

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу ремонту двигуна автомобіля
Renault K4M з дослідженням процесу затягування болтів головки циліндрів

Виконав: студент 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Дмитро МАКОГНЮК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Тетяна НАВРОЦЬКА
(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)
«12» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Макогнюку Дмитру Любомировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу ремонту двигуна автомобіля Renault K4M з дослідженням процесу затягування болтів головки циліндрів

Керівник роботи Навроцька Тетяна Дем'янівна., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » листопада 2024 року № 4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес ремонту двигуна Renault K4M.

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Вал колінчастий – А1.

Пристосування для проточування – 1А1.

Схема електрометалізаційної установки – 1А1.

Пристрій для кріплення вала колінчастого – 1А1.

Пристрій для контролю лінійних розмірів – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

Агрегатне віділення для ремонту двигунів – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	29.12.24р	

Студент _____
(підпис)

Макогнюк Дмитро Любомирович _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Навроцька Тетяна Дем'янівна _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Удосконалення технологічного процесу ремонту двигуна автомобіля Renault K4M з дослідженням процесу затягування болтів головки циліндрів».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім.. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н. Навроцька Т.Д.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 64 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: двигун, несправність, діагностика, контроль, технологія.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Особливості функціонування сучасних автомобільних двигунів внутрішнього згоряння.....	7
1.2 Вплив зносу відновлюваної деталі на технічний стан спряження та якість роботи агрегату.....	13
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Розбирання двигуна автомобіля Renault.....	16
2.2 Вибір оптимальних методів усунення дефектів, їх обґрунтування та технологія усунення.....	22
2.3 Технологічний маршрут виконання ремонтних операцій.....	26
2.4 Складання двигуна.....	28
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	42
3.1 Розробка пристосування для випресування поршневого пальця та шатунної втулки.....	42
3.1.1 Призначення, конструкція та функціонування пристрою.....	42
3.1.2 Аналіз пневматичної системи.....	43
3.1.3 Аналіз і обчислення параметрів міцності ключових компонентів обладнання.....	46
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	47
4.1 Теоретичне дослідження.....	47
4.2 Повне навантаження шпильок.....	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
5.1 Вимоги безпеки під час автослюсарних робіт.....	54
5.2 Надзвичайні ситуації внаслідок аварій чи катастроф на транспорті.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Одним з ключових напрямків є оптимізація та удосконалення ремонтних процесів двигунів, які є вирішальними для забезпечення довготривалої та ефективної роботи транспортних засобів. Значна роль у цьому процесі відводиться технологіям монтажу та ремонту основних вузлів двигуна, серед яких головка циліндрів займає одне з центральних місць.

Вибір двигуна Renault K4M як об'єкта дослідження обумовлений його широким застосуванням у різних моделях автомобілів марки Renault. Цей двигун характеризується як надійний і економічний агрегат, проте під час експлуатації виникає потреба у його періодичному ремонті, що включає, зокрема, роботи з головою циліндрів. Особливу увагу в ремонтному процесі заслуговує процес затягування болтів головки циліндрів, оскільки неправильне виконання цієї операції може призвести до серйозних поломок двигуна.

Метою даної кваліфікаційної роботи є аналіз існуючих технологічних процесів ремонту двигуна K4M та розробка рекомендацій щодо їх удосконалення з особливим фокусом на процес затягування болтів головки циліндрів. Результати дослідження дозволять не тільки підвищити якість ремонтних робіт, але й забезпечити більш тривалий термін служби двигунів, зменшити ймовірність передчасних поломок, а також знизити витрати на сервісне обслуговування.

У роботі планується використовувати методи теоретичного аналізу, експериментальних досліджень та моделювання, що дозволить отримати комплексне уявлення про особливості процесу затягування болтів та вплив цього процесу на надійність ремонту головки циліндрів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Особливості функціонування сучасних автомобільних двигунів внутрішнього згоряння

Автомобільні двигуни, які виробляються сьогодні, характеризуються значно вищою надійністю порівняно з агрегатами, випущеними двадцять років тому. Сучасні моделі двигунів не потребують регулярного регулювання чи частого замінення компонентів, вони ефективно працюють до закінчення терміну їх гарантії без значних поломок.

Однак, змінилися тенденції у тривалості експлуатації самого автомобіля. Зникли часи, коли автомобіль придбавали з розрахунком на «все життя». На сучасному етапі споживачі прагнуть користуватися новітніми моделями транспортних засобів, що веде до заміни автомобілів кожні 3-5 років. Така зміна підходів спонукає виробників не фокусуватися на створенні авто, здатних служити без втручання протягом 20 років. В результаті автопарк оновлюється набагато частіше, ніж це було кілька десятиліть тому.

Епоха двигунів, здатних прослужити мільйон кілометрів, безповоротно минула, оскільки виробництво таких агрегатів стало економічно неефективним. Сучасні мотори розробляються з огляду на очікуваний пробіг автомобіля, який зазвичай не перевищує 150 тисяч кілометрів.

Відповідно, метою ремонту двигуна є не безмежне продовження його служби, а лише досягнення граничного терміну експлуатації автомобіля, який, як правило, не перевищує десяти років. Це призводить до того, що деякі види ремонтних робіт стають зайвими, а використовуване ремонтне обладнання часто не встигає адаптуватися до технічних нововведень сучасних двигунів.

На прикладі старих двигунів можна спостерігати, що навантаження на літр об'єму становило близько 50 кінських сил, тоді як сучасні двигуни з турбонаддувом вже забезпечують удвічі більшу потужність. Це значно збільшує навантаження на внутрішні компоненти, що вимагає застосування новітніх технологій у виробництві та ремонті. В наш час без використання сучасного обладнання, такого як шліфувальне, розточувальне, чи

хонинговальне, виконання багатьох ремонтних процедур стає неможливим. Через високу вартість такого обладнання багато майстерень все ще надають перевагу застарілим методам, однак це може призвести до несподіваних проблем.

Сучасні двигуни часто оснащуються шатунами з ламаними кришками, які мають вищу точність і надійність у порівнянні з традиційними конструкціями, де кришки виробляються окремо і потім збираються. Такі традиційні шатуни легко ремонтувати, однак у випадку їх ремонту існує ризик порушення співвісності, що може призвести до серйозних пошкоджень двигуна. Натомість ламані шатуни практично неможливо відновити, що вимагає їх повної заміни у разі пошкодження.



Рис. 1.1. Шатун з ламаною кришкою.

Ось інший приклад: раніше на старих повільнообертових двигунах колінчастий вал можна було відновити шляхом наплавлення та подальшого шліфування. На сьогодні цей метод відновлення став неприйнятним через високий ризик появи втомних тріщин, які можуть швидко призвести до катастрофічного збою всього двигуна. Більше того, ручна робота, що включає багато етапів, є досить затратною. В той же час, колінчастий вал у легкових автомобільних двигунах є масово виробленою та відносно недорогою деталлю. Виконання подвійної або навіть потрійної роботи для відновлення деталі, яка може швидко вийти з ладу, є економічно не вигідним.

Система запалювання виконує ключову функцію в автомобільних двигунах, забезпечуючи ініціацію горіння паливо-повітряної суміші в циліндрах за допомогою електричної іскри.

Кривошипно-шатунний механізм, який є основою двигуна, включає в себе такі елементи: блок циліндрів із інтегрованою головкою та ущільнювальною прокладкою, картер, поршні з поршковими кільцями і пальцями, шатуни, колінчастий вал та маховик. Блок циліндрів представляє собою основну деталь двигуна, до якої кріпляться всі інші механізми, і зазвичай відливається разом з картером. Циліндри в таких блоках розташовуються в один ряд.

Головка циліндрів двигуна виготовляється з алюмінієвого сплаву, оснащена вкладишами сідла клапанів та напрямними. Для забезпечення герметичності з'єднання між головкою та блоком циліндрів використовують прокладки з азбестової сталі. Головка кріпиться до блоку за допомогою спеціальних болтів, затягування яких вимагає використання динамометричного ключа для точного контролю моменту обертання. Це особливо важливо, оскільки алюмінієва головка має тенденцію до більшого теплового розширення порівняно з сталевими болтами кріплення.

Правильне прилягання площин головки і блоку циліндрів забезпечується строгим дотриманням послідовності та сили затягування болтів. Рекомендований момент затягування болтів кришки головки становить від 0,5 до 0,6 кН·м, що забезпечує рівномірне розподілення навантаження та запобігає передчасному зносу.

Поршень, зображений на рисунку 1.2, виготовлено з алюмінієвого сплаву та покритий олією. Він приймає на себе тиск газів під час робочого циклу та передає силу через шатун колінчастому валу, також забезпечуючи виконання допоміжних рухів. [25]

На кожен поршень встановлюють чотири поршкових кільця: три для компресії та одне маслоснімне. Верхні два компресійні кільця мають хромоване покриття на зовнішніх циліндричних поверхнях, в той час як зовнішня поверхня нижнього компресійного кільця виконана у формі конуса. Під час монтажу ці кільця орієнтують так, щоб виточки на їхніх внутрішніх поверхнях були спрямовані вгору, як показано на рисунку. У незібраному стані діаметр кілець перевищує діаметр циліндра, але під час встановлення вони стискаються

і завдяки своїй пружності тісно прилягають до стінок циліндра, забезпечуючи мінімальне проникнення газів з циліндра до картера.

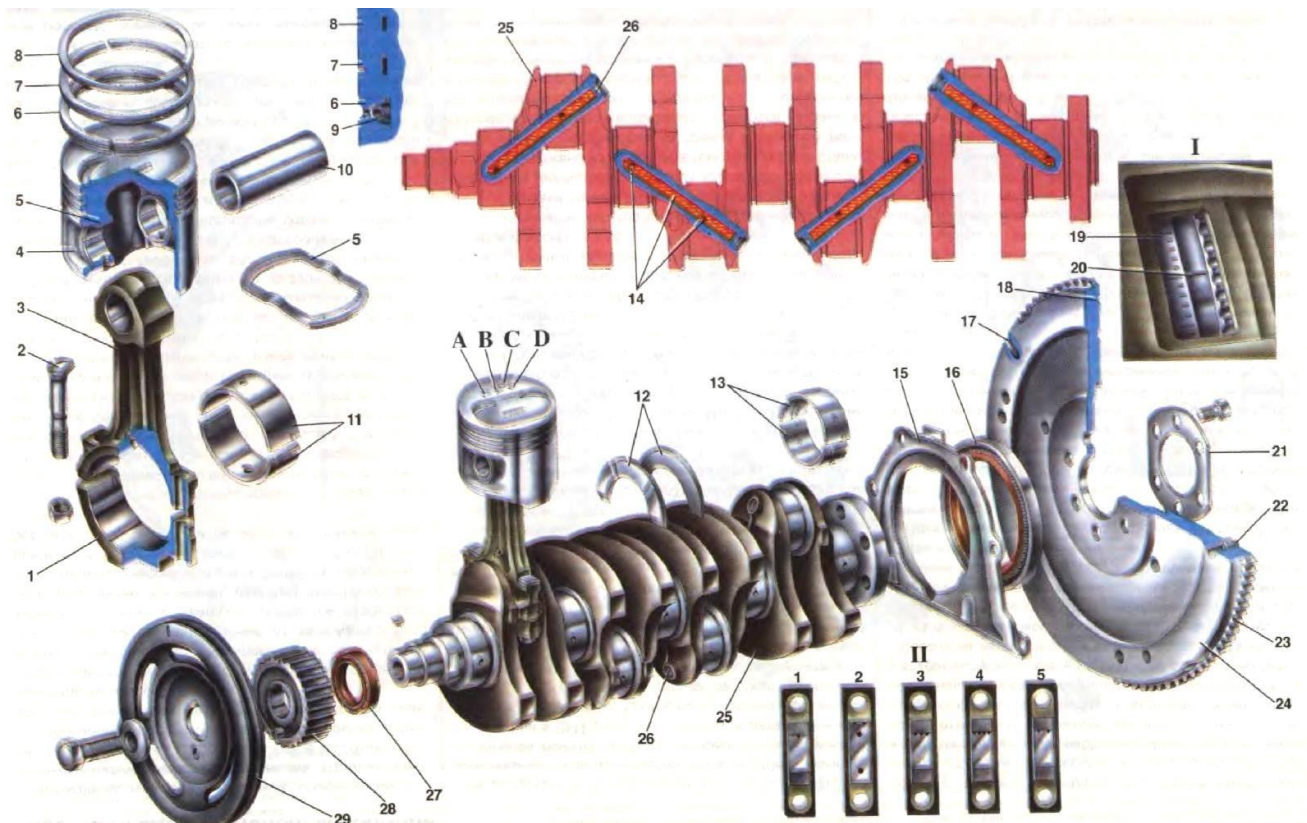


Рис 1.2. Кривошипно-шатунний механізм.

Для збільшення стійкості верхнього компресійного кільця до зношування, його поверхню покривають хромом, тоді як поверхні інших кілець обробляють шаром олова для оптимального прилягання до циліндра.

Маслознімне кільце виготовляється з двох плоских сталевих кілець, доповнених двома видами розширювачів: осьовим і радіальним. Це кільце призначене для видалення надлишків масла зі стінок циліндра, забезпечуючи чистоту та ефективність роботи двигуна.

Поршневий палець (рис. 1.2) виготовлений зі сталі та має трубчасту конструкцію. Його основна функція - з'єднання поршня із шатуном. Для підвищення міцності та зносостійкості поверхня пальця обробляється струмами високої частоти.

У процесі роботи палець обертається в бобишках поршня та втулці верхньої головки шатуна. Для запобігання осьовому зміщенню пальця застосовують стопорні кільця, які встановлюють у спеціально підготовлених канавках бобишок. Такі пальці отримали назву "плаваючі" завдяки їхній здатності вільно рухатися у вузлах з'єднання.

У процесі робочого такту шатун передає зусилля від поршня до кривошипа колінчастого вала, а під час допоміжних тактів - у зворотному напрямку, від кривошипа до поршня. Шатун виготовляється зі сталі та має складну конструкцію.

Він складається з стрижня двотаврового перерізу, верхньої нероз'ємної головки з бронзовою втулкою для поршневого пальця та нижньої роз'ємної головки, яка кріпиться до шатунної шийки колінчастого вала. У нижній головці шатуна передбачено спеціальний отвір для направленої розбризкування масла, що забезпечує змазування і охолодження стінок циліндра.

Для зменшення тертя між шатунною шийкою колінчастого вала та нижньою головкою шатуна встановлюється шатунний підшипник триметалевої конструкції. Він виготовляється із сталеві основи, на яку нанесено мідно-нікелевий проміжний шар, вкритий антифрикційним сплавом типу СОС-6-6. Щоб запобігти провертання вкладишів у головці шатуна, на їхній поверхні створюються спеціальні виступи методом штампування.

Дві частини нижньої головки шатуна з'єднуються за допомогою двох болтів і гайок. Для надійної фіксації гайки блокуються шплінтами. Нумери, вибиті на головці та кришці шатуна, повинні бути орієнтовані в одному напрямку, що забезпечує правильне складання. Рекомендований момент затягування гайок становить 70–85 Н·м (7–8,5 кгс·м), що гарантує належний рівень фіксації.

Варто пам'ятати, що просте заміщення зламаної деталі не завжди вирішує проблему поломки двигуна в цілому. Такий локальний підхід часто забезпечує лише короткотривалий результат, що у народі називають «гарантія до воріт». Сучасні високонавантажені двигуни є складними технічними системами, тому їх ремонт має бути комплексним. Це передбачає заміну всіх взаємопов'язаних компонентів, аби уникнути ситуацій, коли автовласник змушений через кожні 10–15 тисяч кілометрів знову звертатися до сервісу для усунення нових несправностей. Саме з цієї причини якісний ремонт двигуна коштує лише на 25–30% дешевше нового агрегату.

