

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Оптимізація процесу ремонту автомобільних двигунів шляхом
удосконалення допоміжного обладнання»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-42сп

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Назар ЯРЕМА

(ім'я та прізвище)

Керівник: Ігор ДУФАНЕЦЬ

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113.066.

Ярема Н. В. Оптимізація процесу ремонту автомобільних двигунів шляхом удосконалення допоміжного обладнання. Дубляни, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025. 52 с.

Рисунок 12, бібл. посилань 32.

Мета і завдання роботи.

Метою цієї роботи є оптимізація процесу ремонту автомобільних двигунів шляхом удосконалення допоміжного обладнання, що використовуються на станціях технічного обслуговування (СТО).

Завдання роботи.

Провести аналіз існуючих типів допоміжного обладнання для ремонту автомобільних двигунів та виявити їх переваги і недоліки.

Розробити пропозиції щодо удосконалення конструкцій обладнання для підвищення ефективності ремонтних робіт.

Провести техніко-економічне обґрунтування розроблених рішень.

Оцінити можливість впровадження нових технологій та обладнання на СТО.

Розробити заходи з охорони праці при використанні нового обладнання.

Об'єкт і предмет дослідження.

Об'єктом дослідження є процес ремонту автомобільних двигунів на станціях технічного обслуговування, а також використовуване при цьому допоміжне обладнання.

Предметом дослідження є удосконалення допоміжного обладнання для ремонту автомобільних двигунів, а також методи і технології, які дозволяють підвищити ефективність ремонту за рахунок його оптимізації.

Методи дослідження.

Для досягнення поставленої мети та вирішення визначених завдань у роботі застосовуватимуться наступні методи дослідження:

Аналіз літературних джерел – для вивчення існуючих технологій ремонту автомобільних двигунів та характеристик допоміжного обладнання.

Метод порівняння – для порівняння ефективності існуючих конструкцій обладнання з пропонованими вдосконаленнями.

Метод моделювання – для створення моделей вдосконаленого допоміжного обладнання і прогнозування результатів його впровадження.

Техніко-економічний аналіз – для оцінки економічної ефективності запропонованих рішень.

Практичне значення роботи

Практичне значення дослідження полягає в тому, що розроблені на основі результатів роботи рекомендації з удосконалення допоміжного обладнання для ремонту автомобільних двигунів можуть бути застосовані на станціях технічного обслуговування. Вдосконалення конструкцій і технологій ремонту дозволить знизити час, необхідний для виконання ремонтних робіт, підвищити їх якість та точність, що в свою чергу призведе до збільшення продуктивності СТО і зменшення вартості обслуговування транспортних засобів. Це також сприятиме підвищенню рівня безпеки праці на ремонтних підприємствах та зниженню ризиків виникнення аварійних ситуацій при експлуатації автомобільних двигунів. Результати роботи можуть бути використані для впровадження на підприємствах автомобільного сервісу з метою підвищення їх конкурентоспроможності на ринку технічного обслуговування.

Ключові слова: ДВИГУН, РЕМОНТНІ РОБОТИ, ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ, БЕЗПЕКА, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 Огляд сучасних технологій ремонту автомобільних двигунів.	8
1.2 Проблеми, що виникають під час ремонту автомобільних двигунів при демонтажі форсунок.....	11
1.3 Аналіз існуючого допоміжного обладнання для демонтажу форсунок.....	15
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	22
2.1 Обґрунтування доцільності розробки пристрою для демонтажу форсунок.	22
2.2 Оцінка вимог до пристрою для демонтажу форсунок автомобільних двигунів.	24
2.3 Розробка пристрою для демонтажу форсунок.	27
2.4 Розрахунок елементів пристрою для демонтажу форсунок.	31
3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	35
3.1 Причини та періодичність демонтажу форсунок двигуна.....	35
3.2 Опис технологічного процесу демонтажу форсунок з допомогою розробленого пристрою.....	37
4.РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ	40
4.1 Оцінка ризиків та небезпек, пов'язаних із ремонтом двигунів.....	40
4.2 Рекомендації з охорони праці при використанні розробленого пристрою...	42
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	45
5.1 Оцінка витрат на впровадження пристрою для демонтажу форсунок.....	45
5.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження пристрою для демонтажу форсунок.....	47
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50

