тиском	Виявлення підтікання радіатора, патрубків, бачка
Адаптер для перевірки кришки бачка	Контроль справності клапана тиску	Перевірка здатності кришки підтримувати тиск
OBD-сканер	Зчитування температури охолоджувальної рідини та помилок	Контроль датчика температури, вентилятора, режиму прогрівання
Інфрачервоний	Безконтактне вимірювання	Перевірка нагрівання

термометр	температури	патрубків, радіатора і термостата
Мультиметр	Перевірка електричних кіл	Контроль живлення вентилятора, реле, запобіжників, роз'ємів
Кліщі для хомутів	Зняття і встановлення пружинних хомутів	Демонтаж патрубків без пошкодження посадкових місць
Набір головок, ключів і викруток	Виконання слюсарних операцій	Демонтаж радіатора, вентилятора, термостата, насоса
Динамометричний ключ	Контроль моменту затягування кріплень	Затягування корпусу термостата, водяного насоса
Ємність для зливання рідини	Збір відпрацьованої охолоджувальної рідини	Запобігання розливу рідини на підлогу
Вакуумний пристрій або лійка для заправлення	Заправлення системи охолоджувальною рідиною	Зменшення ризику утворення повітряних пробок
Оглядова лампа	Освітлення важкодоступних місць	Виявлення підтікань у зоні радіатора, патрубків і насоса
Охолоджувальна рідина	Заповнення системи після ремонту	Відновлення нормального теплового режиму двигуна
Нові ущільнення, патрубки, хомути	Забезпечення герметичності з'єднань	Заміна зношених або пошкоджених деталей
Очищувач і ганчір'я	Очищення посадкових місць і деталей	Підготовка поверхонь перед складанням

Для діагностування системи охолодження доцільно використовувати OBD-сканер, оскільки він дає змогу контролювати температуру

охолоджувальної рідини за показами електронного блока керування. Це дозволяє порівняти фактичне нагрівання патрубків і радіатора з даними датчика температури та точніше визначити несправність термостата, вентилятора або електричного кола.

Тестер герметичності застосовують для перевірки системи під тиском. Його використання дає змогу виявити приховані підтікання, які не завжди помітні під час звичайного візуального огляду. Додатково перевіряють кришку розширювального бачка, оскільки несправний клапан тиску може спричинити закипання рідини або її викидання із системи.

Для демонтажно-монтажних робіт необхідний стандартний комплект слюсарного інструменту, кліщі для хомутів і динамометричний ключ. Використання спеціальних кліщів зменшує ризик пошкодження патрубків, а контроль моменту затягування запобігає перекосу корпусних деталей і пошкодженню ущільнень.

До матеріалів, які застосовують під час ремонту, належать охолоджувальна рідина, нові патрубки, хомути, ущільнювальні кільця, очищувачі та допоміжні витратні матеріали. Охолоджувальну рідину необхідно підбирати відповідно до вимог виробника автомобіля. Повторне використання забрудненої або відпрацьованої рідини не допускається, оскільки це може спричинити утворення відкладень і погіршення теплообміну.

2.8 Розрахунок трудомісткості виконання ремонтних робіт

Розрахунок трудомісткості ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai виконують для визначення загальних затрат часу на проведення діагностування, демонтажу, дефектування, заміни несправних елементів, складання, заправлення та контрольної перевірки системи. Отримане значення трудомісткості дає змогу обґрунтувати організацію робочого поста, кількість виконавців і тривалість перебування автомобіля в ремонті.

Загальну трудомісткість ремонтних робіт визначають як суму затрат часу на виконання окремих технологічних операцій [1, 2, 7]:

$$T_{\text{заг}} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n, \text{ люд}\cdot\text{год},$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальна трудомісткість ремонту, люд·год;

$t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ – тривалість виконання окремих операцій, люд·год.

Таблиця 2.10 – Розрахунок трудомісткості ремонту системи охолодження двигуна HR16DE.