Сучасні тенденції в ремонті чітко демонструють перевагу підходу, що полягає у заміні несправного вузла на новий. Водночас проведення ремонту за

умов «гаражних майстерень» стає дедалі менш можливим. Це пояснює зростання вимог до кваліфікації фахівців з ремонту, підвищення вартості послуг, а також зміщення акценту з відновлення деталей на їх заміну в процесі ремонту.

Корінні та шатунні шийки колінчастого валу є основними робочими поверхнями, які найбільше піддаються зносу під час експлуатації. Колінчастий вал фіксується в блоці циліндрів через корінні шийки, які утримуються кришками корінних підшипників. Корінні шийки взаємодіють із бабітовими вкладишами, тоді як шатунні шийки працюють у sprzęженні з шатунними вкладишами.

Під час роботи кривошипно-шатунного механізму колінчастий вал здійснює змінний обертальний рух відносно вкладишів. Цей рух супроводжується процесами тертя, які з часом призводять до природного зношування як самих шийок валу, так і вкладишів, що їх підтримують.

Усі шийки колінчастого вала піддаються циклічним навантаженням, які змінюються за напрямком і величиною, а також впливу крутного моменту, що передається від шатунно-поршневої групи. Ці динамічні навантаження є основною причиною їх зношування. Саме ці фактори зумовлюють нерівномірність зносу шийок колінчастого вала, залежно від інтенсивності та характеру навантажень, які вони зазнають. [2]

У стандартних умовах експлуатації деталей кривошипно-шатунного механізму домінує рідинне тертя, яке ефективно запобігає значному зношуванню елементів. Однак у разі порушення правил експлуатації можуть виникати аномальні процеси тертя, що різко підвищують інтенсивність зношування та навіть призводять до заклинювання. До таких порушень належать використання мастильних матеріалів невідповідної марки, перегрівання мастила через перевищення допустимого температурного режиму роботи двигуна, різке падіння тиску мастила внаслідок зупинки масляного насоса, а також проникнення сторонніх часток або забруднень у систему мащення.

Особливу увагу необхідно приділяти якості та чистоті мастильного матеріалу. Забруднення мастила продуктами зносу деталей кривошипно-

шатунного механізму або компонентів насоса може спричинити розвиток процесу гідроабразивного зношування, що значно прискорює зношування вузлів механізму.

1.2 Вплив зносу відновлюваної деталі на технічний стан спряження та якість роботи агрегату

Корінні та шатунні шийки колінчастого валу є ключовими робочими поверхнями, що зазнають значного зношування в процесі експлуатації. Колінчастий вал фіксується в блоці циліндрів через корінні шийки, які утримуються за допомогою кришок корінних підшипників. Корінні шийки взаємодіють із бабітовими вкладишами, тоді як шатунні шийки функціонують у спряженні з шатунними вкладишами.

У роботі кривошипно-шатунного механізму відбувається змінне обертання колінчастого валу відносно вкладишів. Цей процес супроводжується типовими явищами тертя, які поступово викликають зношування як шийок валу, так і вкладишів. Інтенсивність зношування залежить від навантажень, умов експлуатації та якості мастильного матеріалу. Зношення цих елементів негативно впливає на технічний стан спряжень та загальну ефективність роботи агрегату.

Всі шийки колінчастого вала піддаються змінним циклічним навантаженням, що змінюються за напрямком і величиною, а також впливу крутного моменту, який передається від шатунно-поршневої групи. Ці динамічні навантаження є основною причиною поступового зношування шийок. Саме тому інтенсивність зносу шийок колінчастого вала може суттєво відрізнятись залежно від їхнього розташування та умов експлуатації.

За стандартних умов роботи деталей кривошипно-шатунного механізму домінує рідинне тертя, яке ефективно запобігає прискореному зношуванню поверхонь. Однак порушення правил експлуатації, таких як використання мастильних матеріалів невідповідної марки, перегрівання мастила через перевищення допустимого температурного режиму, різке падіння тиску масла внаслідок зупинки масляного насоса або проникнення забруднень у систему

мащення, значно підвищують ризик виникнення аномальних процесів тертя.

Такі умови сприяють різкому зростанню зносу деталей, а в окремих випадках можуть призводити до їх заклинювання.

Особливу увагу слід приділяти контролю якості та чистоти мастильного матеріалу. Забруднення мастила продуктами зносу деталей кривошипно-шатунного механізму або елементів масляного насоса може викликати гідроабразивне зношування, яке значно прискорює деградацію компонентів та погіршує технічний стан механізму.

Зношування більшості компонентів кривошипно-шатунного механізму, як правило, призводить до зниження компресії в циліндрах двигуна. Це, у свою чергу, викликає втрату потужності, підвищений витрат палива та мастила, а також погіршення загальної якості роботи двигуна.

Зношування корінних шийок, які взаємодіють із вкладишами, призводить до збільшення зазору в цій парі. Наслідком цього є зниження тиску масла в системі, підвищення рівня шуму під час роботи двигуна та зростання витрат мастильного матеріалу.

Зношування шатунних шийок, що працюють у sprzęженні з шатунно-поршневою групою, має подібні наслідки. Збільшення зазору в цьому з'єднанні спричиняє зниження тиску масла, прискорене зношування деталей, підвищення шумових характеристик двигуна та збільшення споживання мастила.

Таким чином, зношування робочих поверхонь колінчастого вала не тільки знижує якість роботи двигуна, але й може призвести до його повної відмови.

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Підготувати детальний план і поетапну інструкцію по розбиранню двигуна, з використанням відповідних інструментів та технік. Документувати кожен крок з фото та відеоматеріалами для подальшої ілюстрації процесу. Аналізувати типові дефекти, що виникають у двигунах Renault, і обрати методи їх усунення. Розробити критерії для оцінки ефективності вибраних методів.

Створити детальний план ремонтних робіт з урахуванням часових і ресурсних обмежень. Оцінити можливі ризики і визначити запобіжні заходи для кожного етапу. Розробити інструкцію по збірці двигуна, включаючи перевірку кожного етапу на відповідність технічним нормам.

Проаналізувати існуючі рішення і запропонувати власний проект пристосування. Проаналізувати пневматичну систему пристосування і визначити параметри міцності ключових компонентів. [17]

Вивчити літературу по темі і зробити огляд існуючих наукових підходів до проблеми. Провести порівняльний аналіз результатів існуючих досліджень. Визначити параметри навантаження і впливу на міцність і довговічність шпильок.

Розробити інструкції з охорони праці для механіків, що проводять ремонт двигунів. Визначити потенційні надзвичайні ситуації на транспорті та розробити план дій для їх запобігання та ліквідації.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розбирання двигуна автомобіля Renault

Процес розбирання двигуна автомобіля Renault виконується в наступній послідовності:

Встановлення двигуна на стенд та злив мастила. Для початку двигун необхідно закріпити на спеціальному стенді для розбирання. Потім із картера зливають мастило. Для виконання цих операцій використовують електричну або ручну таль, гайкові ключі на 17 і 19, стенд, кронштейни 11R, спеціальний ключ А.50113, захоплення типу ТСО - 3/376.000 та ємність для збору мастила.

Демонтаж додаткового обладнання з двигуна. Починають із зняття шланга вентиляції картера (поз. 1 на рис. 2.1). Для цієї операції потрібна хрестоподібна викрутка.

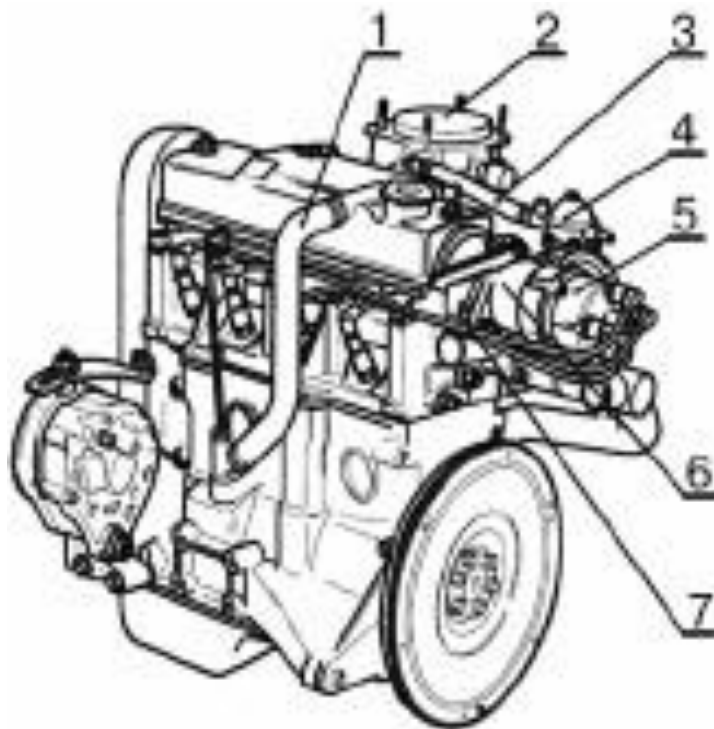


Рис. 2.1 – Двигун автомобіля Renault.

Зняття джгута високовольтних проводів (поз. 7). Демонтуйте джгут, забезпечуючи обережне поводження для уникнення пошкоджень.

Відключення вакуумного та паливного шлангів. Зніміть вакуумний шланг і паливний шланг, які підключені до карбюратора та паливного насоса. Для цього використовуйте хрестоподібну викрутку.

Демонтаж карбюратора (поз. 2), теплоізоляційної прокладки та прокладок. Використовуйте кільцевий гайковий ключ на 13 для відкручування кріплень карбюратора.

Зняття паливного насоса (поз. 4). Для цієї операції підійдуть кільцевий гайковий ключ або головка на 13 разом із комірцем і подовжувачем.

Демонтаж розподільника запалювання (поз. 5) та корпусу допоміжних агрегатів (поз. 6). Для цього знадобляться торцевий ключ на 5 мм під внутрішній шестигранник, кільцевий гайковий ключ або головка на 10, комірець, подовжувач чи пневматичний гайкокрут.

Зняття датчика контрольної лампи тиску масла. Використовуйте торцевий шарнірний ключ або спеціальний ключ для свічок запалювання, забезпечивши точність та уникнення пошкодження датчика.

Демонтаж генератора з двигуна. Процедура демонтажу генератора виконується в наступній послідовності:

Фіксація маховика. Використовуйте фіксатор (поз. 2 на рис. 2.2) для закріплення маховика (поз. 1), щоб забезпечити його нерухомість під час подальших операцій.

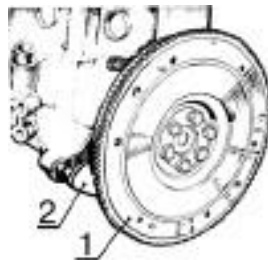


Рис. 2.2. Схема демонтажу маховика.

Зняття ременя генератора. Послабте натяг ременя за допомогою кільцевих ключів на 17 і 19 або змінних головок відповідного розміру разом із воротком і подовжувачем. При наявності, можна використати пневматичний гайкокрут. Після цього зніміть ремінь (поз. 1 на рис. 2.3).

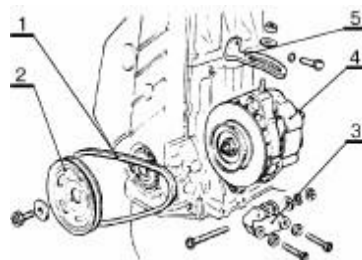


Рис. 2.3. Схема демонтажу генератора.

Демонтаж генератора та його кріплень. Від'єднайте настановну планку генератора (поз. 5), сам генератор (поз. 4) та кронштейн його кріплення (поз. 1). Для виконання цієї операції знадобляться ключ на 19, змінні головки розміром 13, 17, 19, а також вороток і подовжувач або пневматичний гайкокрут.

Зняття шківа колінчастого вала. Відкрутіть болт кріплення шківа (поз. 2) колінчастого вала за допомогою головки на 19, воротка з подовжувачем або пневматичного гайкокрута, після чого демонтуйте шків.

Демонтаж деталей приводу газорозподільного механізму (ГРМ). Для виконання демонтажу компонентів ГРМ дотримуйтесь наступної послідовності:

Зняття передньої захисної кришки (поз. 1 на рис. 2.4) разом із ущільнювачем. Використовуйте головку на 10 та пневматичний гайкокрут для відкручування кріплень.

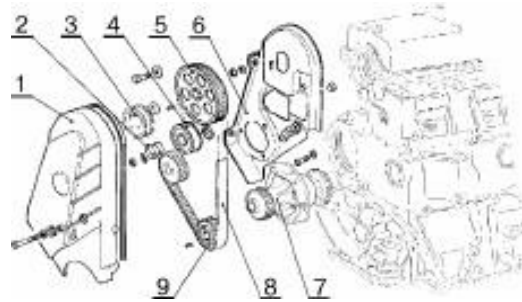


Рис. 2.4. Схема демонтажу деталей приводу газорозподільного механізму.

Ослаблення кріплення шківа (поз. 5). Для цього потрібні спеціальне пристосування, головка на 19 та комірець.

Демонтаж ремня приводу ГРМ та шківа розподільного вала (поз. 5). Зменште натяг ремня за допомогою ключа або головки на 17 разом із воротком, після чого зніміть ремінь і шків.

Демонтаж ексцентрика (поз. 2) та натяжного ролика (поз. 4) або натяжного ролика (поз. 3). Використовуйте головку на 17 і вороток.

Зняття задньої захисної кришки (поз. 6), водяного насоса (поз. 7) та шківа колінчастого вала (поз. 9). Для цього потрібні головка на 10 та пневматичний гайкокрут.

Демонтаж маховика (поз. 1 на рис. 2.6) та фіксатора (поз. 2). Скористайтесь головою на 17 та пневматичним гайкокрутом.

Зняття масляного фільтра та штуцера кріплення фільтра. Використовуйте знімач А.60312 та ключ на 24.

Демонтаж перехідного фланця, прокладки та штуцера кріплення фланця. Для цієї операції потрібні ключ і головка на 17, а також пневматичний гайкокрут.

Демонтаж показчика рівня масла та направляючої люльки показчика. Використовуйте головку на 10 і пневматичний гайкокрут.

Демонтаж газопроводів. Процес демонтажу газопроводів виконується за наступною схемою:

Зняття впускної труби (поз. 1 на рис. 2.5), випускного колектора (поз. 2) та прокладки (поз. 8). Для виконання цієї операції використовуйте головку на 13 та пневматичний гайкокрут. Забезпечте акуратність, щоб уникнути пошкодження кріплень та ущільнювальних елементів.

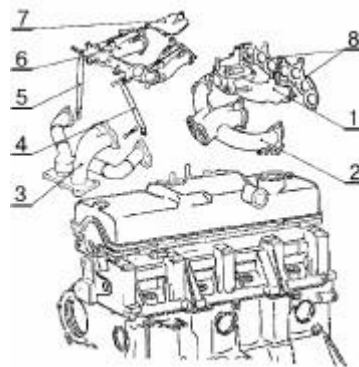


Рис. 2.5 Схема демонтажу газопроводів.

Демонтаж головки циліндрів. Процедура демонтажу головки циліндрів виконується в наступній послідовності:

Зняття кришки головки циліндрів (поз. 1 на рис. 2.6) та прокладки (поз. 2). Використовуйте головку на 10 та пневматичний гайкокрут для відкручування кріплень. [4]

Демонтаж корпусів підшипників розподільного вала (поз. 3 і 7). Для цього використовуйте гайковий ключ або головку на 13, а за потреби - пневматичний гайкокрут.

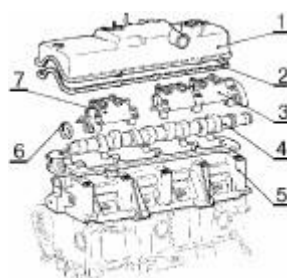


Рис. 2.6. Схема демонтажу головки блоку циліндрів.

Зняття розподільного вала (поз. 4) разом із сальником розподільного вала (поз. 6). Знімайте компоненти з обережністю, щоб уникнути їх пошкодження.