ВСТУП

В умовах сучасного розвитку автомобільної індустрії та зростання кількості транспортних засобів на дорогах, проблема ефективного та швидкого ремонту автомобільних двигунів набуває особливої актуальності. Станції технічного обслуговування (СТО), які займаються ремонтом та обслуговуванням автомобілів, постійно стикаються з необхідністю оптимізації своїх виробничих процесів, що включає як поліпшення технологій ремонту, так і удосконалення допоміжного обладнання. Одним з ключових елементів, що впливають на ефективність та якість ремонтних робіт, є використання спеціалізованих пристроїв і інструментів, які сприяють значному зменшенню часу на виконання робіт і підвищенню їх точності.

Проте, незважаючи на значний розвиток технічного оснащення в автомобільній сфері, існуюче допоміжне обладнання для ремонту двигунів не завжди відповідає сучасним вимогам, що включають зручність експлуатації, надійність, економічну ефективність та безпеку для оператора. Крім того, більшість існуючих рішень не враховує повною мірою всі аспекти, що сприяють зменшенню виробничих витрат та підвищенню продуктивності на СТО.

У зв'язку з цим, удосконалення конструкцій допоміжного обладнання для ремонту автомобільних двигунів є важливим напрямком у підвищенні ефективності ремонту транспортних засобів. Впровадження нових або модернізація існуючих пристроїв дозволить значно скоротити час на виконання ремонтних робіт, підвищити точність обробки деталей і зменшити кількість дефектів, що виникають під час ремонту. Також, це дозволить значно знизити витрати на експлуатацію та забезпечити високий рівень безпеки при виконанні ремонтних операцій.

Метою цієї роботи є оптимізація процесу ремонту автомобільних двигунів через удосконалення допоміжного обладнання на станціях технічного обслуговування. У роботі буде проведено аналіз існуючих конструкцій допоміжного обладнання, розглянуто можливості його модернізації та оцінено техніко-економічну доцільність впровадження нових технологій.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Огляд сучасних технологій ремонту автомобільних двигунів.

Автомобільні двигуни є одними з найскладніших та найбільш технологічно розвинених механізмів у транспортних засобах, що зумовлює високу складність їх ремонту та технічного обслуговування. Ремонтні технології, що використовуються для відновлення робочих характеристик двигунів, повинні відповідати сучасним вимогам щодо точності, швидкості виконання робіт, економічної ефективності та безпеки. У цьому контексті особливу роль відіграють новітні підходи та технічні рішення, що застосовуються на станціях технічного обслуговування (СТО) для ремонту автомобільних двигунів.

Сучасні технології ремонту автомобільних двигунів можна умовно поділити на кілька основних категорій: діагностика, відновлення окремих вузлів, модернізація та поліпшення експлуатаційних характеристик, а також заміна зношених деталей. Кожен із цих етапів вимагає застосування спеціалізованого обладнання та інструментів, що дозволяє досягати необхідної точності та ефективності при виконанні ремонтних робіт.



Рисунок 1.1. Стенд для перевірки дизельних форсунок.

Діагностика. На сьогоднішній день для діагностики використовуються як традиційні методи, такі як вимірювання параметрів роботи двигуна, так і сучасні цифрові технології, зокрема бортові комп'ютери та спеціалізовані програмні продукти, що дозволяють виявляти навіть найменші дефекти в роботі двигуна (див. Рисунок 1.1.) Завдяки цьому можна значно знизити кількість неефективних або помилкових ремонтів.