№ оп.	Назва операції	Кіль. викон.	Норма часу, год	Трудо-сть, люд·год
1	Підготовка автомобіля до ремонту	1	0,17	0,17
2	Діагностування системи охолодження	1	0,42	0,42
3	Зливання охолоджувальної рідини	1	0,25	0,25
4	Зняття елементів, що обмежують доступ	1	0,25	0,25
5	Демонтаж патрубків і шлангів	1	0,33	0,33
6	Демонтаж радіатора та електровентилятора	1	0,58	0,58
7	Демонтаж термостата	1	0,42	0,42
8	Демонтаж водяного насоса	1	0,75	0,75
9	Дефектування деталей системи охолодження	1	0,50	0,50
10	Очищення посадкових місць і з'єднань	1	0,33	0,33
11	Установлення термостата	1	0,50	0,50
12	Установлення водяного насоса	1	0,42	0,42
13	Установлення радіатора та електровентилятора	1	0,75	0,75
14	Монтаж патрубків, шлангів і хомутів	1	0,33	0,33
15	Заправлення системи охолод. рідиною	1	0,50	0,50
16	Видалення повітря і прогрівання двиг.	1	0,42	0,42
17	Контроль герметичності та остаточна перевірка	1	0,25	0,25
	Разом			7,17

Загальна трудомісткість ремонту становить:

$$T_{\text{заг}} = 0,17 + 0,42 + 0,25 + 0,25 + 0,33 + 0,58 + 0,42 + 0,75 + 0,50 + 0,33 + 0,50 + 0,42 + 0,75 + 0,33 + 0,50 + 0,42 + 0,25 = 7,17 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Для врахування допоміжного часу, пов'язаного з підготовкою інструменту, переміщенням деталей, очищенням робочого місця та оформленням результатів контролю, вводимо коефіцієнт $K_d = 1,10$.

Уточнена трудомісткість ремонту становитиме:

$$T_y = T_{\text{заг}} \cdot K_d, \text{ люд}\cdot\text{год,}$$

$$T_y = 7,17 \cdot 1,10 = 7,89 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Розрахункова трудомісткість виконання ремонтних робіт системи охолодження двигуна HR16DE становить 7,89 люд·год. За умови виконання робіт одним слюсарем тривалість ремонту становитиме приблизно одну робочу зміну. Якщо окремі операції, зокрема демонтаж і встановлення радіатора, виконуються двома працівниками, фактична тривалість перебування автомобіля на посту може бути зменшена.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Призначення та принцип роботи пристосування для перевірки герметичності системи охолодження

Пристосування для перевірки герметичності системи охолодження призначене для виявлення прихованих і явних витоків охолоджувальної рідини в системі охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai. Його застосування дає змогу перевірити радіатор, патрубки, хомути, розширювальний бачок, кришку бачка, корпус термостата, водяний насос і місця з'єднань без повного розбирання системи.

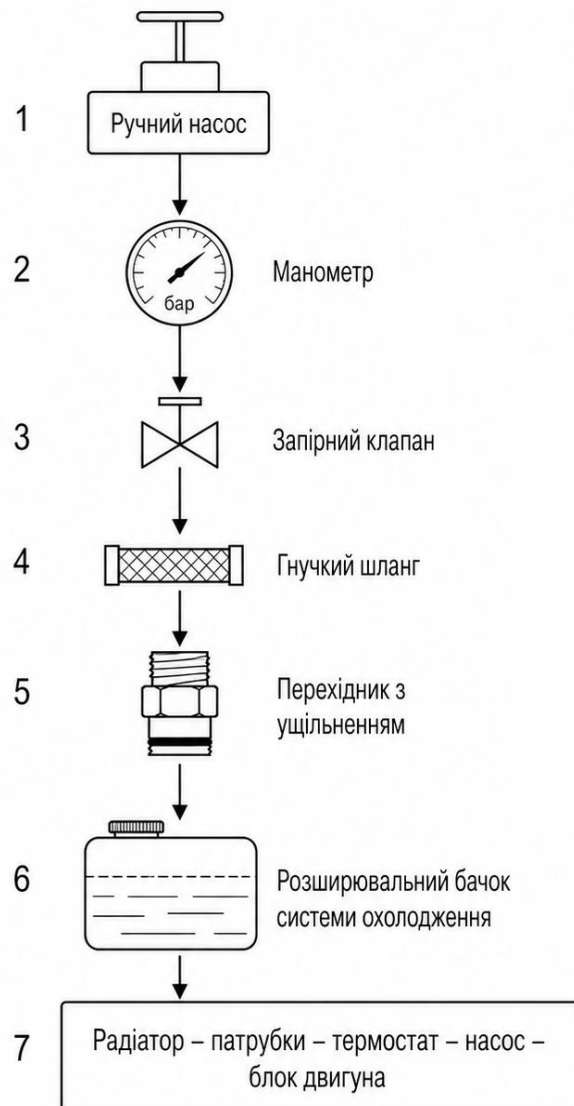


Рисунок 3.1 – Схема пристосування для перевірки герметичності системи охолодження.