Демонтаж головки циліндрів (поз. 5) та прокладки. Використовуйте спеціальний перехідник для болтів або ключ ТЛ-98-110 розміру Е14. Для спрощення процесу можна застосувати пневматичний гайкокрут.

Демонтаж водяного насоса та компонентів системи охолодження. Для демонтажу водяного насоса та елементів системи охолодження виконуйте такі дії:

Демонтаж водяного насоса (поз. 1 на рис. 2.8) та прокладки (поз. 2). Використовуйте головку на 10 або пневматичний гайкокрут.

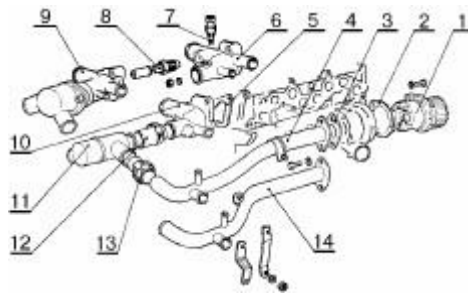


Рис. 2.8. Схема демонтажу деталей системи охолодження.

Зняття датчиків температури охолоджувальної рідини (поз. 7 і 8). Для цього знадобляться кільцевий гайковий ключ на 19, торцевий шарнірний ключ типу 43280208 або ключ для свічок запалювання з прошивкою.

Демонтаж термостатів (поз. 11 або 9). Використовуйте хрестоподібну викрутку, головку на 13 або пневматичний гайкокрут.

Зняття сполучних шлангів термостата (поз. 12 і 13). Для цієї операції використовуйте хрестоподібну викрутку.

Демонтаж підвідної труби (поз. 4) та прокладки (поз. 3). Використовуйте головку на 10.

Зняття відвідного патрубка (поз. 10) та прокладки (поз. 5). Для виконання цієї дії скористайтеся головкою на 13 та пневматичним гайкокрутом.

Демонтаж колінчастого вала та шатунно-поршневої групи. Процес демонтажу колінчастого вала та шатунно-поршневої групи виконується у такій послідовності:

Зняття утримувача заднього сальника (поз. 1 на рис. 2.9) разом із прокладкою (поз. 2). Використовуйте головку на 10, подовжувач та пневматичний гайкокрут. Для вилучення сальника (поз. 13) з утримувача скористайтеся молотком і борідком.

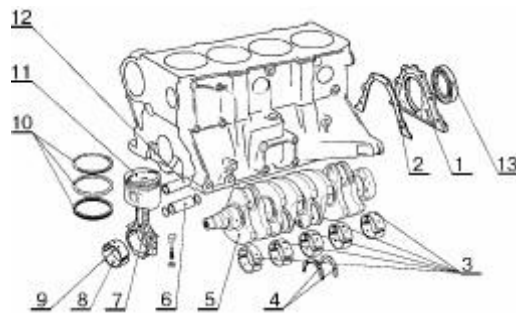


Рис. 2.9. Схема демонтажу колінчастого вала та шатунно-поршневої групи.

Демонтаж кришок шатунних підшипників та їхніх вкладишів (поз. 8 і 9). Для цього використовуйте головку на 14 та пневматичний гайкокрут.

Зняття кришок корінних підшипників та вкладишів. Скористайтеся головкою на 17 і пневматичним гайкокрутом для демонтажу кришок, а також витягування вкладишів.

Видалення колінчастого вала (поз. 5), верхніх вкладишів корінних підшипників (поз. 3) та напольгливих півкілець (поз. 4). Здійсніть зняття з дотриманням усіх технічних рекомендацій.

Вилучення поршнів із шатунами з блоку циліндрів. Для цього використовуйте технологічну виколотку з пластмаси або дерева діаметром 30 мм і довжиною 300 мм.

Демонтаж поршневих кілець (поз. 10) з поршнів. Зніміть кільця за допомогою плоскої викрутки, обережно уникаючи пошкоджень.

Випресування поршневих пальців (поз. 12) або зняття стопорних кілець та вилучення пальців (поз. 6) у двигунах із "плаваючим" пальцем. Після цього роз'єднайте поршні (поз. 11) з шатунами (поз. 7), використовуючи прес типу Р 324 ГАРО, оправку, опору чи плоску викрутку.

Очищення деталей двигуна. Після демонтажу деталей двигуна необхідно ретельно промити їх для видалення забруднень та залишків мастильних матеріалів. Для цього рекомендується використовувати мийну установку типу "Тайфун". Після завершення промивання деталі слід обдути стисненим

повітрям за допомогою пістолета типу С 417 ГАРО, щоб забезпечити їх чистоту та підготувати до подальшого огляду або монтажу.

2.2 Вибір оптимальних методів усунення дефектів, їх обґрунтування та технологія усунення

Перед початком ремонту колінчастий вал необхідно підготувати: зняти шпонки, видалити заглушки та пробки з масляних каналів, а також випресувати підшипник первинного валу коробки передач.

Для виявлення дефектів валів доцільно застосовувати магнітну дефектоскопію. Процес контролю виконується із використанням спеціальної суспензії, до складу якої входять трансформаторна олива (40%) та керосин (60%), а також магнітний порошок, виготовлений з оксиду заліза (Fe_3O_4), чавунної стружки або наждачного пилю, що утворюється після полірування сталевих деталей. Концентрація суспензії становить 50 грамів порошку на 1 дм^3 рідкої суміші.

Вал намагнічують, після чого суспензія наноситься на контрольні зони (можливе також занурення вала у ванну з цією сумішшю). У місцях, де присутні дефекти, на контрольованій поверхні проявляються характерні „жилки”, що повторюють форму тріщини, дозволяючи точно визначити їх розташування та розмір.

Колінчасті вали, на яких не виявлено тріщин, підлягають перевірці на твердість матеріалу шийок. У процесі експлуатації та зношування поверхонь, загартованих струмами високої частоти (СВЧ), твердість матеріалу поступово знижується. Оптимальний рівень твердості експлуатаційної поверхні шийок повинен знаходитися в межах 52–62 HRC.

Для відновлення зношених поверхонь колінчастих валів застосовуються різні методи. Основні способи нарощування поверхонь, що втратили свої експлуатаційні властивості, наведено у таблиці 2.1.

Заключним етапом підготовки колінчастих валів до ремонту є контроль і сортування за типами та розмірними групами. У процесі контролю оцінюють розміри корінних та шатунних шийок, стан посадкових місць для підшипника

первинного вала коробки передач, шків, маховик, розподільної шестерні, а також отворів для кріплення маховика. Особливу увагу приділяють оцінці зношеності посадкових місць. Перевірка проводиться за параметрами, які найчастіше стають причиною бракування колінчастих валів.

Таблиця 2.1 – Методи відновлення зношених поверхонь.

Спосіб відновлення зношених поверхонь	Твердість HCR
Хромування	0,4 ... 1,2
Залізнення із наступним хромуванням	0,4 ... 1,2
Вібродугове наплавлення під шаром флюсу	0,7 ... 0,9
Автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів	0,8 ... 0,9

Після завершення контролю підготовлені вали сортують за групами залежно від способу їх відновлення. Зокрема, вал може бути відновлений до ремонтного розміру, шляхом наплавлення, напилення або іншими методами. Відсортовані вали направляють у відповідні ремонтні зони для подальшої обробки.

Зношування шатунних і корінних шийок, яке знаходиться в межах ремонтних розмірів, усувають шляхом шліфування до відповідного ремонтного розміру. Всі шийки колінчастого вала, як корінні, так і шатунні, повинні бути приведені до однакового ремонтного розміру. На передній противазі колінчастого вала ставлять клеймо, що вказує ремонтний розмір корінних ($P_{1К} \dots P_{5К}$) та шатунних шийок ($P_{1Ш} \dots P_{5Ш}$).

Для відновлення зношених поверхонь колінчастих валів використовуються різноманітні методи нарощування. Проте деякі з них мають недостатню ефективність через низьку зносостійкість відновлених поверхонь, що значно скорочує їхній експлуатаційний термін.

На практиці найбільш поширеним методом відновлення колінчастих валів, якщо зношування виходить за межі останнього ремонтного розміру, є автоматичне наплавлення під шаром флюсу. Цей спосіб забезпечує високу якість та тривалий термін служби відновлених поверхонь.

У процесі капітального ремонту автомобілів використовуються три основні методи відновлення колінчастих валів. Одним із найбільш ефективних є наплавлення під шаром легованого флюсу, що дозволяє уникнути необхідності додаткової термічної обробки шийок.

За цією технологією наплавлення проводять на циліндричних поверхнях шатунних і корінних шийок за допомогою пружинного дроту другого класу діаметром 1,6 мм. Як флюс використовується АН-348А, до складу якого додається 2,5% ферохрому та 2% графіту. Після наплавлення проводяться наступні операції: чорнове та чистове шліфування шийок до початкового розміру, суперфінішна обробка та полірування.

Незважаючи на відносну простоту технологічного процесу та можливість досягнення високої зносостійкості поверхні шийок, цей метод має низку суттєвих недоліків. Основними проблемами є ризик виникнення тріщин під час правки вала через недостатню пластичність наплавленого шару, утворення мікротріщин на поверхні шийок у процесі шліфування, а також нестабільність характеристик наплавленого шару. Ці фактори суттєво впливають на зниження довговічності та робочих властивостей відновленого колінчастого вала.

Наплавлення шийок колінчастого вала здійснюється із використанням дроту Нп–30ХГСА під шаром флюсу АН–348А або НП–40Х2Г2М із флюсом АН–15М. Технологічний процес передбачає одночасне наплавлення чотирма електродами діаметром 1,6 мм. Після завершення наплавлення проводяться операції нормалізації колінчастого вала, його правки та точіння із подальшим поліруванням до номінального розміру. Завершальними етапами є гартування струмами високої частоти (СВЧ) та чистова обробка поверхонь шийок.

Переваги технології. Виключається можливість утворення тріщин під час правки вала та механічної обробки завдяки високій пластичності, яку забезпечує нормалізація.

Використання дроту з високими механічними характеристиками забезпечує необхідну зносостійкість поверхонь шийок.

Недоліки технології. Зниження якості колінчастого вала через втрату частини покращень, які досягалися в процесі термічної обробки на етапі виготовлення.

Підвищення витрат на виробництво та експлуатацію обладнання, необхідного для проведення нормалізації.

Один із сучасних підходів до відновлення шийок колінчастого вала полягає у наплавленні пружинним прутком другого класу під шаром флюсу АН-348А. Після цього проводиться високий відпуск, що дозволяє зберегти високі експлуатаційні характеристики відновленого вала та суттєво знизити витрати на термічну обробку. Завдяки цій технології відновлена роботоздатність колінчастого вала може досягати рівня нового виробу, забезпечуючи співвідношення твердості $HRC = 0,9...1$. [1]

На сучасному етапі розвитку ремонтних підприємств найперспективнішим методом відновлення колінчастих валів вважається металізація, яка забезпечує високу якість відновлених деталей при оптимальних витратах.

Для відновлення поверхонь колінчастих валів у цьому випадку як присадний матеріал застосовують дріт діаметром 1,6 мм зі сталі марки 65Г відповідно до стандарту. Цей матеріал обрано завдяки його хімічному складу, що максимально відповідає властивостям відновлюваної деталі. У процесі роботи розхід плазмоутворюючого газу має становити 20 л/хв., а швидкість подачі дроту не повинна перевищувати 1,8 м/хв.

На сьогодні найбільш ефективними методами металізації є плазмове та електродугове напилення, які забезпечують високу якість відновлених поверхонь та тривалий термін їх експлуатації.

Під час плазмового напилення, на початковій ділянці руху частинок протяжністю близько 50 мм, відбувається нагрівання матеріалу і прискорення його частинок від нульової швидкості до максимальної. Після цього металеві частинки починають тверднути, а їхня швидкість поступово зменшується. Зі збільшенням відстані між металізатором і виробом кількість тепла, що передається на поверхню, значно знижується. Подібний ефект спостерігається також і під час електродугової металізації.

Торцеве биття фланця маховика усувають шляхом проточування торця на токарному верстаті. При цьому забезпечують товщину фланця не менше 11 мм для збереження міцності деталі. Зношення зовнішньої поверхні фланця

ліквідують методом накатування з кроком 1,2 мм, хромуванням або наплавленням із подальшою механічною обробкою до заданих розмірів, відповідно до робочого креслення.

У процесі централізованого ремонту колінчастих валів зношені шпоночні канавки відновлюють шляхом заварювання з подальшою обробкою.

Для відновлення зношеного отвору під підшипник наплавляючого кінця ведучого (первинного) вала коробки передач застосовують ремонтну втулку. Спочатку отвір розточують на токарному верстаті до діаметра $80 + 0,06$ мм. Потім у нього запресовують втулку, після чого підрізають її виступаючий торець і розточують до ремонтного розміру. На заключному етапі обробки знімають фаску.

Товщина стінки втулки повинна знаходитися в межах 3–4 мм. Для забезпечення точності ремонтного отвору овальність і конусність внутрішньої поверхні втулки не повинні перевищувати 0,03 мм.

Для запобігання утворенню задирів на поверхнях вкладишів гострі краї масляних каналів повинні бути плавно заокруглені. У процесі відновлення колінчастого вала після чорнового шліфування наплавлених поверхонь видаляють заглушки з масляних каналів, а самі канали піддають зенкеруванню на глибину 4–5 мм.

Перед фінальним шліфуванням до ремонтного розміру проводять додаткове поглиблення кромek масляних каналів, які потім зачищають за допомогою шліфувальної машинки для усунення залишків задирів. Після завершення шліфування шийок фаски полірують, забезпечуючи їхню ідеальну гладкість для тривалої та безпечної експлуатації.

2.3 Технологічний маршрут виконання ремонтних операцій

Технологічний процес відновлення колінчастого вала, включаючи ремонт шатунних і корінних шийок, реалізується методом автоматичного наплавлення під шаром флюсу.

1 Шліфування. Встановлення колінчастого вала в центротримач шліфувального верстата, фіксація його в положенні для шліфування шатунних

шийок. Виконання чистового шліфування: обробка відновленої циліндричної поверхні до забезпечення ідеальної круглої форми. Демонтаж колінчастого вала зі шліфувального верстата.

2 Металізація. Установка колінчастого вала на установці для металізації, фіксація в положенні для нанесення шару металу на шийки. Подача напруги та встановлення режиму металізації. Нарощування металу на корінні шийки до Ø78 мм і на шатунні шийки до Ø78,05 мм протягом заданого часу. Демонтаж колінчастого вала після завершення металізації.

3 Гартування (СВЧ). Встановлення колінчастого вала на установці для гартування. Нагрівання шийок до температури 900–920°C із витримкою, час якої регулюється автоматично за допомогою реле часу. Охолодження шатунних і корінних шийок водою до досягнення необхідної твердості HRC 52–62. Зняття колінчастого вала після завершення гартування.

4 Шліфування. Встановлення на шліфувальний верстат. Розмістити колінчастий вал у центрувальний пристрій шліфувального верстата та закріпити його в положенні, необхідному для обробки шатунних шийок.

Чорнове шліфування шатунних шийок. Виконати чорнову обробку для усунення нерівностей і підготовки поверхні до чистової шліфовки.

Чистове шліфування шатунних шийок. Довести діаметр шатунних шийок до Ø78,9 мм, забезпечуючи необхідну точність і якість поверхні.

Обробка корінних шийок. Зняти колінчастий вал із верстата, встановити його в положення для шліфування корінних шийок.

Повторити процес. Чорнове шліфування. Чистове шліфування корінних шийок до Ø79,9 мм. Після завершення обробки демонтувати колінчастий вал із шліфувального верстата.

5 Балансування. Встановлення на балансувальну установку. Закріпити колінчастий вал в балансувальній установці типу БМ–У4. Контроль дисбалансу:

Перевірити величину дисбалансу колінчастого вала для забезпечення рівномірного розподілу мас і стабільної роботи механізму. Зняти вал із балансувальної установки після завершення процедури.