Відновлення окремих вузлів двигуна. Однією з основних технологій є відновлення поверхонь циліндрів, поршнів, клапанів та інших елементів, що піддаються зносу. Сучасні технології механічної обробки, зокрема гальванічне покриття, гідростатичне точення, а також використання спеціальних матеріалів, дозволяють відновлювати функціональність навіть сильно зношених компонентів. Окрім цього, активно використовуються технології наплавлення та пайки для відновлення деталей, що зазнали значних пошкоджень.

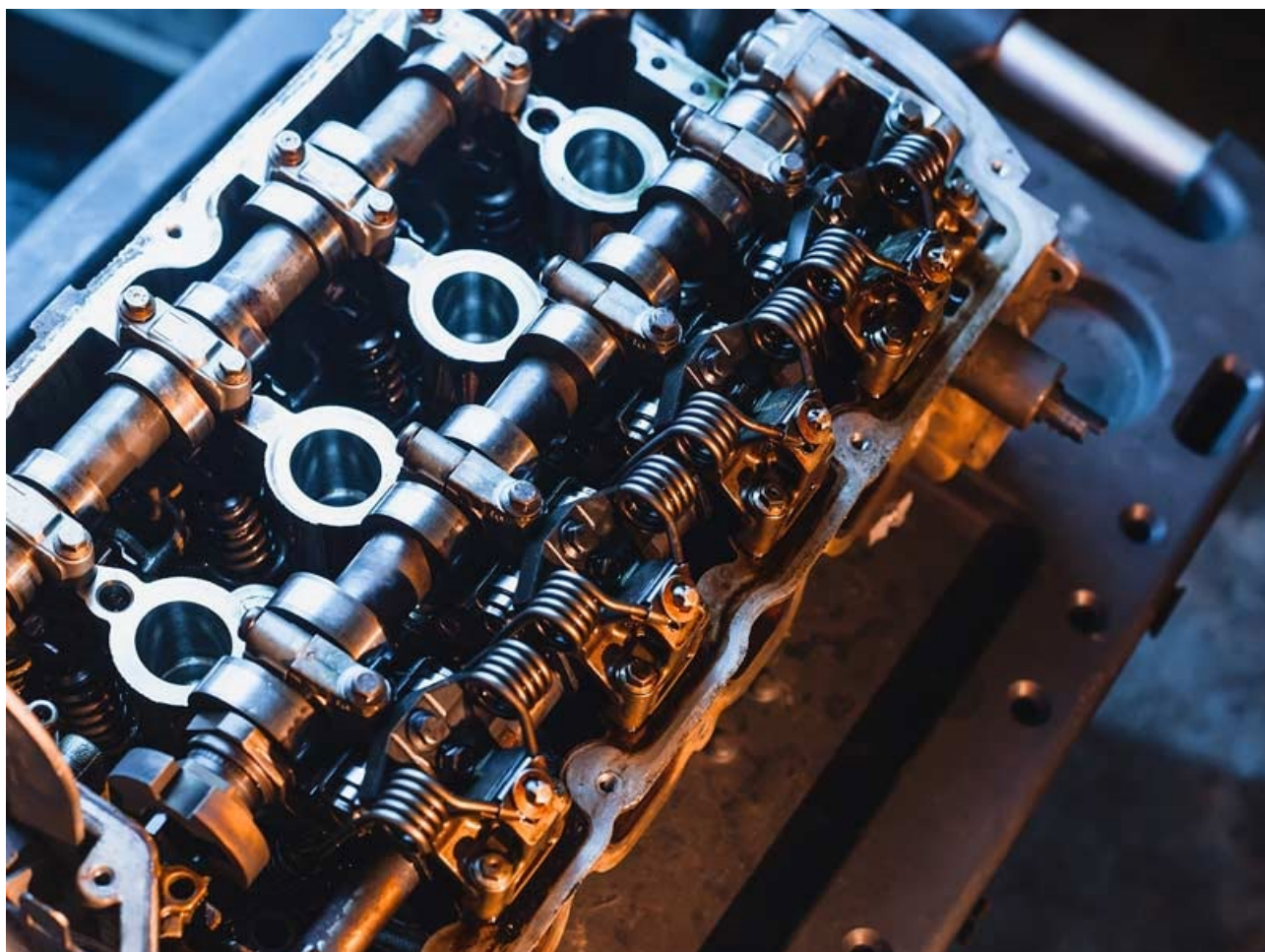


Рисунок 1.2. Процес ремонту двигуна.