Необхідність використання такого пристосування пояснюється тим, що частина дефектів проявляється лише під час роботи системи під тиском [8, 11, 12]. При звичайному візуальному огляді незначні тріщини, ослаблені з'єднання або пошкоджені ущільнення можуть бути непомітними. Створення контрольного тиску в системі дозволяє змодельовати робочі умови та швидко визначити місце порушення герметичності.

Пристосування складається з ручного насоса, манометра, гнучкого шланга, запірного клапана, перехідника для з'єднання з горловиною розширювального бачка та ущільнювального елемента. Після встановлення перехідника на бачок у систему подають повітря до заданого контрольного тиску. Далі за показами манометра оцінюють здатність системи утримувати тиск протягом визначеного часу.

Принцип роботи пристосування полягає у створенні в замкненій системі охолодження надлишкового тиску та подальшому контролі його стабільності. Якщо система справна, покази манометра протягом перевірки залишаються практично незмінними. У разі падіння тиску необхідно оглянути з'єднання патрубків, радіатор, корпус термостата, розширювальний бачок, зону водяного насоса та інші можливі місця витоку.

Перевірку виконують тільки на холодному двигуні, оскільки в гарячій системі охолоджувальна рідина перебуває під тиском і може спричинити опіки. Перед підключенням пристосування перевіряють рівень рідини, стан горловини бачка та справність ущільнювального елемента перехідника. Після завершення контролю тиск плавно скидають через клапан, після чого пристосування від'єднують від системи.

3.2 Розрахунок основних конструктивних параметрів пристосування

Розрахунок основних конструктивних параметрів пристосування для перевірки герметичності системи охолодження двигуна HR16DE виконуємо з метою визначення тиску перевірки, зусилля, що діє на перехідник, параметрів ущільнення, гнучкого шланга та ручного насоса. Пристосування повинно

забезпечувати створення контрольного тиску в системі охолодження, його утримання та безпечно скидання після завершення перевірки.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку пристосування.

Параметр	Позначення	Значення
Контрольний тиск у системі	p_k	0,10 МПа
Розрахунковий тиск із запасом	p_p	0,12 МПа
Діаметр посадкової частини переходника	D	38 мм
Зовнішній діаметр ущільнювального кільця	D_3	44 мм
Внутрішній діаметр ущільнювального кільця	d_b	34 мм
Внутрішній діаметр гнучкого шланга	$d_{ш}$	6 мм
Товщина стінки шланга	δ	2 мм
Діаметр поршня ручного насоса	d_n	25 мм
Коефіцієнт запасу	n	2,5

Схема дії тиску на переходник пристосування наведена на рисунку 3.2.

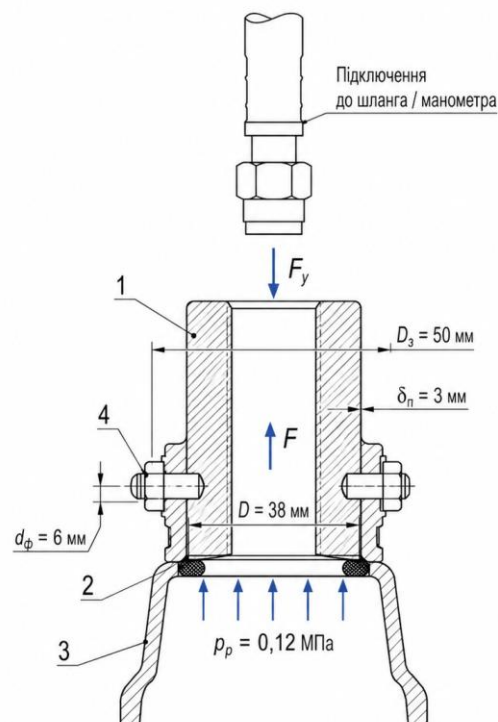


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема навантаження переходника пристосування:
 1 – Перехідник; 2 – Ущільнювальне кільце; 3 – Горловина розширювального бачка; 4 – Фіксувальний елемент; 5 – Зусилля F_y ; 6 – Тиск p_p .