Після проведення шліфувальних та балансувальних операцій рекомендується виконати полірування поверхонь шийок. Ця операція забезпечує зменшення тертя, покращення експлуатаційних характеристик і підвищення довговічності колінчастого вала. [7]

6 Полірування. Підготовка до полірування шатунних шийок. Встановити колінчастий вал на спеціалізований полірувальний верстат, закріпивши його в положенні, що забезпечує зручний доступ до шатунних шийок.

Полірування шатунних шийок. Виконати полірування за допомогою полотняної або паперової стрічки, доводячи діаметр шийок до $\varnothing 79,50$ мм.

Підготовка до полірування корінних шийок. Демонтувати колінчастий вал і повторно встановити його на полірувальний верстат у положенні для обробки корінних шийок.

Полірування корінних шийок. Аналогічно провести полірування корінних шийок, доводячи їх діаметр до $\varnothing 80,00$ мм.

Демонтувати колінчастий вал із полірувального верстата.

7 Заключний контроль. Перевірка розмірів. Здійснити ретельний контроль діаметрів відновлених шийок для підтвердження відповідності нормативним значенням.

Провести візуальний та інструментальний контроль якості відновлених поверхонь, перевіряючи наявність гладкості та відсутність дефектів.

2.4 Складання двигуна

Процес складання двигуна проводиться в такій послідовності:

Підбір поршнів та поршневих пальців

Замір діаметрів та розрахунок зазорів. Виконати заміри діаметрів циліндрів і поршнів. Розрахувати зазор між циліндром і поршнем. Для нових деталей цей зазор має становити 0,025–0,045 мм. У разі зносу деталей максимально допустимий зазор становить 0,1 мм. Якщо зазор перевищує 0,1 мм, блок циліндрів підлягає ремонту.

Підбір поршнів до циліндрів. Забезпечити зазор +0,5 мм. Поршні класифікуються за зовнішнім діаметром на п'ять класів з інтервалом у 0,01 мм.

За діаметром отвору під поршневий палець поршні поділяються на три категорії (1, 2, 3) з інтервалом у 0,004 мм.

Характеристики запасних частин. У запасні частини постачаються поршні номінальних і ремонтних розмірів, збільшених на 0,4 мм або 0,8 мм, класів А, С, Е. Клас поршня (літери А, С або Е) і категорія отвору під поршневий палець (цифри 1, 2 або 3) позначаються методом клеймування на днищі поршня.

Маркування ремонтних поршнів. Ремонтні поршні, збільшені на 0,4 мм і 0,8 мм, маркуються трикутником або квадратом відповідно. Маркування наноситься поряд із позначенням класу поршня і категорії отвору під поршневий палець методом клеймування.

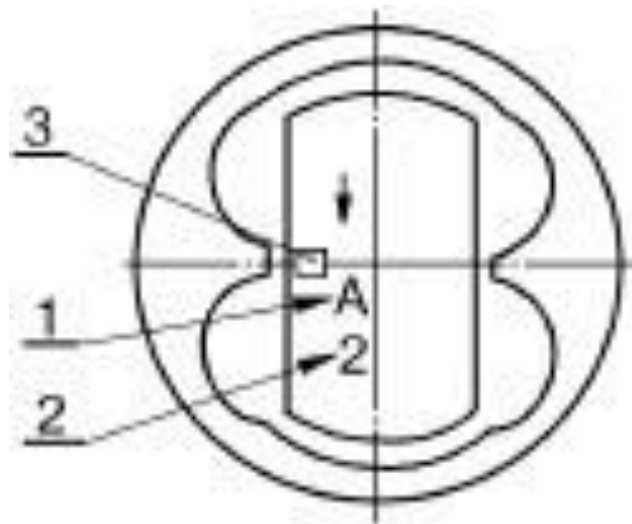


Рис. 2.10. Схема позначення класу поршня.

Для забезпечення рівномірної роботи двигуна необхідно провести підбір поршнів за масою. Різниця у вазі поршнів одного двигуна не повинна перевищувати $\pm 2,5$ г. Запасні частини постачаються в упаковках по 4 поршні однієї вагової групи.

У разі відсутності комплекту поршнів однієї вагової групи проводять підгонку маси. Це здійснюється шляхом видалення зайвого металу методом свердління заглиблень у основі бобишок під поршневий палець, як зображено на рис. 2.11.

Вимоги до процесу свердління. Максимальна глибина заглиблення не повинна перевищувати 4,5 мм. Для виконання операції використовують ваги

типу ВЛТ-10-1, пневматичну свердлильну машину типу П-1011 і свердло діаметром 8 мм.

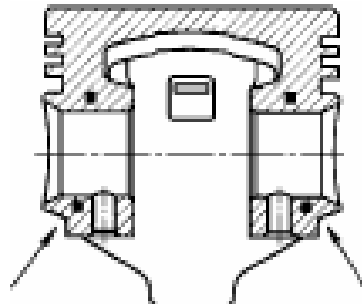


Рис. 2.11. Схема підгонки поршня по вазі.

Відповідно до маркування категорії, нанесеного на днищі поршня (цифри 1, 2 або 3), підібрати поршневі пальці, які відповідають діаметру отворів у бобишках поршнів. [22]

Змазати вибраний поршковий палець моторною оливою та перевірити його посадку в отворі поршня.

Палець має входити у змазаний отвір під натиском великого пальця руки.

У вертикальному положенні поршковий палець не повинен випадати з отвору.

Якщо посадка є надто тугою або надто слабкою, необхідно замінити палець на інший категорії, відповідно меншого або більшого діаметра.

Як приклад, процес показаний на рис. 2.12.

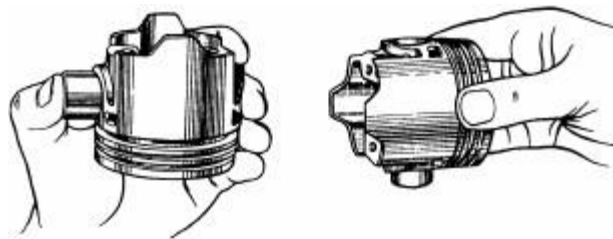


Рис. 2.12. Схема встановлення поршневого пальця в поршень.

2. Підбір поршкових кілець

Визначення розміру поршкових кілець. На упаковці поршкових кілець зазначаються номінальні або ремонтні розміри. Чавунні поршкові кільця ремонтних розмірів мають маркування, яке вказує величину ремонтного збільшення в сотих частках міліметра (наприклад, 40 або 80).

Розконсервація поршкових кілець (за потреби).

Видалення консерваційного мастила виконується за допомогою уайт-спіриту, технічної серветки або обтиральної тканини.

Перевірка зазорів. Зазор по висоті між поршковими канавками та кільцями. Для верхнього компресійного кільця: 0,04–0,07 мм. Для другого компресійного кільця: 0,03–0,06 мм. Для чавунних маслосніжних кілець: 0,02–0,05 мм. Для сталевих трохелементних маслосніжних кілець зазор по висоті не перевіряється.

Зазор у замках поршкових кілець. Повинен бути в межах 0,25–0,45 мм. Кільця, в яких зазор перевищує 0,45 мм, необхідно замінити. У разі зазору менше 0,25 мм допускається підточування стикових поверхонь кільця за допомогою надфіля.

Інструменти для перевірки. Для проведення замірів використовують набір щупів і надфіль.

Помістити шатуни у розігріту до температури 240 °С електропіч. Верхні головки шатунів мають бути спрямовані всередину печі для рівномірного нагрівання. Час перебування шатунів у печі повинен складати не менше 15 хвилин. Для виконання операції використовують електропіч типу СНОЛ-3,5, а також захисні рукавички.

На валик пристосування (поз. 1 на рис. 2.12) змонтувати поршковий палець (поз. 2), направляючу втулку (поз. 3) і наполегливий гвинт (поз. 4). Гвинт не затягується повністю, щоб уникнути заклинювання пальця внаслідок його розширення при контакті з нагрітим шатуном. Для виконання цієї операції використовують пристосування типу 02.7853-9500.

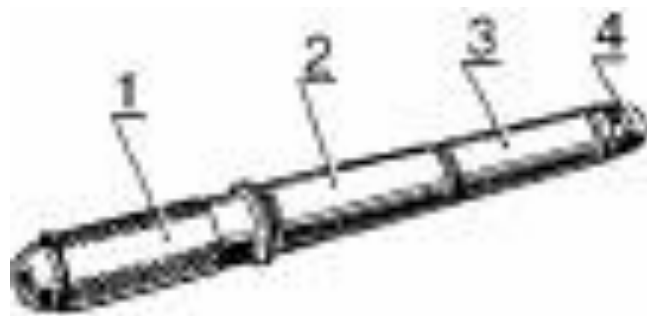


Рис. 2.13. Валик.

Вилучення шатуна з печі. Швидко витягніть нагрітий шатун з електричної печі та негайно зафіксуйте його за нижню частину у лещатах з

алюмінієвими захисними вставками. Використовуйте захисні рукавички, щоб уникнути опіків.

Монтаж поршня на шатун. Опустіть поршень на верхню частину шатуна таким чином, щоб отвір під поршневий палець збігався з відповідним отвором у верхній частині шатуна.

Вставте зібране пристосування з поршневим пальцем (позиція 1 на рис. 2.14) до зупину валика (позиція 2) у поршневій бобишці. Забезпечте, щоб поршень був щільно притиснутий до верхньої головки шатуна, спрямовуючи зусилля у напрямку запресування пальця.

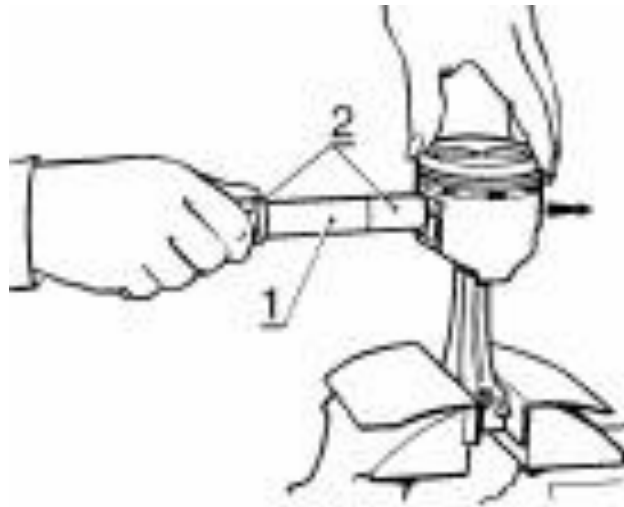


Рис. 2.14. Схема встановлення поршня на шатун.

Після охолодження шатуна нанесіть моторну оливу на поршневий палець через отвори в бобишках поршня, забезпечивши рівномірне покриття всієї поверхні.

Використовуючи спеціальні пристосування та динамометричний ключ, перевірте надійність кріплення поршневого пальця у шатуні, забезпечивши відповідність вимогам технічних специфікацій.

Закріпіть базу 1 (рис. 2.15) пристосування в лещатах. За допомогою рукоятки 4 послабте кріплення кронштейна 5 та опустіть кронштейн разом з індикатором вниз. [6]

Вставте різьбовий стрижень 9 в отвір поршневого пальця до того, як головка 8 стрижня стикнеться з торцем пальця. Потім введіть різьбову частину стрижня у відповідний отвір в базі пристосування та затягніть гайку 2 для налаштування необхідних зазорів.

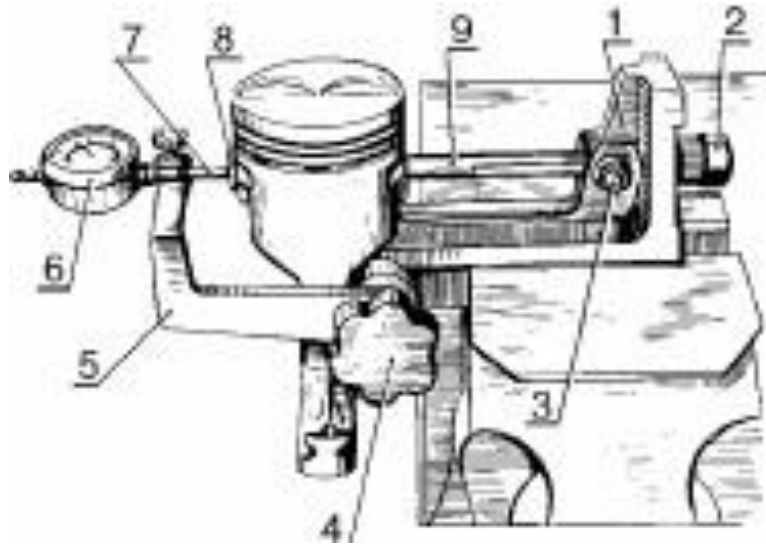


Рис. 2.15. Схема перевірки запресування пальця в шатун.

Підніміть кронштейн 5 до горизонтального положення та зафіксуйте за допомогою ручки 4. Встановіть шток 7 індикатора 6 на голівці 8 різьбового стержня. Закріпіть упор 3 стержня та налаштуйте індикатор так, щоб його стрілка вказувала на нуль.

Застосуйте динамометричний ключ для затягування гайки 2 з моментом від 13,0 до 14,0 Н·м (від 1,3 до 1,4 кгс·м), що відповідає осьовому навантаженню на поршневий палець від 400 до 430 кгс. Правильність посадки пальця підтверджується поверненням стрілки індикатора в початкове положення (на нуль) після звільнення гайки.

Перед установкою поршневих кілець нанесіть тонкий шар моторного масла на кільця та канавки поршнів.

Змонтувати на поршень маслоснімне чавунне або сталеве кільце. При встановленні чавунних маслоснімних кілець розташуйте стик пружинного розширювача протилежно до замка кільця, орієнтуючи виступ розширювача вгору, згідно з рис. 2.16. Забезпечте, що кінці розширювача не перекриваються. Жодне скорочення або підгонка розширювача не допускається.

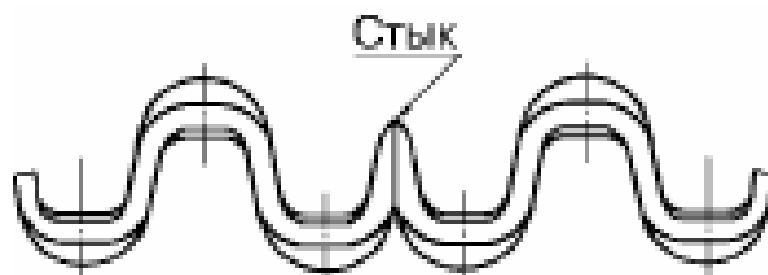


Рис. 2.16. Схема розміщення стику поршневого кільця.

Встановіть нижнє компресійне кільце таким чином, щоб маркування "ВЕРХ" або "ТОР" було направлено до днища поршня. Забезпечте, що виточка на кільці розташована з протилежного боку.

Змонтувати верхнє компресійне кільце на поршень, слідкуючи за правильною орієнтацією.

Для набору чавунних маслоснімних кілець важливо правильно орієнтувати замки на поршні. Аналогічно, уважно встановіть замки сталевих маслоснімних кілець, забезпечуючи оптимальне розміщення.

Розмістити блок циліндрів на стенді Ач.22204, забезпечивши стабільне і рівне положення.

Для ремонтного колінвала обрати вкладиші корінних та шатунних підшипників, відповідно до зниження діаметру шийок. Величина зниження має бути вказана на першій щогі вала (наприклад, К 0,25; Ш 0,50). Вкладиші марковані на упаковці і мають вказівки на зовнішній поверхні про величину ремонтного зниження. [20]

Встановити кришки корінних підшипників, слідуючи міткам, що мають бути орієнтовані до боку установки водяного насоса.

Закрутити болти кріплення кришок, дотримуючись технічних вимог, використовуючи пневматичний гайкокрут та головку на 17.

Вал повинен вільно обертатися від ручного зусилля, без заїдань. У разі виявлення тугого обертання або заїдань, колінвал необхідно зняти та знову перевірити правильність підбору вкладишів.