Модернізація двигунів. Модернізація двигунів полягає в підвищенні їх потужності та ефективності шляхом заміни або покращення певних елементів, таких як система впорскування пального, турбонаддув, системи охолодження та змащення. Це дозволяє не тільки підвищити ефективність роботи двигуна, але й знизити його витрати пального, а також скоротити шкідливі викиди в атмосферу.

Заміна зношених деталей. У випадках, коли відновлення деталей є неможливим, проводиться їх заміна на нові або відновлені. Це дозволяє забезпечити надійність і тривалу експлуатацію двигуна. Заміна таких ключових компонентів, як підшипники, поршні, клапани, камери згорання, є важливим етапом ремонту двигуна, що також потребує використання високотехнологічного обладнання для точності монтажу.

Значний вплив на ефективність ремонту мають новітні матеріали, що використовуються при виготовленні та відновленні деталей двигуна. Сучасні композитні матеріали, а також сплави з підвищеними антикорозійними та термостійкими властивостями дозволяють значно збільшити термін служби двигуна після ремонту. Наприклад, використання твердих сплавів для поршнів, сталей високої міцності для валів, а також спеціальних зносостійких покриттів для циліндрів дозволяє зменшити зношування деталей під час експлуатації та покращити загальні характеристики роботи двигуна.

Технології відновлення силових агрегатів автомобіля включають в себе не лише механічні процеси, але й хімічні. Одним з таких методів є хімічне відновлення за допомогою спеціальних хімічних речовин, що дозволяють відновити зношені поверхні та покращити їх фізико-хімічні характеристики. Наприклад, при відновленні поршнів та циліндрів використовуються спеціальні антифрикційні покриття, що знижують тертя та підвищують зносостійкість.

Ще одним важливим напрямком є термічна обробка деталей двигунів, що дозволяє покращити їх властивості, зокрема твердість та стійкість до перегріву, а також покращити зварювальні характеристики при ремонті критичних компонентів, таких як блоки двигунів або головки циліндрів.

Надзвичайно важливим досягненням сучасних технологій ремонту є автоматизація та роботизація процесів ремонту. Системи автоматичного контролю та моніторингу роботи двигунів дозволяють забезпечити точність та швидкість виконання ремонтних робіт. Зокрема, для відновлення поверхонь використовуються автоматизовані установки для точення, шліфування та полірування, що дозволяють досягати високої точності обробки.

Сучасні технології ремонту автомобільних двигунів сприяють значному покращенню якості ремонтних робіт, зниженню часу їх виконання та підвищенню надійності автомобілів. Впровадження новітніх технологій, таких як автоматизація, використання сучасних матеріалів і систем діагностики, дозволяє досягти високих результатів у сфері технічного обслуговування. Ці досягнення значно покращують ефективність СТО та забезпечують більшу безпеку і економічність у процесі ремонту двигунів.

1.2 Проблеми, що виникають під час ремонту автомобільних двигунів при демонтажі форсунок.

Ремонт автомобільних двигунів є складним процесом, що вимагає не лише високої кваліфікації персоналу, а й наявності спеціалізованого обладнання для виконання точних і безпечних операцій. Одним із ключових етапів ремонту є зняття форсунок, які є критичними елементами системи впорскування пального. Порушення їх роботи може негативно позначитися на загальній ефективності двигуна, що робить цей етап особливо важливим у загальному процесі ремонту [1,2].