Площа, на яку діє тиск усередині переходника, визначається за формулою:

$$A = \pi \cdot D^2 / 4, \text{ м}^2$$

де A – площа дії тиску, м^2 ;

D – діаметр посадкової частини перехідника, м.

Підставляємо значення:

$$A = 3,14 \cdot 0,038^2 / 4 = 0,00113 \text{ м}^2$$

Зусилля, яке намагається зірвати перехідник із горловини розширювального бачка, визначаємо за формулою:

$$F = p_p \cdot A, \text{ Н}$$

де F – осьове зусилля від тиску, Н;

p_p – розрахунковий тиск у системі, Па.

$$F = 0,12 \cdot 10^6 \cdot 0,00113 = 135,6 \text{ Н}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу необхідне утримувальне зусилля становить:

$$F_y = F \cdot n, \text{ Н}$$

$$F_y = 135,6 \cdot 2,5 = 339 \text{ Н}$$

Кріплення перехідника до горловини розширювального бачка повинно забезпечувати утримувальне зусилля не менше 339 Н. Для практичного застосування приймаємо $F_y = 350 \text{ Н}$.

Площа контакту ущільнювального кільця визначається як площа кільця:

$$A_{\text{ущ}} = \pi \cdot (D_z^2 - d_b^2) / 4, \text{ м}^2$$

де $A_{\text{ущ}}$ – площа ущільнення, м^2 ;

D_z – зовнішній діаметр ущільнювального кільця, м;

d_b – внутрішній діаметр ущільнювального кільця, м.

$$A_{\text{ущ}} = 3,14 \cdot (0,044^2 - 0,034^2) / 4 = 0,00061 \text{ м}^2$$

Контактний тиск на ущільнювальне кільце становитиме:

$$q = F_y / A_{\text{ущ}}, \text{ Па}$$

$$q = 350 / 0,00061 = 573770 \text{ Па} = 0,57 \text{ МПа}$$

Отримане значення контактного тиску є достатнім для герметизації з'єднання під час перевірки системи охолодження, оскільки воно перевищує розрахунковий тиск у системі.

Перевіримо гнучкий шланг на міцність. Напруження в стінці шланга можна орієнтовно визначити за формулою:

$$\sigma = p_p \cdot d_{\text{ш}} / (2 \cdot \delta), \text{ МПа}$$

де σ – напруження в стінці шланга, МПа;

p_p – розрахунковий тиск, МПа;

$d_{ш}$ – внутрішній діаметр шланга, мм;

δ – товщина стінки шланга, мм.

$$\sigma = 0,12 \cdot 6 / (2 \cdot 2) = 0,18 \text{ МПа}$$

Для армованого гумового або полімерного шланга таке напруження є незначним, тому прийняті розміри шланга $d_{ш} = 6$ мм і $\delta = 2$ мм можна вважати достатніми.

Зусилля на рукоятці ручного насоса визначимо через площу поршня:

$$A_n = \pi \cdot d_n^2 / 4, \text{ м}^2$$

$$A_n = 3,14 \cdot 0,025^2 / 4 = 0,00049 \text{ м}^2$$

Необхідне зусилля на поршні насоса:

$$F_n = p_p \cdot A_n, \text{ Н}$$

$$F_n = 0,12 \cdot 10^6 \cdot 0,00049 = 58,8 \text{ Н}$$

З урахуванням втрат у клапанах і шлангу приймаємо орієнтовне зусилля на рукоятці 70–80 Н, що є допустимим для ручного нагнітання повітря під час діагностування.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку конструктивних параметрів пристосування

Розрахунковий параметр	Позначення	Отримане значення
Площа дії тиску на перехідник	A	0,00113 м ²
Осьове зусилля від тиску	F	135,6 Н
Утримувальне зусилля з урахуванням запасу	F _y	350 Н
Площа ущільнювального кільця	A _{ущ}	0,00061 м ²
Контактний тиск на ущільнення	q	0,57 МПа
Напруження в стінці шланга	σ	0,18 МПа
Зусилля на поршні насоса	F _n	58,8 Н
Орієнтовне зусилля на рукоятці насоса	–	70–80 Н

За результатами розрахунку встановлено, що для пристосування доцільно застосувати перехідник із посадковим діаметром 38 мм, ущільнювальне кільце з розмірами 44×34 мм, армований шланг із внутрішнім діаметром 6 мм і

товщиною стінки 2 мм [16], а також ручний насос із діаметром поршня 25 мм. Манометр доцільно вибрати з діапазоном вимірювання 0–0,25 МПа, що забезпечить зручний контроль тиску під час перевірки системи охолодження.