Змонтувати стійку з індикатором на блок циліндрів. Вимірювальний стрижень індикатора повинен торкатися фланця колінвалу, індикатор виставити на нуль. Вимірювання осьового зазору вала виконується переміщенням колінвалу за допомогою викруток.

Осьовий зазор колінвалу має бути в межах від 0,06 мм до 0,26 мм.

Корекція зазору: Якщо зазор перевищує 0,26 мм, необхідно провести його корекцію. Це виконується шляхом заміни стандартних наполегливих півкілець на модифіковані півкільця, які збільшені на 0,127 мм.

Сталеалюмінієві півкільця зі збільшеним розміром марковані літерою "Р" на сталевій основі.

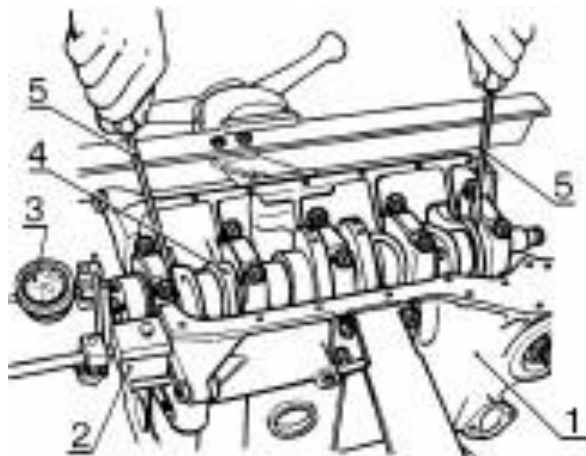


Рис. 2.17. Схема перевірки осьового зазору колінвала.

Металокерамічні півкільця збільшеного розміру не мають маркування та мають товщину від 2,44 мм до 2,49 мм. Використовуйте штатив ШМ-ПВ-8 та індикатор ИЧ-10 для точного вимірювання зазору. Для коригування використовуйте дві плоскі викрутки та мікрометр МК 25-1 для точного виміру товщини півкільця.

На посадкову поверхню заднього сальника колінчастого вала нанесіть герметик. Виконайте запресування сальника в утримувач, забезпечуючи герметичність з'єднання. [21]

Установка маховика на фланець колінчастого вала таким чином, щоб мітка на маховику (конусоподібна лунка) відповідала осі шатунної шийки четвертого циліндра. Нанесіть герметик на різьбову частину болтів кріплення маховика для забезпечення додаткової герметизації.

Використовуйте фіксатор для стабілізації маховика під час кріплення. Закрутіть болти, забезпечуючи міцне та надійне з'єднання. Використані інструменти: головка на 17, пневматичний гайкокрут типу ПП-3111 або комірць із подовжувачем; герметик УГ-6 з нормою витрати 6 грам; фіксатор А.60330/R для маховика.

Встановіть вкладиші у шатуни та кришки шатунів, забезпечуючи правильну орієнтацію і сумісність.

Нанесіть моторну оливу на вкладиші, внутрішні поверхні циліндрів та бічні сторони поршнів для забезпечення легкого ковзання поршнів під час монтажу.

Використовуйте регульовану втулку (модель 67.7854-9517 для діаметра 79 мм або 67.7854-9519 для діаметра 82 мм) для точного встановлення поршнів у циліндри. [11]

Помістіть втулку на блок циліндрів і акуратно, за допомогою зусиль пальців, проштовхніть поршень через втулку в циліндр. Переконайтеся, що мітка "П" або стрілка на днищі поршня спрямована у бік приводу ГРМ. Також важливо, щоб маркування на нижній головці шатуна відповідало номеру циліндра.

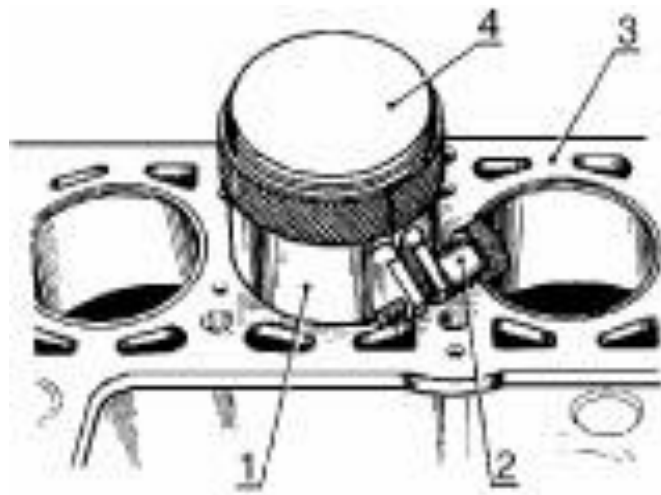


Рис. 2.18. Схема встановлення поршня в циліндр.

Виконайте аналогічну процедуру встановлення для усіх чотирьох поршнів, використовуючи ті ж методи та уважність до деталей.

Встановіть кришки шатунів, орієнтуючись на маркування, і забезпечте, щоб маркування на кришках відповідало маркуванню на нижніх головках шатунів. Це важливо для правильного спрямування та балансування двигуна.

Закрутіть гайки кришок шатунів використовуючи пневматичний гайкокрот або вручну за допомогою комірця та подовжувача, вибираючи ключ на 14.

Використовуйте оправку та молоток для запресування сальника в корпус масляного насоса, забезпечуючи щільне прилягання і герметичність з'єднання. Встановіть масляний насос з прокладкою, що забезпечує надійність і уникнення витoku масла. Використовуйте втулку і пневматичний гайкокрот з головкою на 10 та подовжувачем для закріплення насоса у відповідному положенні на двигуні.

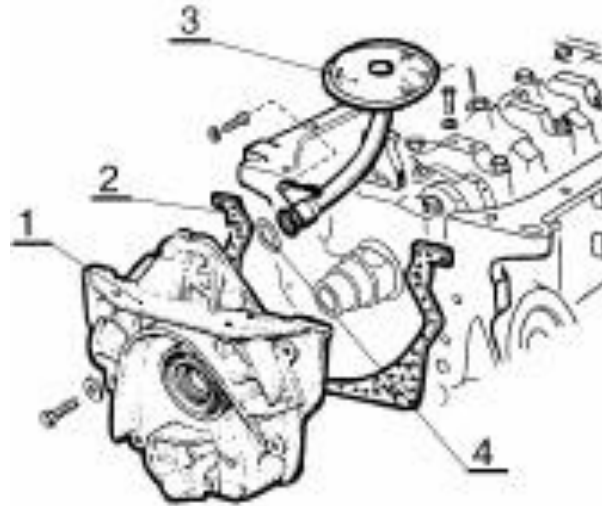


Рис. 2.19. Схема встановлення масляного насоса.

Встановіть та зафіксуйте приймач масляного насоса з ущільнювальним кільцем. Використовуйте головку на 10 та пневматичний гайкокрут для надійного кріплення приймача до корпусу насоса, забезпечуючи герметичність з'єднання та надійну роботу насоса.

Замочіть болти для кріплення головки циліндрів у контейнері з моторним маслом, дозвольте зайвому маслу стекти, залишивши болти на 30 хвилин для просочення (технологічний контейнер).

Встановіть центруючі втулки, ущільнювач головки блока та саму головку циліндрів. Починайте затягування болтів кріплення, використовуючи наступну процедуру згідно з інструкцією, поданою на рис.2.20 (адаптер для болтів, ключ ТЛ-98-110 розміру Е14, пневматичний гайкокрут):

Етап 1 - затягніть болти з моментом (18 ... 22) Н. м [(1,8 ... 2,2) кгс.м];

Етап 2 - затягніть болти з моментом (70 ... 85) Н. м [(7,0 ... 8,5) кгс.м];

Етап 3 - докрутіть болти на 90°;

Етап 4 - докрутіть болти ще на 90°.

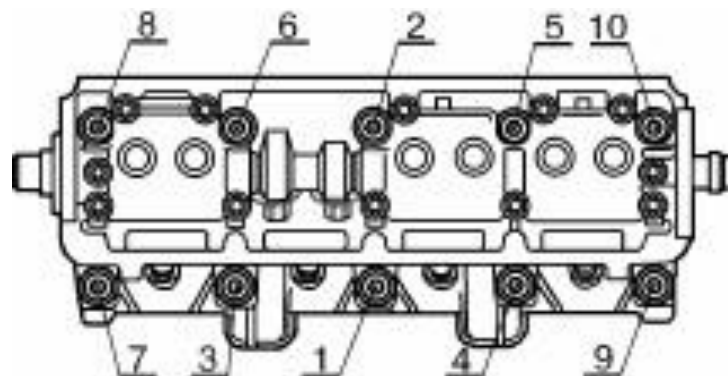


Рис. 2.20. Порядок затягування головки блока циліндрів.

Монтаж механізму розподілу газів. Встановити розподільчий вал 4 (див. рис.2.10) з сальником 6. Перед монтажем на підшипникові виступи корпусу, прилеглі до головки блока, нанести герметик КЛІТ-75ТМ для забезпечення герметичності. Встановити корпуси підшипників 3 та 7 розподільчого вала згідно рис. 2.6 і закріпити гайки в заданій послідовності з використанням пневматичного гайкокрута і головки на 13. Встановити водяний насос 7 з ущільнювальною прокладкою та задню захисну кришку 6 ременного приводу ГРМ, використовуючи пневматичний гайкокрут і головку на 10. [10]

Встановити на колінвал шпонку та шків 9, зорієнтувавши колінвал так, щоб мітки на шківі та на кришці масляного насоса співпадали, як показано на рис.2.21. Для установки використовувати молоток з пластмасовим бойком та кільцевий гайковий ключ 19.

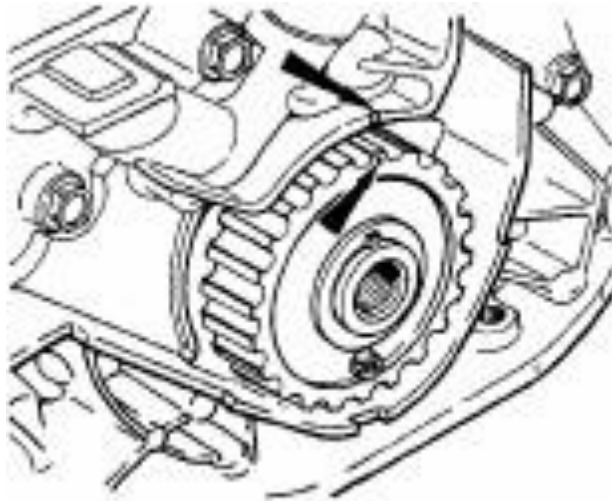


Рис. 2.21. Схема встановлення шківів.

Встановіть шків 5 на розподільний вал, забезпечуючи відповідність міток на шківі та на задній кришці ременного приводу ГРМ, як вказано на схемі 69. Для цього використовуйте пристосування та головку на 19.

Змонтуйте натяжний ролик 3 згідно з рис.2.8, використовуючи дистанційну шайбу. Натягніть ремінь газорозподільного механізму, скориставшись спеціальним пристроєм 67.7834-9525. Для регулювання натягу ремня поверніть ролик проти годинникової стрілки та закріпіть гайку кріплення ролика. Всі налаштування здійснюйте відповідно до інструкції з експлуатації пристосування.

Поверніть колінвал на два повних оберти за годинниковою стрілкою, використовуючи болт кріплення шківів генератора, та перевірте відповідність міток. У разі невідповідності міток повторіть процедуру монтажу та натягу ремня, використовуючи кільцевий ключ на 19 або головку на 19.

Поверніть колінчастий вал у напрямку руху годинникової стрілки до вирівнювання міток на шківі розподільного валу та на задній кришці механізму приводу ГРМ, після чого додатково поверніть на $40-50^\circ$ (що приблизно відповідає 2,5-3 зубам на шківі розподільного валу). Використовуйте кільцевий ключ 19 або головку на 19.

Здійсніть перевірку та, за потреби, регулювання зазорів у механізмі приводу клапанів. Зазори між регулювальними шайбами 2 та кулачками кам'янок 1 повинні відповідати $(0,20 \pm 0,05)$ мм для впускних та $(0,35 \pm 0,05)$ мм для випускних клапанів, згідно з рис.2.22. У випадку відхилень від заданої норми, скористайтеся спеціальним пристосуванням для поглиблення штовхача 3 та зафіксуйте його в нижній позиції за допомогою фіксатора, поміщаючи його між розподільним валом 1 і краєм штовхача 3 (пристосування, фіксатор, набір щупів).

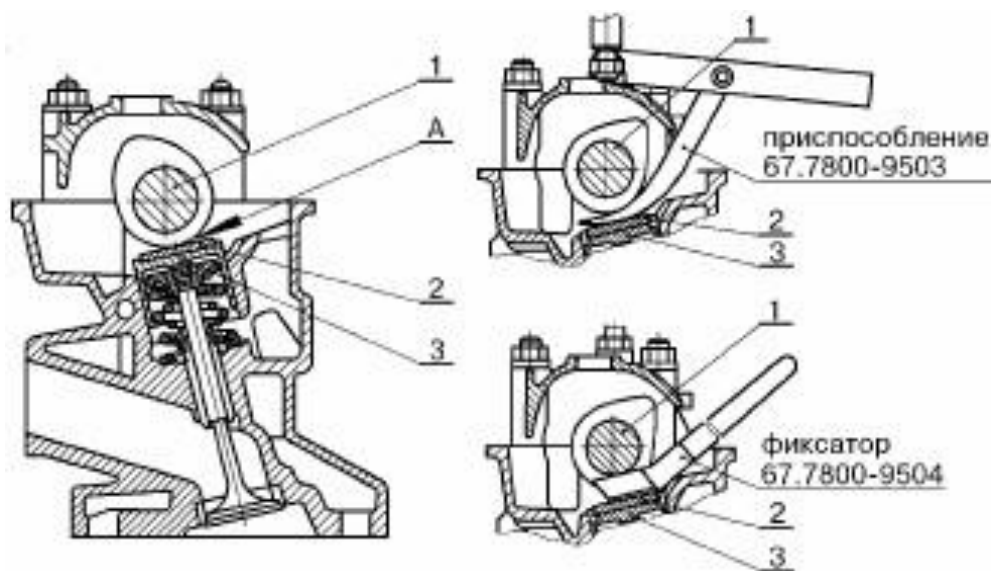


Рис. 2.22. Схема перевірки зазору в механізмі приводу клапана.

Вийміть регулювальну шайбу, скориставшись технологічним шилом та пінцетом, виміряйте її товщину за допомогою мікрометра МК 25-1. [3]

Для визначення потрібної товщини нової шайби використовуйте наступну формулу:

$$H = B (A - C),$$

Н - товщина нової шайби, В - товщина знятої шайби, А - вимірний зазор, С - номінальний зазор.

Шайби доступні з товщиною від 3,0 до 4,5 мм з кроком 0,05 мм. Кожна шайба маркована своєю товщиною.

Встановіть нову регулювальну шайбу так, щоб маркування було обернене до штовхача. Видаліть фіксатор і перевірте зазор. В ідеалі, щуп товщиною 0,20 або 0,35 мм повинен вільно входити між кулачком та шайбою без зусиль.

Змонтуйте передню захисну кришку з ущільнювачем, використовуючи головку на 10, комірець та подовжувач чи пневматичний гайкокрут.

Встановіть прокладку та кришку головки циліндрів, також використовуючи головку на 10.

Застопоріть маховик за допомогою фіксатора, змонтуйте шків приводу генератора чи демпфер та затягніть болт кріплення, використовуючи головку на 19.

Закріпіть фітинг масляного фільтра за допомогою ключа на 24. Нанесіть моторну оливу на ущільнювач масляного фільтра та встановіть фільтр на блок циліндрів руками без використання додаткових інструментів.