Однак, незважаючи на важливість цієї операції, зняття форсунок часто супроводжується рядом проблем, що ускладнюють весь процес ремонту. Заклинювання форсунок, їх механічні пошкодження, корозія посадочних місць, а також неправильний підбір інструментів можуть призвести до того, що навіть досвідчений механік зіткнеться з труднощами. Такі ситуації значно подовжують

час ремонту та збільшують витрати на відновлення або заміну деталей, що негативно позначається на загальній економічній ефективності ремонтних робіт.

Однією з найбільших проблем, яка виникає під час зняття форсунок, є їх заклинювання або «прикипання» до посадкового місця через накопичення корозії. Форсунки піддаються значним температурним та механічним навантаженням, що з часом призводить до утворення на них корозійних відкладень, які утруднюють процес їх вилучення. У таких випадках навіть найсучасніші механічні пристрої для зняття можуть бути малоефективними, що вимагає застосування пневматичних або гідравлічних знімників, що працюють із значно більшими зусиллями. Однак навіть в таких ситуаціях можливі труднощі, оскільки застосування надмірної сили може призвести до пошкодження як самих форсунок, так і їх посадочних місць, що є дуже дорогим і складним процесом відновлення.

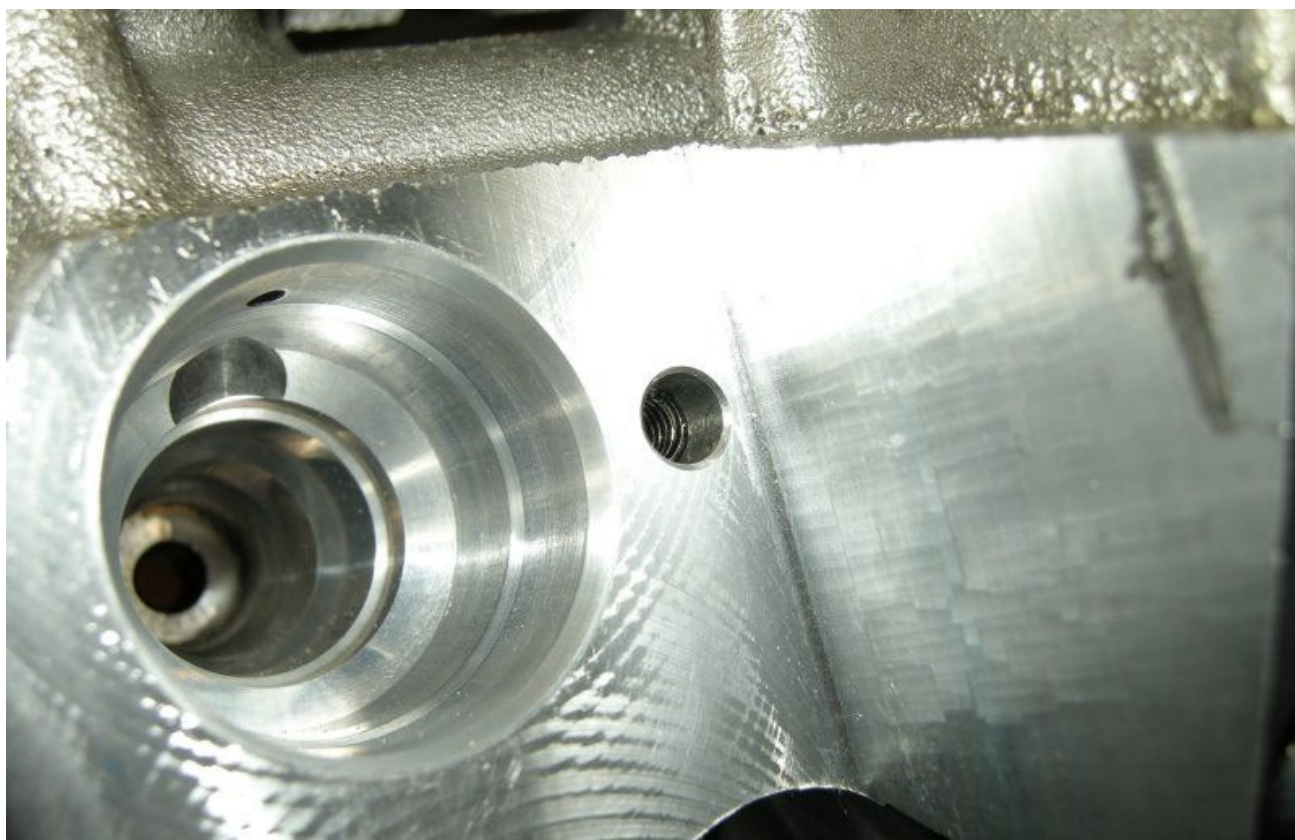


Рисунок 1.3. Відновлене посадкове місце форсунки.

Пошкодження посадкових місць форсунок також є дуже поширеною проблемою. Якщо інструменти не налаштовані або не підібрані відповідно до вимог, сила, яка застосовується до форсунки під час демонтажу, може спричинити пошкодження корпусу або навіть деформацію посадкового місця. Це може призвести до виникнення витоків пального, що в свою чергу значно знижує ефективність роботи двигуна. Пошкодження посадочного місця форсунки призводить до необхідності в додаткових витратах на ремонт, а також до тривалих тимчасових витрат на відновлення герметичності.

Іншою серйозною проблемою є низька якість самих форсунок або їх знос. Форсунки, що експлуатуються тривалий час, можуть втратити свою первісну ефективність через забруднення або фізичне зношування. Зазвичай зношені форсунки потребують заміни, оскільки навіть найсучасніші методи відновлення не завжди здатні повернути їхні характеристики до заводських норм. Це не тільки ускладнює зняття форсунок, а й робить необхідним більш інтенсивний процес очищення та попередньої діагностики.