3.3 Порядок використання пристосування під час діагностування системи охолодження

Використання пристосування для перевірки герметичності системи охолодження двигуна HR16DE здійснюється після зовнішнього огляду системи, перевірки рівня охолоджувальної рідини та підготовки автомобіля до діагностування. Основною метою застосування пристосування є створення в системі контрольного тиску та виявлення місць можливого витіку без запуску двигуна.



Рисунок 3.3 – Послідовність використання пристосування для перевірки герметичності системи охолодження.

Перевірку виконують тільки на холодному двигуні [18, 20]. Перед підключенням пристосування необхідно переконатися, що в системі немає надлишкового тиску, а кришка розширювального бачка знімається без небезпеки викиду рідини. Після цього замість штатної кришки встановлюють перехідник з ущільненням, до якого під'єднують шланг із манометром і ручним насосом.

Таблиця 3.4 – Порядок використання пристосування під час діагностування.

№ опер.	Назва операції	Зміст виконання	Технічні вимоги
1	Підготовка автомобіля	Установити автомобіль на рівний майданчик, зафіксувати його, відкрити капот	Двигун має бути вимкнений і охолоджений
2	Перевірка рівня рідини	Оцінити рівень охолоджувальної рідини в розширювальному бачку	Рівень повинен бути в межах допустимих позначок
3	Зняття кришки бачка	Обережно відкрутити штатну кришку розширювального бачка	Не відкривати бачок на гарячому двигуні
4	Установлення перехідника	Установити перехідник із ущільнювальним кільцем на горловину бачка	З'єднання має бути щільним і без перекосу
5	Під'єднання пристосування	Приєднати гнучкий шланг, манометр і ручний насос	Шланг не повинен мати перегинів
6	Створення тиску	Ручним насосом створити контрольний тиск у системі	Тиск не повинен перевищувати розрахункового значення
7	Витримка під тиском	Утримувати систему під тиском протягом контрольного часу	Покази манометра мають залишатися стабільними
8	Огляд системи	Перевірити радіатор, патрубки, хомути, бачок,	Підтікання або запотівання не

		термостат і водяний насос	допускаються
9	Скидання тиску	Плавно скинути тиск через випускний клапан	Не від'єднувати присосування до повного скидання тиску
10	Оформлення результатів	Зробити висновок про герметичність системи	Результат занести до карти діагностування

Під час перевірки тиск у системі створюють поступово, контролюючи покази манометра. Якщо після припинення нагнітання стрілка манометра залишається нерухомою, система вважається герметичною. Якщо тиск поступово знижується, необхідно виконати уважний огляд усіх з'єднань, оскільки падіння тиску свідчить про наявність витoku або несправність ущільнювальних елементів.

Найчастіше місцями втрати герметичності є з'єднання патрубків із радіатором, корпус термостата, штуцери розширювального бачка, зона водяного насоса та нижня частина радіатора. Для точнішого виявлення незначних витоків поверхні з'єднань протирають насухо, після чого повторно спостерігають за ними під час витримки системи під тиском.

Після завершення перевірки тиск обов'язково скидають через випускний клапан. Лише після цього допускається від'єднання шланга та зняття перехідника з розширювального бачка. Порухення цієї послідовності може призвести до різкого виходу повітря або охолоджувальної рідини з системи.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги безпеки під час роботи з охолоджувальною рідиною

Під час ремонту системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai працівник безпосередньо контактує з охолоджувальною рідиною, яка використовується для відведення теплоти від двигуна. Така рідина має хімічно активні компоненти, тому її потрапляння на шкіру, в очі або всередину організму є небезпечним. Крім того, під час роботи гарячого двигуна система охолодження перебуває під тиском, що створює ризик викиду рідини та отримання термічних опіків.

Роботи, пов'язані зі зливанням, заправленням або перевіркою охолоджувальної рідини, необхідно виконувати тільки після охолодження двигуна. Забороняється відкривати кришку розширювального бачка або від'єднувати патрубки на гарячому двигуні, оскільки це може спричинити різкий вихід пари та рідини під тиском. Перед початком робіт слід переконатися, що температура двигуна знизилася до безпечного рівня.