Встановіть масляний картер з використанням нової прокладки, рівномірно закрутіть болти кріплення зі спеціальними шайбами і закрутіть зливну пробку за допомогою головки на 10 і пневматичного гайкокрута, використовуючи ключ А.50113 для пробок. Встановіть датчик рівня масла, використовуючи плоску викрутку. [23]

Монтаж водяного насоса та компонентів системи охолодження. Встановіть підводну трубу 4 чи 14 водяного насоса з ущільнювальною прокладкою 3, використовуючи головку на 10. Монтуювання відвідного патрубка 6 чи 10 або термостата 9 згідно з таблицею 3 із прокладкою 5, застосувавши головку на 13 та пневматичний гайкокрут. Встановіть з'єднувальні шланги 12 та 13 та термостат 11 за допомогою хрестоподібної викрутки. Змонтувати датчики 7 та 8 для вимірювання температури охолоджувальної рідини, використовуючи кільцевий гайковий ключ 19 та торцевий шарнірний ключ.

Монтаж генератора. Встановіть кронштейн 3 для кріплення генератора, використовуючи головку на 17 та пневматичний гайкокрут. Монтуювання самого

генератора 4 та настановної планки 5 з допомогою ключа на 19 та змінних головок 13, 17, 19, а також пневматичного гайкокрута.

Встановіть ремінь 1 приводу генератора, налагодьте його натяг та закрутіть гайку кріплення генератора до настановної планки та гайку болта кріплення генератора до кронштейна. Прогин ремня в середині при навантаженні 100 Н (10 кгс) має становити від 10 до 15 мм. Для цього використовуйте пристосування типу KI-8920, головки на 17 та 19, а також трещеточний вороток.

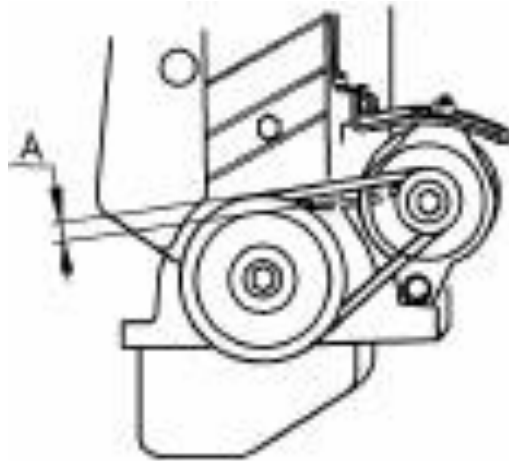


Рис. 2.23. Схема визначення натягу паса приводу генератора.

Монтаж додаткового обладнання двигуна. Встановлюйте на двигун додаткове обладнання в зворотному порядку до демонтажу. Це включає компоненти, такі як компресор кондиціонера, альтернатор та інші периферійне обладнання. [14]

Залити в картер двигуна моторну оливу відповідно до специфікацій виробника двигуна. Використовуйте оливу, рекомендовану для вашої моделі та умов експлуатації, забезпечуючи оптимальну змащувальну здатність і захист двигуна.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка пристосування для випресування поршневого пальця та шатунної втулки

3.1.1 Призначення, конструкція та функціонування пристрою

Прес розроблено спеціально для екстракції поршневих пальців та втулок шатунів у двигунах автотракторної техніки. На робочій поверхні преса (див. рис. 3.1) розміщена призма №13, яка призначена для фіксації поршня під час роботи, а також опора №3 для утримання шатуна №14. Це забезпечує надійне та безпечне випресовування компонентів, мінімізуючи ризик пошкодження деталей і збільшуючи ефективність ремонтних робіт.

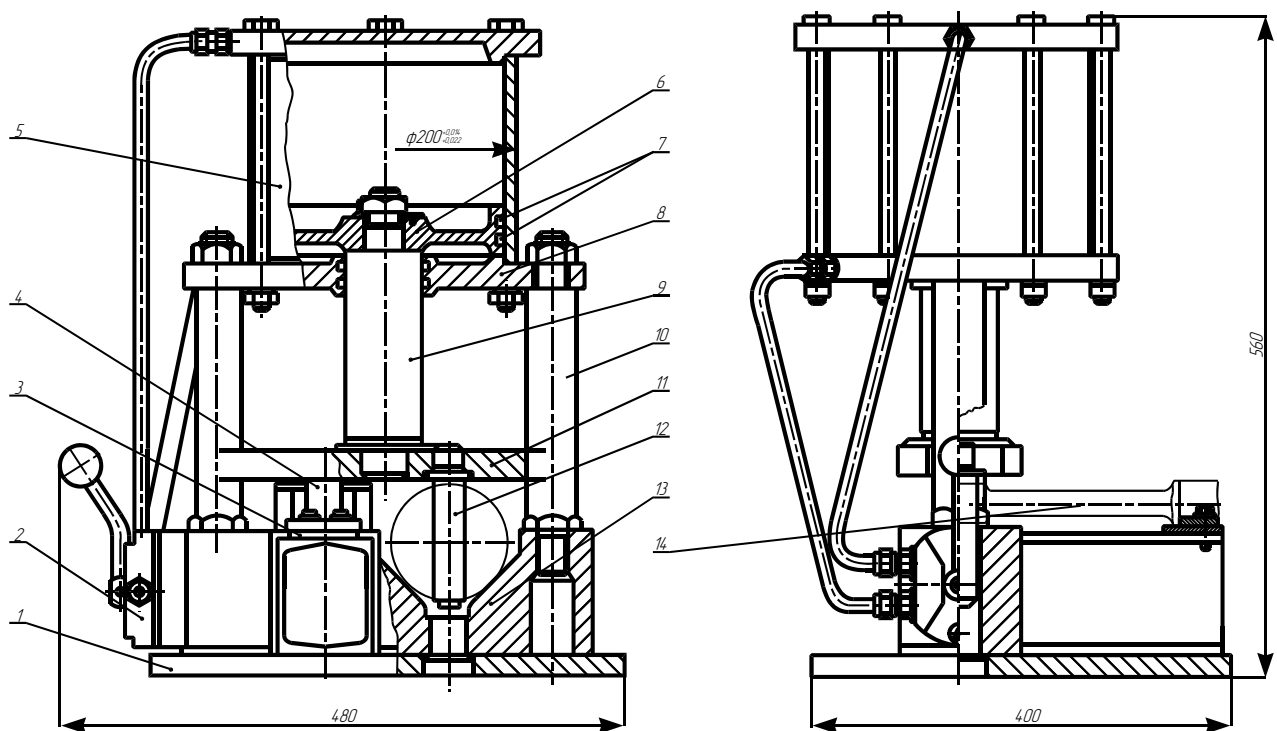


Рис. 3.1. Пристрій для випресування поршневого пальця та втулки шатуна.

Нижня частина 8 пневматичного механізму 5 монтується за допомогою двох стійок 10, закріплених у призмі 13. Процес випресовування здійснюють за допомогою штампів 4 та 12, розташованих на керівній плиті 11. Ця плита приводиться в рух штоком 9 пневматичного механізму. Шток 9 і поршень 6 герметизовані за допомогою гумових кілець 7. [15]

Процедура роботи пристрою включає установку поршня зі шатуном на призму 13 та активацію пневматичного механізму за допомогою розподільчого крана 2. Штмп 12 опускається, випресовуючи поршневий палець. Після повернення штамп в початкове положення, шатун 14 установлюють на призму 13, і за наступного циклу преса випресовують втулку шатуна штампом 4.

3.1.2 Аналіз пневматичної системи

Вихідні параметри:

Навантаження на шток пневмоциліндра, $S_{ш}$, у кН.

Швидкість переміщення поршня, $V_{п}$, в метрах за секунду.

Пробіг поршня, $S_{п}$, у міліметрах.

Загальна протяжність пневматичних магістралей, L , в метрах.

Встановлення точних розрахункових параметрів для гідравлічного приводу є критично важливим, адже фактичні робочі параметри мають відповідати або бути близькими до зазначених. Під час підбору компонентів системи на основі заданих параметрів, фактичні показники зазвичай виявляються нижчими за очікувані через наявність механічних, пневматичних, та об'ємних втрат у системі пневмоприводу. Для коригування цих втрат і досягнення наближення фактичних параметрів до заданих використовують розрахункові параметри системи. [19]

Визначення сили, яка діє на шток гідроциліндра, є ключовим аспектом для забезпечення належної роботи пневматичної системи:

$$S_{шп} = S_{ш} \cdot K_{зз}; \quad (3.1)$$

$$K_{зз} = 1,15 \dots 1,25. \text{ Приймаємо } K_{зз} = 1,25;$$

$$S_{шп} = 10 \cdot 1,25 = 12,5 \text{ кН};$$

Для забезпечення оптимальної продуктивності гідропривода, одним із ключових параметрів є швидкість поршня:

$$V_{пр} = K_{зи} \cdot V_n; \quad (3.2)$$

$$K_{зи} = 1,2 \dots 1,3, \text{ приймаємо } K_{зи} = 1,25.$$

$$V_{пр} = 1,25 \cdot 0,08 = 0,1 \text{ м/с};$$

Для забезпечення ефективної роботи пневмопривода необхідно точно визначити його потужність.

$$N_{zp} = S_{up} \cdot V_{np}; \quad (3.3)$$

$$N_{zp} = 12,5 \cdot 0,1 = 1,25 \text{ кВт};$$

У пневматичних системах робочий тиск визначається виходячи зі стандартизованих значень. Для даної системи призначаємо робочий тиск на рівні 4 МПа.

Далі, обираємо робочу порожнину пневмоциліндра, що є штоковою. Це означає, що робота відбувається за рахунок переміщення штока всередині циліндра, що забезпечує необхідні механічні дії.

Корисну площу пневмоциліндра обраховуємо як основу для подальших розрахунків, що визначатимуть потужність та ефективність системи. Площа ця визначається залежно від діаметра внутрішнього перерізу циліндра та необхідної сили впливу на шток.

$$F_n = S_{up} / \chi \cdot p_m (1 - k); \quad (3.4)$$

$$\chi = 0,65. p_m = 4 \text{ МПа}. k = 0,1.$$

$$F_n = 12,5 \cdot 10^3 / 0,65 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,1) = 0,00534 \text{ м}^2 = 53,4 \text{ см}^2.$$

Для задачі ми приймаємо кількість пневмоциліндрів $z=1$, що означає використання одного циліндра для виконання необхідних операцій.

На наступному етапі визначимо корисну площу робочого перерізу цього пневмоциліндра. Площа перерізу є ключовим параметром, який впливає на здатність циліндра створювати необхідні зусилля.

Далі, визначаємо оптимальний діаметр пневмоциліндра. Враховуючи обрану робочу порожнину, обчислюємо діаметр так, щоб забезпечити ефективну робочу площу для заданого робочого тиску та сили дії на шток. Зазначимо, що правильний вибір діаметра циліндра є критично важливим для досягнення оптимальної продуктивності та ефективності системи.

$$D_u = 2 \sqrt{\frac{F_n}{\pi \cdot (1 - K^2)}} = 2 \sqrt{\frac{53,4}{\pi \cdot (1 - 0,4^2)}} = 19 \text{ см}. \quad (3.5)$$

Для забезпечення належної робочої ефективності та довговічності пневмоциліндра, важливо коректно підібрати діаметр штока

$$d_{ui} = D_u \cdot K; \quad (3.6)$$

$$d_{ui}/D_u; K = 0,4.$$

Приймаємо $d_{ui} = 80$ мм; $D_u = 100$ мм.

Для забезпечення ефективної роботи системи, обрано стандартний пневмоциліндр моделі 1.10.0.VI-200×80×130. Наступним кроком є визначення необхідності в повітряній подачі від компресора для задоволення робочих потреб циліндра. [8]

$$Q_n = F_{n.eф} \cdot V_{np}; \quad (3.7)$$

$$Q_n = 0,00534 \cdot 0,08 = 4,27 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Для забезпечення ефективної роботи пневматичної системи, основним завданням є визначення потужності, яку розвиває компресор. Потужність компресора повинна бути достатньою для подолання всіх робочих навантажень і забезпечення необхідного тиску та об'єму стисненого повітря.

$$N_n = P_n \cdot Q_n. \quad (3.8)$$

$$N_n = 4 \cdot 10^6 \cdot 4,27 \cdot 10^{-4} = 1,71 \text{ кВт};$$

Для впускної лінії встановлено робочу швидкість повітря на рівні 5 м/с, яка є оптимальною для забезпечення ефективності забору повітря без зайвих втрат тиску.

У випускній лінії, що відводить відпрацьоване повітря, швидкість обмежена до 1.7 м/с. Це дозволяє знизити шум та вібрації, а також зменшити ерозію трубопроводів від швидкого видалення стиснутого повітря.

Для всмоктувальної лінії швидкість повітря приймається на рівні 1.1 м/с. Це забезпечує достатній потік повітря для продуктивної роботи системи з мінімальною швидкістю, що сприяє економії енергії та зниженню шуму.

На основі зазначених швидкостей та інших технічних параметрів системи, проводимо вибір умовних діаметрів трубопроводів для забезпечення надійної та ефективної роботи пневмоприводів.

$$d_u = 4,6 \sqrt{\frac{Q_n}{V}} \quad (3.9)$$

Для забезпечення ефективності та стандартизації в монтажі пневматичних систем використовуємо трубопроводи з нормованими розмірами. Призначені розміри для різних сегментів системи є наступними:

Внутрішній діаметр труби для впускного тракту становить 17 мм, зовнішній - 21 мм, а товщина стінки - 2 мм.

Для випускного тракту, де важлива здатність витримувати вищі навантаження, внутрішній діаметр збільшено до 30 мм, зовнішній - до 37 мм і товщина стінки - 3,5 мм.

Для всмоктувального тракту внутрішній діаметр трубопроводу встановлено на рівні 35 мм, зовнішній - 43 мм, із товщиною стінки 4 мм.

3.1.3 Аналіз і обчислення параметрів міцності ключових компонентів обладнання

Розрахунок параметра A , який представляє собою розмір поперечного перерізу, базується на заданому навантаженні та допустимих значеннях напруження. Визначення цього параметра здійснюється за формулою міцності:

$$A \geq \frac{N}{\sigma_{adm}} = \frac{12500}{120} = 104,2 \text{ мм}^2, \quad (3.10)$$

З урахуванням навантаження та механічних властивостей матеріалу проведемо розрахунок діаметра стержня. Для вуглецевої гарячекатаної сталі встановлено допустиме напруження $\sigma_{доп} = 120$ МПа. Виходячи з відомої сили, яка діє на стержень, визначаємо його розрахунковий діаметр за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 104,2}{3,14}} = 11,5 \text{ мм}.$$

З огляду на отриманий результат розрахунку, обираємо стандартний найближчий діаметр стержня, який дорівнює 20 мм. Це забезпечує відповідність міцності елемента умовам експлуатації, гарантуючи надійність та довговічність конструкції. Такий вибір дозволяє мінімізувати ризики перевищення допустимих напружень при робочих навантаженнях. [18]

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Теоретичне дослідження

Для проведення аналізу було застосовано CAD-модель двигуна, з якої видалено зайві елементи, залишивши лише монолітну секцію циліндра. Шпильки, що знаходяться уздовж осі симетрії, були розділені на дві частини. Для спрощення геометрії з моделі виключено об'єм блоку, що включав кришку розподільчого вала. Після цього всі модифіковані елементи було імпортовано у програму ABAQUS 6.10 у вигляді твердих тіл у форматі .stp і зібрано з використанням необхідних обмежень.

Процес сіткування складних компонентів у ABAQUS є досить складним завданням, особливо якщо йдеться про великі та багатокomпонентні структури, такі як двигуни. Попри наявність значного арсеналу інструментів у ABAQUS для накладання сітки, створення як чверть-моделі, так і повної моделі виявилось надзвичайно трудомістким. У цьому процесі немає єдиної уніфікованої методики — це радше серія експериментів із використанням різних підходів та методів. [12]

Іноді виникали випадки, коли ABAQUS відмовлявся створювати сітку для певного об'єму без пояснення причин. У таких ситуаціях не існує "правильного" або "неправильного" підходу — натомість застосовуються різноманітні техніки, які допомагають вирішити проблеми. Найбільш ефективним інструментом у цьому випадку є досвід користувача.