Рисунок 1.4. Форсунки автомобільного двигуна.

При знятті форсунок можуть виникати проблеми, пов'язані з різноманітністю конструкцій двигунів. Кожна модель автомобіля може мати свої специфікації, що стосуються типу форсунок, їх розташування та посадкових місць. Це вимагає використання різних інструментів для демонтажу, що додає труднощів у виборі відповідного обладнання для кожного конкретного випадку. Наприклад, на одному двигуні може бути використано декілька форсунок, які мають різну конструкцію, а для їх демонтажу необхідно застосовувати окремі інструменти.

Загалом, робота з форсунками різних типів і конструкцій є непростю задачею для механіків, оскільки кожна марка та модель двигуна вимагає індивідуального підходу і точного налаштування інструментів. Тому для виконання цієї операції часто потрібне використання універсальних знімників, що можуть бути налаштовані під різні типи форсунок. У той самий час висока вартість спеціалізованих інструментів для різних моделей двигунів може стати серйозною економічною перепорою для автосервісів середнього рівня.

Складність виконання ремонту також полягає в тому, що в більшості випадків для зняття форсунок необхідно демонтувати кілька інших компонентів двигуна, таких як колектори, трубопроводи, електричні з'єднання. Це ускладнює доступ до форсунок і збільшує час, необхідний для виконання роботи [3]. В процесі демонтажу можуть бути пошкоджені інші деталі, що вимагає додаткових витрат часу на їх заміну або ремонт.

Особливе значення має кваліфікація персоналу, адже низька підготовка техніків може призвести до неправильно вибраного інструменту або неправильного застосування сили, що призводить до пошкоджень компонентів. Наприклад, надмірне застосування сили під час демонтажу форсунки може призвести до її деформації або до пошкодження посадкового місця в головці циліндра. Для уникнення таких помилок необхідне регулярне навчання персоналу та впровадження чітких інструкцій і стандартів роботи.