Працівник повинен використовувати засоби індивідуального захисту: захисні рукавички, окуляри або щиток, спецодяг і закрите взуття [18, 19, 20]. Рукавички запобігають контакту охолоджувальної рідини зі шкірою, а захисні окуляри захищають очі від випадкового розбризкування під час зливання або скидання тиску в системі.

Зливання охолоджувальної рідини виконують у чисту технологічну ємність достатнього об'єму. Не допускається зливання рідини на підлогу, у каналізацію або на відкритий ґрунт. У разі розливу рідину необхідно негайно зібрати за допомогою поглинального матеріалу, після чого забруднене місце очистити. Відпрацьовану охолоджувальну рідину зберігають у закритій промаркованій тарі до подальшої передачі на утилізацію.

Під час роботи з охолоджувальною рідиною забороняється приймати їжу, пити воду або торкатися обличчя забрудненими руками. Після завершення операцій необхідно вимити руки з милом, перевірити чистоту інструменту та

прибрати робоче місце. Забруднене ганчір'я, серветки та поглинальні матеріали збирають окремо як виробничі відходи.

Особливу увагу потрібно приділяти справності тари, лійок, шлангів і ємностей для зливання. Вони не повинні мати тріщин, пошкоджень або залишків сторонніх речовин. Під час заправлення системи необхідно уникати переливання рідини через край розширювального бачка, оскільки потрапляння антифризу на гарячі елементи двигуна або приводні паси може призвести до появи запаху, ковзання ременів і забруднення моторного відсіку.

Безпечна робота з охолоджувальною рідиною передбачає дотримання трьох основних вимог: виконання операцій тільки на охолодженому двигуні, використання засобів індивідуального захисту та правильне збирання відпрацьованої рідини. Дотримання цих правил знижує ризик опіків, хімічного впливу на працівника та забруднення навколишнього середовища.

4.2 Заходи безпеки під час перевірки герметичності та роботи системи під тиском

Перевірка герметичності системи охолодження двигуна HR16DE автомобіля Nissan Qashqai є відповідальною операцією, оскільки вона пов'язана зі створенням у замкненому контурі надлишкового тиску. У процесі такої перевірки навантаження сприймають радіатор, патрубки, хомути, розширювальний бачок, корпус термостата, водяний насос та ущільнювальні з'єднання. Недотримання правил безпеки може призвести до різкого виходу повітря або охолоджувальної рідини, пошкодження елементів системи, травмування працівника чи забруднення робочого місця.

Основною умовою безпечного виконання робіт є проведення перевірки тільки на охолодженому двигуні. Після зупинки автомобіля в системі охолодження ще певний час може зберігатися підвищений тиск і висока температура рідини. Тому забороняється одразу відкривати кришку розширювального бачка, від'єднувати патрубки або встановлювати діагностичне пристосування. Перед початком робіт необхідно дочекатися

зниження температури двигуна до безпечного рівня та переконатися, що у системі відсутній залишковий тиск.

Зняття штатної кришки розширювального бачка виконують обережно. Працівник повинен користуватися захисними рукавичками та не нахилити обличчя над горловиною бачка. Кришку необхідно відкручувати повільно, щоб у разі наявності залишкового тиску він вийшов поступово. Різде відкривання бачка не допускається, оскільки це може спричинити викид гарячої пари або залишків охолоджувальної рідини.

Перед установленням пристосування для перевірки герметичності необхідно оглянути його технічний стан. Перевіряють справність ручного насоса, манометра, гнучкого шланга, запірною та випускного клапанів, перехідника й ущільнювального кільця. Шланг не повинен мати тріщин, розшарувань, потертостей, перегинів або слідів старіння матеріалу. Манометр має бути справним, із добре видимою шкалою та робочим діапазоном, який відповідає тиску перевірки системи охолодження.

Перехідник установлюють на горловину розширювального бачка без перекосу. Ущільнювальне кільце повинно щільно прилягати до посадкової поверхні, оскільки негерметичне приєднання може спричинити неправильні результати діагностування або раптове зіскакування пристосування під час нагнітання повітря. Перед створенням тиску необхідно переконатися, що шланг надійно приєднаний, а запірний клапан перебуває у справному стані.