Першим етапом перед сіткуванням стало спрощення геометрії в програмі. Оскільки аналіз одного циліндра мав тестовий характер, значна частина складних геометричних елементів була вилучена. Зокрема, виключено такі елементи, як зона колінчастого вала блоку, тунель розподільчого вала та жорсткі ребра. Для оптимізації аналізу вузли шпильок, що склалися з шпильки, гайки та шайби/гільзи, було об'єднано в один елемент і ще більше спрощено, щоб вони представляли тверді циліндричні об'єми. Шпильки також розділили вздовж, щоб використати симетрію при складанні. Крім того, щоб

усунути можливі конфлікти, спричинені перекриттям різьблення, діаметр різьбових ділянок болтів було зменшено. [5]

Після завершення модифікації кожену частину експортували як модель у форматі step. Оскільки ABAQUS додає вузли сітки до кожного виявленого краю, велика кількість країв могла б значно ускладнити процес сіткування. Застосування цього методу дозволило суттєво зменшити кількість проблем, що виникали через складну геометрію головки та блоку.

Це було необхідно для відновлення площин, на які мають бути накладені навантаження, граничні умови, взаємодії та обмеження. Оскільки ABAQUS використовує геометричні площини деталей для накладання цих функцій, спрощення геометрії необхідно було виконати до початку сіткування, адже будь-які зміни після створення сітки призводять до автоматичного її видалення.

Сітка одного циліндра формується з елементів різних розмірів, форм та типів. Основний акцент аналізу робиться на взаємодію між прокладкою та головкою циліндра, а також між прокладкою та блоком двигуна. Для скорочення часу обробки розмір елементів збільшується, коли вони віддаляються від площадки головки блоку. Головка і блок розділяються на три окремі об'єми для кожного компоненту. Глибина поділу від поверхні площадки становить 1 мм для секцій A і D, а для секцій B і E — 20 мм. Решту об'ємів марковано як C і F, вони включають основну частину геометрії. Справа наведено збільшений вид поверхні площадки. Один із досліджуваних факторів у наступних аналізах включав розмір і тип елементів, а також глибину поділу на площадці. Були досліджені різні комбінації, і результати порівняли. У дослідженні взаємодій використовувався один шар елементів товщиною 1 мм, у той час як у дослідженні сітки змінювалися розмір і кількість шарів. Важливо зауважити, що між поділеними регіонами твердого тіла ABAQUS автоматично вводить зв'язані обмеження між сусідніми елементами. Перед застосуванням тривимірної тетраедричної сітки до повної асамблеї кожному розділу була накладена двовимірні трикутна сітка за допомогою функції "Preview Boundary Mesh" для перевірки наявності поверхневих проблем. Якщо виникали проблеми, їх усували за допомогою раніше описаних технік віртуальної

топології. Після того як всі розділи мали граничну сітку, тетраедричну сітку можна було застосувати, клітину за клітиною. [9]

Спроби накласти тридименсійну сітку часто призводили до помилок у одному або кількох елементах. Для вирішення цих проблем використовувалася команда Edit Mesh, яка дозволяє користувачеві змінювати різні параметри сітки, такі як положення вузлів, видалення або додавання ребер елементів та функцію згортання ребер, що активно використовувалася під час процесу сіткування. Для коректного застосування навантаження попереднього натягу на болти, поділи повинні бути створені в середині шпильок, як показано на рисунку 4.1. Цей процес має бути завершений перед сіткуванням.

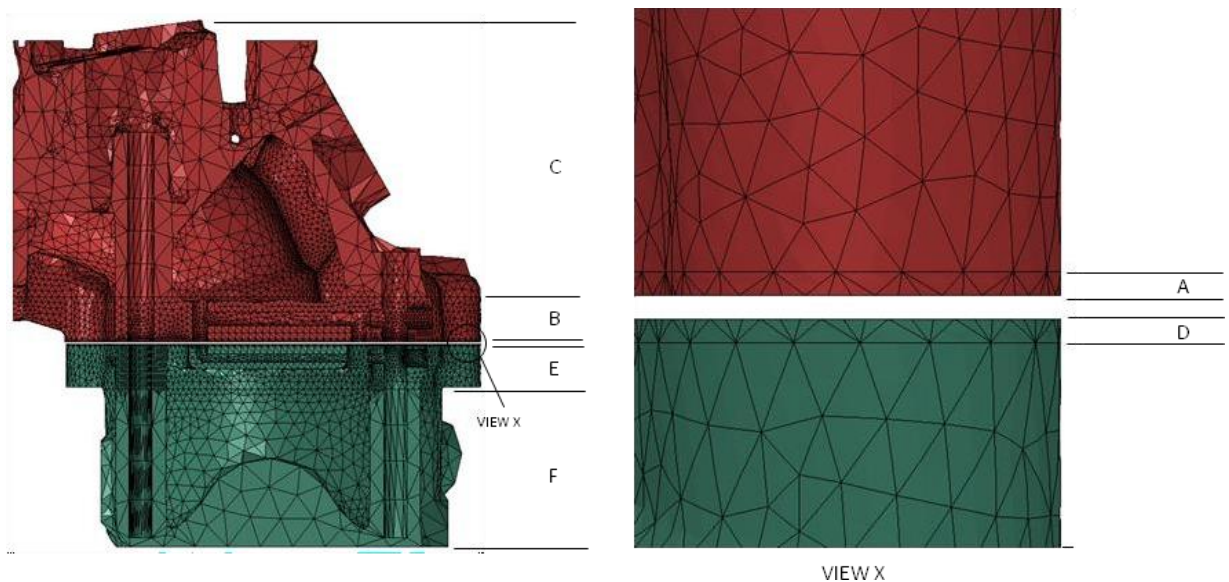


Рис. 4.1. Секційні області збірки одиночного циліндра.

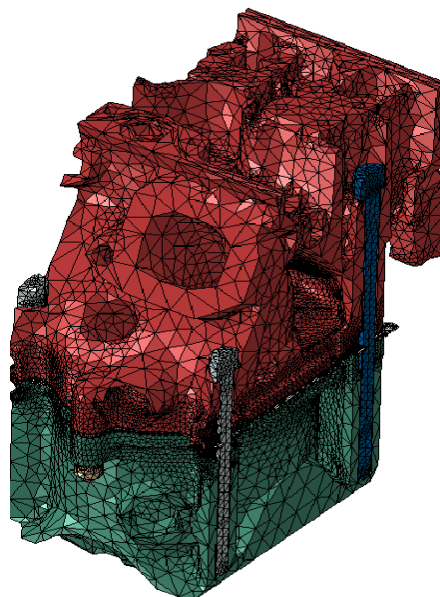


Рис. 4.2. Візуалізація сітки моделі чверті блоку двигуна.

Протягом цих симуляцій параметри сітки залишалися стабільними, але змінювались лише взаємодії. Варто зазначити, що загальна кількість вузлів та елементів у збірці не співпадає з сумами по рядках, оскільки у складі використовуються 6 шпильок різних розмірів. [16]

4.2 Повне навантаження шпильок

На етапі створення сітки для кожної шпильки було виконано поділ, що забезпечує відповідний рівень натягу. Для довгих і середньої довжини шпильок попереднє натягування складало 60 700 Н, тоді як для коротких шпильок було задано повне навантаження в розмірі 33 360 Н. Схема розподілу навантаження по шпильках представлена на рисунку 4.3.

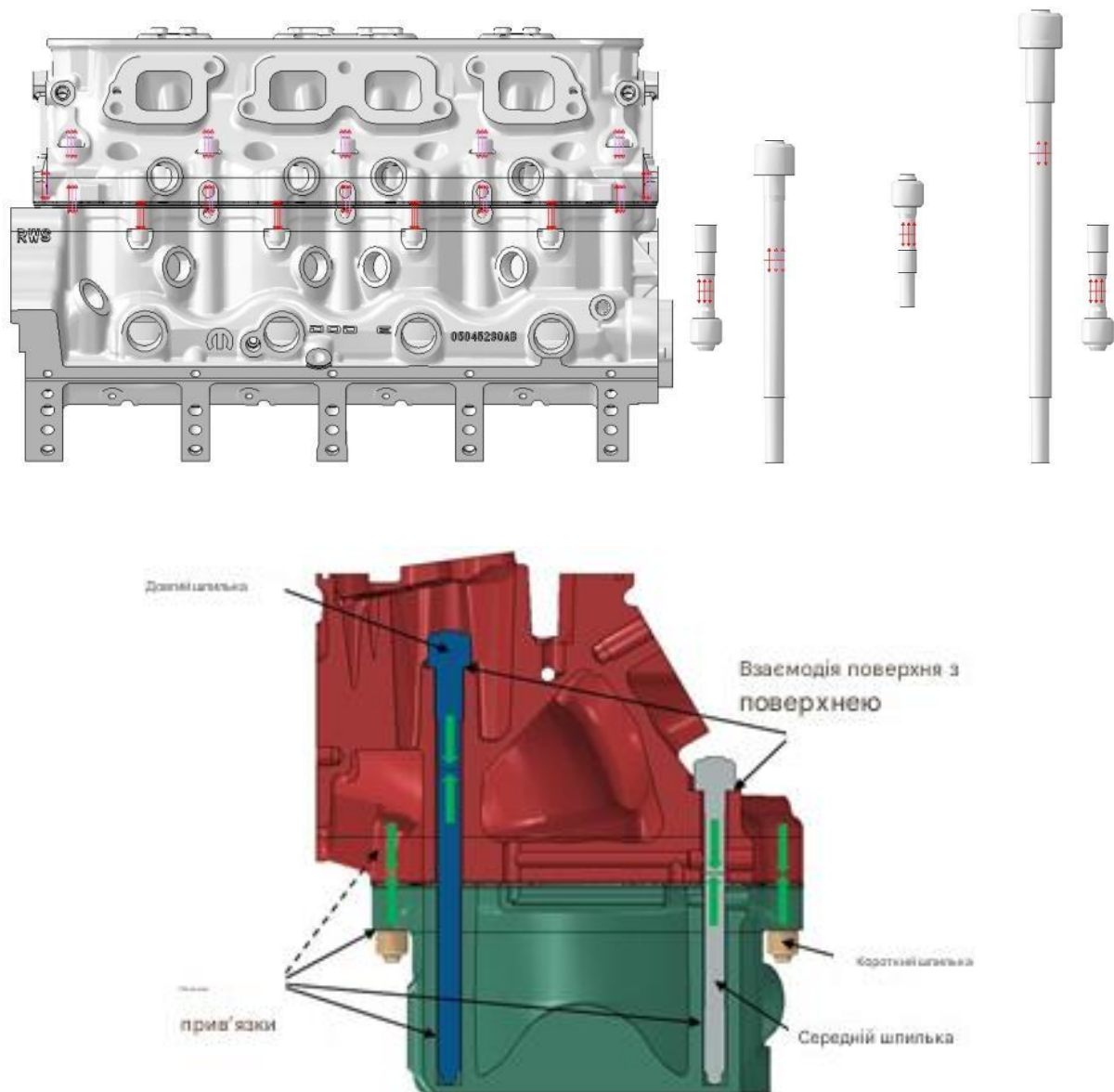


Рис. 4.3. Умови завантаження шпильок.

Ліворуч зображено загальний вигляд двигуна, праворуч — вид з торця з прихованим зображенням двигуна.

За умов нормальної експлуатації двигуна, під час його нагрівання, шпильки, що утримують головку циліндрів, також зазнають впливу температури. У результаті теплових навантажень на головку та блок двигуна спостерігається зниження сили попереднього натягу шпильок. Проведений аналіз із застосуванням цих сил показав, залишковий натяг шпильок становить лише 70-80% від їх початкового значення, зафіксованого в холодному стані.

Для проведення аналізу було визначено три окремі сценарії: попередній натяг шпильок у розмірі 100%, 80% і 70% від початкового рівня. Значення прикладених сил наведені в таблиці 4.1.

Окрім цього, через виявлені в попередніх дослідженнях деформації головки циліндрів, було вирішено додатково оцінити вплив коротких шпильок, розташованих у місцях із кутовим положенням 180° . Для випадку холодного натягу шпилькам призначали навантаження на рівні 0%, 50%, 100% і 150%. Розташування шпильок із варійованими натягами зображено на рисунку 4.4. Усі інші шпильки залишалися з незмінними значеннями натягу.

Таблиця 4.1. Значення прикладених сил.

Частина	Сила розтягу (Н)		
	100%	80%	70%
Довгі та середні шпильки	60700	48560	42490
Короткі шпильки	33360	26688	23352

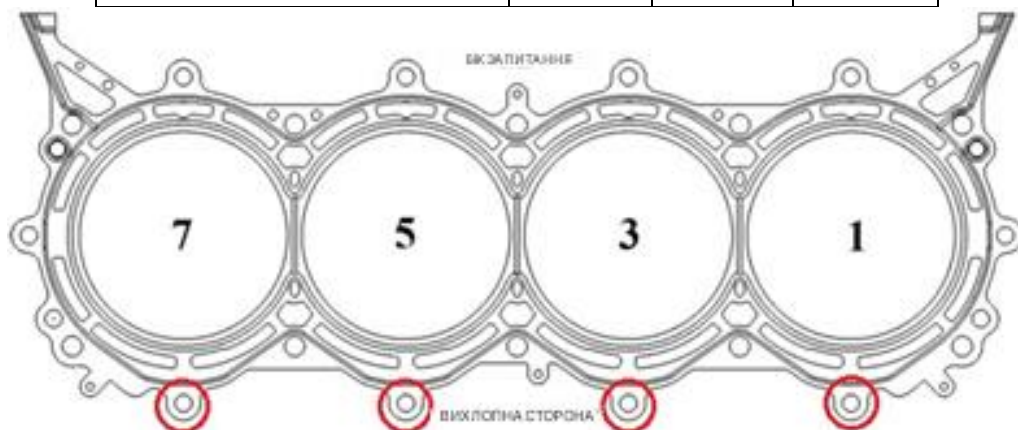


Рис. 4.4. Розташування шпильок із варійованими натягами.

Другий етап дослідження функціонування блоку двигуна полягає у введенні тиску в циліндр. За умов найбільшого тиску основними

компонентами, які підлягають впливу, є поверхня поршня, стінки циліндра, верхня площина блоку циліндрів і поверхні клапанів.

Якщо аналіз не враховує наявності клапанів, потрібно скоригувати значення тиску для забезпечення точного розподілу навантаження на верхню площину блоку циліндрів. Для цього необхідно визначити такі параметри: радіус циліндра, радіус площини впускного клапана та радіус площини випускного клапана. На основі цих даних і відповідної формули обчислюється кориговане значення тиску. Це значення має бути застосоване до верхньої площини блоку, якщо клапани не включені до моделювання. Зони, які піддаються додатковому тиску, виділені червоним кольором на рисунку 4.5.

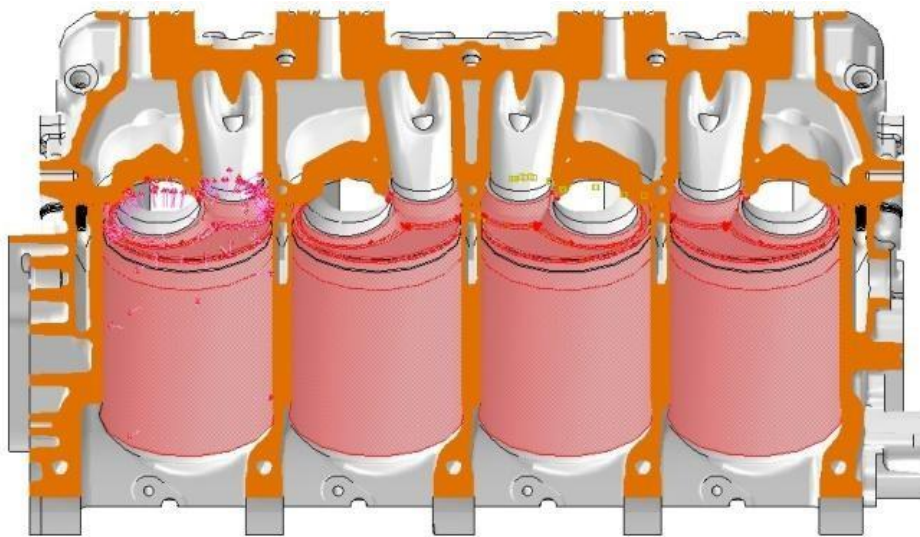


Рис. 4.5. Зони, які піддаються додатковому тиску.