Ще однією проблемою, яка виникає при ремонті з зняттям форсунок, є висока вартість спеціалізованого обладнання. Пневматичні і гідравлічні системи,

які використовуються для демонтажу форсунок, мають значну вартість, а їх обслуговування і налаштування потребують додаткових витрат. Ці інструменти можуть бути недоступними для невеликих СТО, що змушує їх використовувати менш ефективні механічні пристрої. Вартість інструментів і витратних матеріалів може стати значним економічним бар'єром, особливо для малих ремонтних підприємств.

Загалом, хоча зняття форсунок є необхідною частиною ремонту двигуна, цей процес супроводжується численними труднощами, які вимагають використання високоякісного інструменту, кваліфікованого персоналу та наявності відповідного обладнання для успішного виконання робіт. Вирішення цих проблем вимагає комплексного підходу, який включає в себе правильний підбір інструментів, регулярну діагностику стану форсунок і двигунів, а також постійне вдосконалення навичок механіків для забезпечення високої якості виконуваних ремонтів.

1.3 Аналіз існуючого допоміжного обладнання для демонтажу форсунок.

Демонтаж форсунок є однією з найбільш відповідальних операцій у процесі ремонту автомобільних двигунів, оскільки ці елементи є важливою частиною системи впорскування пального. Неправильний демонтаж або використання неналежного інструменту може призвести до серйозних пошкоджень форсунок, корпусу двигуна чи інших компонентів. Для забезпечення правильного та безпечного демонтажу форсунок необхідно використовувати спеціалізовані пристрої, які дозволяють виконувати ці операції з мінімальними ризиками для інших деталей двигуна.

Форсунки є важливим елементом системи впорскування пального в двигунах внутрішнього згоряння. Вони піддаються великим механічним та тепловим навантаженням, що може призвести до їх зносу, корозії або заклинювання. Демонтаж форсунок є складною операцією, яка вимагає

застосування спеціальних інструментів та пристроїв, що дозволяють вивести форсунки з їх посадкових місць без ризику пошкодження деталей.

Пристрої для демонтажу форсунок мають кілька важливих характеристик:

Безпека: забезпечення безпечного витягування форсунок без пошкодження самих форсунок або інших компонентів двигуна.

Точність: необхідність точного впливу на форсунку для її виведення, без перекосу чи перевантаження.

Зручність та ефективність**: спрощення процесу демонтажу і скорочення часу ремонту.

Універсальність: здатність пристроїв працювати з різними моделями двигунів і типами форсунок.

Для досягнення цих характеристик використовуються різні типи пристроїв, що можна розділити на механічні, пневматичні та гідравлічні інструменти.

Механічні пристрої для демонтажу форсунок є найбільш доступними і використовуються для роботи з двигунами, де форсунки не заклинили або не піддаються сильному зношенню. Такі пристрої зазвичай представляють собою спеціалізовані ключі або знімники, які дозволяють за допомогою ручної сили витягнути форсунку з її посадкового місця.



Рисунок 1.5. Знімач дизельних форсунок Common Rail Bosch.

Механічні пристрої часто виготовляються у вигляді:

Ручних знімників. Ці пристрої мають спеціальні насадки, що притискають форсунку з усіх боків і забезпечують її рівномірне витягування.

Ключі для форсунок, що дозволяють застосовувати важіль для збільшення сили впливу, необхідної для витягування форсунки.

Переваги механічних пристроїв:

Висока доступність та низька вартість.

Проста конструкція, що не потребує складного обслуговування.

Можливість використання на більшості типів двигунів.

Недоліки:

Обмежена ефективність при заклинюванні форсунок або їх сильному зношуванні.

Ризик пошкодження форсунок або їх посадкових місць при недостатній точності застосування сили.

Відсутність можливості регулювання сили впливу, що може призвести до пошкодження деталей.



Рисунок 1.6. Механічний знімач форсунок 1.9 dCi F9Q.

Пневматичні пристрої для демонтажу форсунок використовують стиснене повітря для створення потужного імпульсу, який сприяє витягуванню форсунки. Пневматичні інструменти забезпечують більш точний та контрольований процес

демонтажу в порівнянні з механічними пристроями, що дозволяє знизити ризик пошкоджень.