Контрольний тиск у системі створюють поступово, плавними рухами ручного насоса. Працівник повинен постійно спостерігати за показами манометра і не перевищувати встановлене розрахункове значення тиску. Надмірне нагнітання повітря може призвести до пошкодження радіатора, розширювального бачка, пластикових патрубків або ущільнень. Особливо небезпечним є перевищення тиску в системі з уже ослабленими чи зношеними елементами, оскільки дефект може проявитися у вигляді раптового розриву або інтенсивного витоку рідини.

Під час витримки системи під тиском забороняється послаблювати з'єднання, знімати перехідник, від'єднувати шланг або торкатися елементів, які перебувають під навантаженням [18, 20]. Огляд виконують візуально,

використовуючи оглядову лампу або дзеркало для важкодоступних місць. Особливу увагу приділяють нижній частині радіатора, місцям з'єднання патрубків, корпусу термостата, штуцерам розширювального бачка, зоні водяного насоса та зливним з'єднанням.

Якщо під час перевірки виявлено падіння тиску за показами манометра, не можна одразу розбирати систему. Спочатку необхідно визначити ймовірне місце витoku шляхом огляду, після чого плавно скинути тиск через випускний клапан пристосування. Лише після повного зниження тиску до нуля допускається підтягування хомутів, повторне встановлення патрубків або заміна ущільнювальних елементів. Такий порядок запобігає неконтрольованому виходу повітря чи охолоджувальної рідини.

Після завершення перевірки тиск у системі скидають поступово. Випускний клапан відкривають повільно, контролюючи покази манометра. Від'єднання пристосування дозволяється тільки після того, як стрілка манометра повернеться до нульового положення. Після зняття перехідника необхідно перевірити стан горловини розширювального бачка, встановити штатну кришку та переконатися у відсутності залишків рідини на прилеглих деталях.

Під час виконання робіт працівник повинен використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, рукавички, спецодяг і закрите взуття. Окуляри захищають очі від можливого розбризкування рідини, рукавички зменшують ризик контакту шкіри з охолоджувальною рідиною, а спецодяг запобігає забрудненню тіла та повсякденного одягу. Робоче місце повинно бути сухим, освітленим і вільним від зайвих предметів, які можуть заважати доступу до моторного відсіку.

У разі розливу охолоджувальної рідини її необхідно негайно зібрати за допомогою поглинального матеріалу. Забруднену поверхню слід очистити, оскільки рідина робить підлогу слизькою та може стати причиною падіння працівника. Відпрацьовані серветки, ганчір'я або абсорбент збирають окремо й передають на утилізацію відповідно до вимог поводження з виробничими відходами.

Безпечне виконання перевірки герметичності системи охолодження двигуна HR16DE передбачає дотримання послідовності операцій, роботу тільки з охолодженим двигуном, використання справного пристосування, поступове створення і скидання тиску, а також застосування засобів індивідуального захисту. Виконання цих вимог забезпечує безпечні умови праці, запобігає пошкодженню деталей системи охолодження та підвищує якість діагностування після ремонту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У загально-технічному розділі розглянуто призначення, будову та принцип роботи рідинної системи охолодження закритого типу з примусовою циркуляцією охолоджувальної рідини. Показано, що порушення роботи будь-якого з цих елементів може призвести до погіршення теплообміну, нестабільної температури або перегрівання двигуна.

Проведено аналіз характерних несправностей системи охолодження двигуна HR16DE. До найбільш поширених відмов віднесено підтікання охолоджувальної рідини, забруднення радіатора, несправність термостата, знос водяного насоса, відмову електровентильатора, утворення повітряних пробок і порушення герметичності з'єднань. Встановлено, що більшість цих несправностей розвивається поступово, тому своєчасне діагностування дозволяє запобігти складним пошкодженням двигуна та зменшити витрати на подальший ремонт.

У технологічному розділі розроблено послідовність діагностування системи охолодження, яка передбачає перевірку рівня охолоджувальної рідини, зовнішній огляд радіатора, патрубків і розширювального бачка, контроль герметичності під тиском, зчитування параметрів температури через OBD-сканер, оцінку роботи термостата, електровентильатора та водяного насоса. Такий порядок дає можливість визначити несправний елемент без зайвого розбирання вузлів і підвищує точність встановлення причини порушення температурного режиму.

Розроблено технологічні процеси демонтажу, дефектування, ремонту, заміни несправних елементів, складання, заправлення та видалення повітря із системи охолодження. Визначено, що термостат, водяний насос, пошкоджені патрубки, кришка розширювального бачка та несправні електричні елементи доцільно замінювати, тоді як радіатор може підлягати очищенню або промиванню лише за відсутності тріщин і порушення герметичності.