На рисунку 4.6 представлено аналіз взаємодії для застосуванням напружень за критерієм фон Мізеса. Чорні стрілки вказують на ділянки, де спостерігаються значні пікові значення напружень, що рівномірно розподілені по всій конструкції. Такі концентрації напружень виникають у зонах розмежування, де елементи різного порядку взаємодіють між собою: поблизу верхньої площини блоку застосовуються квадратичні елементи, тоді як для решти об'єму головки та блоку використовуються лінійні елементи. На межах стику цих елементів формуються вільні вузли, які не можуть бути спільними для різнопорядкових елементів, що створює несумісність у моделях. [13]

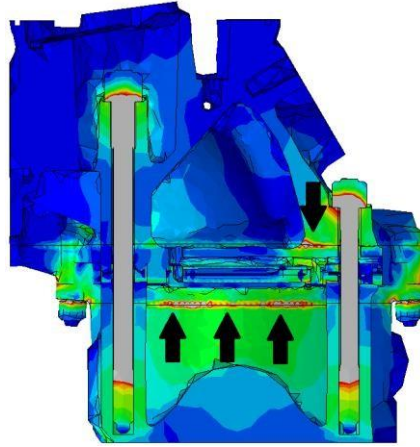


Рис. 4.6. Аналіз взаємодії для застосуванням напружень.

Поява піків тиску в цих ділянках є характерною особливістю подібних моделей. Оскільки аналіз зосереджений безпосередньо на поверхнях верхньої частини блоку, ці локальні сплески тиску не впливають на загальні результати або вимоги до аналізу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки під час автослюсарних робіт

При виконанні операцій з технічного обслуговування автомобіля, які передбачають роботу його двигуна, необхідно вихлопну трубу під'єднувати до системи витяжної вентиляції, а у разі її відсутності здійснити заходи з видалення з приміщення відпрацьованих газів.

При вивішуванні частини автомобіля, причепа, напівпричепа підйомними механізмами (домкратами, таями тощо) необхідно спочатку підставити під колеса, які не будуть підійматися, спеціальні упори (башмаки), потім вивісити автомобіль, підставити під вивішену частину спеціальні підставки (козелки) і опустити на них автомобіль.

Робота під піднятим автомобілем або його частиною без застосування підставок забороняється.

У разі необхідності допускається користуватися переносними світильниками напругою не більше 42 В. Переносні світильники повинні бути обладнані захисною сіткою та мати справний кабель з непошкодженою ізоляцією.

У зоні технічного обслуговування і ремонту автомобілів забороняється: виконувати роботи на робочих місцях, що не відповідають вимогам безпеки; миття вузлів, деталей, кузовів транспортних засобів, а також миття рук та чистка одягу бензином або іншими видами пального чи легкозаймистими матеріалами та рідинами; зберігати легкозаймисті речовини і горючі матеріали, кислоти, фарби тощо в кількості більше змінної потреби; проводити роботи з відкритим вогнем без спеціального дозволу і вжиття відповідних протипожежних заходів; заправляти автомобіль паливом; зберігати чисті обтиральні матеріали разом з використаними; захаращувати проходи між стелажми і виходи з приміщень матеріалами, обладнанням, тарою, знятими агрегатами тощо; зберігати відпрацьоване мастило, порожню тару з-під палива і мастильних матеріалів; при установці автомобіля на оглядову канаву перекривати основний і запасний виходи з неї; встановлювати автомобілі з

відкритими горловинами баків, а також при наявності витікання палива з паливної системи.

Ремонт, заміна підйомного механізму кузова автомобіля-самоскида, самоскидного причепа або доливання у нього масла повинні проводитися після установки під піднятий кузов спеціального додаткового упору, що виключає можливість його падіння чи самовільного опускання.

Перевіряти співвісність технологічних отворів на деталях та механізмах допускається тільки за допомогою відповідної конусної оправки. Перевіряти співвісність пальцями не допускається.

Зняті з автомобіля вузли та агрегати слід установлювати на спеціальні стійкі підставки, а довгі деталі – на стелажі.

При роботі пневматичним інструментом подавати повітря дозволяється після установки інструмента в робоче положення. Забороняється направляти струмінь повітря на себе або на інших. З'єднувати шланги пневматичного інструменту і роз'єднувати їх дозволяється тільки після відключення подачі повітря.

При перевірці в агрегатах рівня мастила, гальмівної рідини, палива тощо забороняється користуватися відкритим вогнем.

При заміні або доливанні мастила, палива чи гальмівної рідини, зливні і заливні пробки необхідно відкручувати і закручувати призначеним для цієї мети інструментом.

При використанні оглядової канави для роботи попереду і позаду автомобіля, а також для переходу через оглядову канаву необхідно користуватися перехідними містками. А для спуску в оглядову канаву та підйому з неї – спеціальними сходами.

Зняття і установку пружин необхідно виконувати спеціальними знімачами.

Випресовування і запресовування втулок, підшипників та інших деталей з щільною посадкою необхідно проводити з допомогою спеціальних пристосувань, пресів або молотків з мідними бойками.

Знімати і ставити ресори на автомобілях усіх конструкцій і типів необхідно тільки після їх розвантаження від маси кузова шляхом його

вивішування та установкою під піднятий край рами спеціальних підставок (козелків). Забороняється замість підставок використовувати підручні предмети або залишати машину на домкратах.

При запуску двигуна заводною рукояткою («кривим стартером») необхідно тримати її так, щоб всі пальці руки охоплювали рукоятку з однієї сторони.

При обкатці двигуна необхідно уникати контакту з його частинами, що обертаються.

Підйомник та домкрат повинні мати стопорні чи інші ефективні пристрої для обмеження ходу. Забороняється використовувати домкрати, у яких різь гвинта чи гайки зношена більше ніж на 20%.

При проведенні робіт з технічного обслуговування і ремонту автомобілів на газовому паливі необхідно: підняти капот для провітрювання; виконувати роботи зі зняття, установки і ремонту газової апаратури тільки за допомогою спеціальних пристроїв, інструменту та обладнання; агрегати газової апаратури дозволяється знімати тільки в охолоджену стані (при температурі поверхні деталей не вище $+60^{\circ}\text{C}$); перевіряти герметичність газової системи стиснутим повітрям, азотом або іншими інертними газами при закритих витратних і відкритому магістральному вентилях; запобігати забрудненню і механічним пошкодженням газового обладнання; кріпити шланги на штуцерах тільки хомутиками.

Регулювання приладів газопаливної системи безпосередньо на автомобілі слід проводити в окремому спеціально обладнаному приміщенні, ізолюваному від інших приміщень перегородками (стінами).

При проведенні технічного обслуговування і ремонту автомобілів, що працюють на газовому паливі, забороняється: підтягувати різьбові з'єднання і знімати з автомобіля деталі газової апаратури і газопроводи, які знаходяться під тиском; випускати стиснутий газ в атмосферу або зливати скраплений газ на землю; скручувати, сплющувати і перегинати шланги і трубки, використовувати замаслені шланги; встановлювати газопроводи кустарного виробництва; застосовувати додаткові важелі при відкриванні чи закриванні магістрального та витратних вентилів; використовувати для кріплення шлангів

дріт або інші предмети, оскільки для цього допускається використовувати виключно спеціальні хомути.

Під час роботи забороняється: працювати лежачи на підлозі (землі) без лежачка; виконувати будь-які роботи на автомобілі, вивішеному лише на підйомних механізмах (домкратах, телях тощо); підкладати під вивішений автомобіль замість підставок (козелків) диски коліс, ящики чи інші випадкові предмети; встановлювати домкрат на випадкові предмети або підкладати їх під плунжер домкрата; проводити технічне обслуговування і ремонт автомобіля при працюючому двигуні (за винятком окремих видів робіт, технологія проведення яких вимагає запуску двигуна); піднімати (вивішувати) автомобіль за буксирні пристосування (гаки) шляхом зачеплення за них тросами, ланцюгом або гаком підйомного механізму; працювати на несправному обладнанні, а також з несправними інструментами і пристосуваннями; залишати інструмент та деталі на автомобілі (рамі, агрегатах, підніжках, капоті тощо), краях оглядової канави; проводити ремонтні роботи під піднятим кузовом автомобіля-самоскида без попереднього його звільнення від вантажу та встановлення спеціального додаткового упору; використовувати випадкові підставки і підкладки замість спеціального додаткового упору, працювати з пошкодженими або неправильно встановленими упорами; запускати двигун і переміщати автомобіль при піднятому кузові; транспортувати агрегати на візках, які не обладнані пристосуваннями, що запобігають їх падінню чи скочуванню; повертати карданний вал за допомогою лома або монтажної лопатки; використовувати відкрите полум'я для розігріву двигунів та інших вузлів транспортних засобів (для цього слід використовувати гарячу воду); проводити заряджання акумуляторних батарей у приміщеннях, де проводяться ремонтні роботи та зберігаються автомобілі; переливати мастило, пальне, гальмівну рідину тощо шляхом засмоктування їх ротом; знімати з машини агрегати, вузли в той час, коли під машиною працюють люди.

5.2 Надзвичайні ситуації внаслідок аварій чи катастроф на транспорті

Необхідність транспорту в наш час не викликає жодного сумніву. Транспортні засоби мають великий позитивний вплив на економіку країни, створюють зручність і комфортність для людей. Розвиток транспорту, підвищення його ролі в житті людей супроводжується не тільки позитивним ефектом, а й негативними наслідками, зокрема високим рівнем аварійності транспортних засобів та дорожньо-транспортних подій (ДТП), а також тим, що будь-який транспортний засіб створює забруднення.

У світі щорічно внаслідок ДТП гине 250 тис. осіб, а приблизно у 30 разів більша кількість отримує травми. Закон України «Про дорожній рух» визначає правові та соціальні основи дорожнього руху, щоб захищати життя і здоров'я громадян, створювати безпечні й комфортні умови для учасників руху та охороняти навколишнє природне середовище. Цей закон регулює відносини у сфері дорожнього руху, встановлюючи відповідальність за порушення правил, що сприяє зниженню аварійності та підвищенню безпеки на дорогах. Він також вводить сучасні технологічні рішення та методи управління дорожнім рухом, що включають автоматизацію та моніторинг умов руху, що дозволяє ефективніше реагувати на надзвичайні ситуації та оптимізувати трафік.

Велике значення під час аварій має психологічний чинник, зокрема емоційний стрес. Для пасажирів, зовсім не підготовлених та не обізнаних із обставинами можливих аварій, цей чинник відіграє негативну роль. У таких ситуаціях важливу роль відіграє наявність ефективних психологічних та навчальних програм, що спрямовані на підготовку пасажирів та водіїв до дій у кризових ситуаціях. Це включає тренінги з кризового реагування, навчання методам самоконтролю та розвиток навичок емоційного впорядкування, що може значно знизити ризик панічних реакцій та підвищити шанси на безпечне поведіння під час ДТП.

Люди, які підготовлені, знають про можливі аварійні ситуації, а також про те, що робити у разі їх виникнення, припускаються менше помилок під час справжньої аварійної ситуації, що може врятувати їм життя. Наприклад, для

поїздки в легковому автомобілі необхідно пристібати ремені безпеки, відрегулювавши їх так, щоб пасажир був щільно притиснутий до сидіння. Окрім цього, важливо мати набір аварійних знаків, аптечку першої допомоги, а також вогнегасник, що може бути використаний у випадку пожежі. Водіям також рекомендується проходити регулярні тренінги з безпечного водіння та відвідувати курси першої допомоги, щоб бути готовими надати допомогу не тільки собі, але й іншим учасникам дорожнього руху в аварійних умовах.

Багаж слід розміщати в багажнику. Не допускати наявності в салоні гострих, колючих та різальних предметів. При транспортуванні великих предметів важливо забезпечити їх надійне кріплення, щоб уникнути їх переміщення або падіння під час різких маневрів або ударів. Завантажуючи багажник, слід враховувати розподіл ваги, щоб не перевантажувати автомобіль та зберегти правильну балансування, що сприяє кращій стійкості та керованості транспортного засобу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кожен розділ має чітке призначення і взаємозв'язок з іншими частинами дослідження, що дозволяє всебічно підійти до розглядуваних проблем і задач.

Загально-технічний розділ вводить у контекст функціонування сучасних автомобільних двигунів і розглядає вплив зносу деталей на ефективність агрегатів, що є критичним для визначення подальших напрямів дослідження і розробки.

Технологічний розділ деталізує процес розбирання двигуна, методи діагностики та усунення дефектів, що сприяє підвищенню якості ремонтних робіт і подовженню терміну служби агрегатів. [24]

Конструкторський розділ зосереджується на розробці спеціалізованого обладнання для ремонтних робіт, що дозволяє оптимізувати процеси та підвищити точність виконання робіт.

Науково-дослідний розділ містить теоретичне обґрунтування вибраних методів і практичне дослідження робочих характеристик двигуна, що дозволяє оцінити ефективність запропонованих рішень.

Розділ з охорони праці та безпеки наголошує на важливості дотримання норм безпеки під час ремонтних робіт і в надзвичайних ситуаціях, що забезпечує захист працівників та зниження ризику нещасних випадків.

Робота має значний практичний і теоретичний потенціал, що сприяє підвищенню ефективності автомобільної галузі та безпеки ремонтних процесів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
4. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
6. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
7. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
8. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
9. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
10. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
11. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258. (Scopus).

12. Sakhno, V.P., Yashchenko, D.M., Marchuk, R.M., Marchuk, N.M., Lyashuk, O.L.. Research of a truck train movement when driving semi-trailer by slow downing wheels of one axis pin on the mode. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering Open Access Volume 17, Issue 1, 1 January 2020, Pages 7749-7757 <https://www.scopus>.

13. Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. Lyashuk O., Stashkiv M., Lytvynenko Iaroslav, Sakhno V., Khoroshun R. CEUR Workshop Proceedings. 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2023. Ternopil 22 November 2023 до 24 November 2023. 3628, с. 370-381. <https://www.scopus>.

14. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

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

16. Comprehensive Assessment Of Technical Condition Of Vehicles During Operation Based On Harrington's Desirability Function. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hryniv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology Center. Ukraine. Том 1. Випуск 3(127), 2024. с. 37-46.

17. Rogatynskyi, R., Lyashuk, O., Hevko I., Horoshyn, R., & Shevchuk, V. (2023). Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 28, 115-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.11>

18. Ляшук О. Л., Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Хорошун Р. В., Кашканова Г. Г., Антонюк О. П. Модель проходження повороту автомобілем . Вісник машинобудування та транспорту, ВНТУ.- No2(18) 2023.- С. 91-97.

19. Синтез підвіски автотранспортних засобів/ І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, А.Й. Матвіїшин, Р.В. Хорошун/ Центральноукраїнський науковий вісник. Технічна наука. -№ 8(39)_I, 2023.-С. 153-164.

20. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). С 93-103.

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

22. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.

23. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Міронов, Л.М. Слободян, Р.М. Рогатинський Оптиміальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин Збірник наукових праць. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск № 8(39)_II. - Кропивницький. - 2023. - С. 175-189.

24. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

25. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).

26. Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.

27. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 1 :теоретичні основи. Технологія: підручник / В. Є.

Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К. : "Вища школа", 1994. – 342 с.

28. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Книга 2: організація, планування і управління : підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигиринець – К.: "Вища школа", 1994. – 383 с.