До основного оснащення віднесено пост технічного обслуговування, тестер герметичності системи охолодження, OBD-сканер, інфрачервоний термометр, мультиметр, набір слюсарного інструменту, кліщі для хомутів,

динамометричний ключ, ємність для зливання рідини, лійку або вакуумний пристрій для заправлення, оглядову лампу, нові ущільнення, патрубки, хомути та охолоджувальну рідину відповідного типу.

Виконано розрахунок трудомісткості ремонтних робіт. Загальна трудомісткість основних операцій становить 7,17 люд·год, а з урахуванням допоміжного часу – 7,89 люд·год. Це дає підставу зробити висновок, що повний комплекс робіт із ремонту системи охолодження двигуна HR16DE може бути виконаний на одному спеціалізованому посту технічного обслуговування одним основним виконавцем протягом робочої зміни.

У конструкторському розділі запропоновано пристосування для перевірки герметичності системи охолодження. Його використання дає змогу створювати в системі контрольний тиск, контролювати його за манометром і виявляти приховані витіки без запуску двигуна. Пристосування складається з ручного насоса, манометра, запірних та випускних клапанів, гнучкого шланга, перехідника й ущільнювального кільця. За результатами розрахунків прийнято розрахунковий тиск 0,12 МПа, посадковий діаметр перехідника 38 мм, зовнішній діаметр перехідника 50 мм, товщину стінки 3 мм, діаметр шланга 6 мм і утримувальне зусилля 350 Н.

Проведена перевірка міцності відповідальних елементів пристосування показала, що перехідник, фіксувальні елементи, штуцер і ущільнювальний вузол мають достатній запас міцності для роботи при прийнятному розрахунковому тиску.

У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці розглянуто вимоги безпеки під час роботи з охолоджувальною рідиною та під час перевірки системи під тиском. Встановлено, що всі операції необхідно виконувати тільки на охолодженому двигуні із застосуванням захисних рукавичок, окулярів і спецодягу. Окремо визначено вимоги до плавного створення і скидання тиску, заборони розбирання системи під тиском, збирання відпрацьованої охолоджувальної рідини в закриту тару та недопущення її потрапляння на підлогу, у каналізацію або навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навчальний посібник / Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
2. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : підручник / І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, І.В. Луциків, У.М. Плекан, В.М. Клендій. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021. – 264 с.
3. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни : підручник. – К. : Арістей, 2005. – 476 с.
4. Кисляков В.Ф., Луцик В.В. Будова і експлуатація автомобілів : підручник. – К. : Либідь, 2006. – 400 с.
5. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згорання : навчальний посібник. – Харків : Точка, 2014. – 148 с.
6. Канарчук В.Є. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3-х кн. Кн. 2. Організація, планування й управління : підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець. – К. : Вища школа, 1994. – 383 с.
7. Канарчук В.Є. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах. – К. : Логос, 1996. – 348 с.
8. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К. : Знання-Прес, 2003. – 511 с.
9. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – Київ : Міністерство транспорту України, 1998. – 36 с.
10. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів. – Львів : Львівська політехніка, 2017. – 324 с.
11. Конспект лекцій з курсу «Комп'ютерна діагностика» для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт» денної і заочної форми навчання /

Босюк П.В., Левкович М.Г., Тесля В.О. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2016. – 236 с.

12. Мигаль В.Д., Мигаль В.П. Методи технічної діагностики автомобілів : навчальний посібник. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014.

13. Кукурудзяк Ю.Ю., Ребедайло В.В. Метод автоматизованого діагностування системи запалювання та системи керування автомобільним двигуном : монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2010.

14. Сажко В.А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : навчальний посібник. – К. : Каравела, 2006. – 296 с.

15. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Частина 2. Електрообладнання : навчальний посібник. – К. : Вища освіта, 2001. – 243 с.

16. Кіркач Н.Ф. Розрахунок і проектування деталей машин. – Харків, 1991. – 274 с.

17. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

18. Закон України «Про охорону праці». – Харків : Вид-во «ФОРТ», 2003. – 32 с.

19. НАОП 60.2-3.06-98 «Типові норми видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту».

20. Практикум з охорони праці : навчальний посібник / за ред. В.Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с.

21. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. – Тернопіль : ТНТУ, 2022. – 61 с.