Такі пристрої включають:

Пневматичні знімники для форсунок, що забезпечують поступове і рівномірне витягування за допомогою стисненого повітря.

Пневматичні ключі, які можуть бути використані для підвищення ефективності демонтажу за допомогою швидкого застосування сили.

Переваги пневматичних пристроїв:

Висока ефективність при демонтажі форсунок, навіть якщо вони сильно заклинили.

Можливість точного контролю сили, що застосовується до форсунки.

Зниження фізичних зусиль оператора, що важливо при великих обсягах робіт.



Рисунок 1.7. Знімач форсунок для дизельних двигунів King Tony 9AN021.

Недоліки:

Вища вартість у порівнянні з механічними пристроями.

Потреба в наявності пневматичної системи на СТО, що може бути додатковим витратом.

Підвищена потреба в технічному обслуговуванні пневматичних інструментів.



Рисунок 1.8. Пневматичний молоток для демонтажу дизельних форсунок КНАММ.

Гідравлічні пристрої для демонтажу форсунок забезпечують ще більшу силу і точність впливу порівняно з пневматичними інструментами. Вони зазвичай застосовуються в умовах, де форсунки сильно заклинили або мають серйозні пошкодження, що ускладнює їх демонтаж стандартними методами.

Гідравлічні пристрої можуть бути виконані у вигляді:

Гідравлічних знімників, що використовують гідравлічну силу для відокремлення форсунки від її посадочного місця.

Гідравлічних пресів, які застосовуються для витягування форсунок при сильному застряганні.

Переваги гідравлічних пристроїв:

Можливість витягування форсунок з високим зусиллям без ризику пошкодження.

Висока точність і контроль над процесом демонтажу.

Велика ефективність при роботі з сильно заклиненими форсунками.

Недоліки:

Висока вартість і потреба в гідравлічній системі.

Потреба в регулярному технічному обслуговуванні обладнання.

Великі розміри пристроїв, що можуть вимагати більше місця для встановлення.



Рисунок 1.9. Гідравлічний циліндр для зняття дизельних форсунок.

Існуючі пристрої для демонтажу форсунок мають свої переваги та недоліки, що безпосередньо впливають на ефективність їх використання в умовах СТО.

1. Механічні пристрої прості в експлуатації, проте мають обмеження за ефективністю при складних випадках заклинювання форсунок або їх корозії. Вони найкраще підходять для ремонту двигунів, що не потребують великих сил при демонтажі форсунок.

2. Пневматичні пристрої забезпечують вищу ефективність і точність, що робить їх кращим вибором для більш складних випадків, однак їх вартість та потреба в пневматичній системі може обмежити їх використання для малих СТО.

3. Гідравлічні пристрої є найбільш потужними і ефективними для демонтажу форсунок, однак їх висока вартість та потреба в обслуговуванні можуть стати перешкодою для їх широкого застосування.

Зважаючи на вищезазначені недоліки, одним з напрямків розвитку є вдосконалення існуючих пристроїв для демонтажу форсунок. Це може включати:

Розробку універсальних пристроїв, здатних працювати з різними типами форсунок та двигунів.

Зниження вартості пневматичних та гідравлічних пристроїв шляхом використання доступніших матеріалів і удосконалення виробничих процесів.

Впровадження автоматизованих та роботизованих систем для демонтажу форсунок, що дозволить зменшити людський фактор і підвищити точність виконання робіт.

Пристрої для демонтажу форсунок є важливим інструментом в ремонті автомобільних двигунів. Механічні, пневматичні та гідравлічні пристрої мають різні характеристики, що робить їх ефективними в різних умовах [4]. Однак для досягнення максимальної ефективності необхідно вибирати інструменти відповідно до типу двигуна, умов експлуатації та доступного бюджету. Подальше вдосконалення пристроїв для демонтажу форсунок дозволить значно поліпшити процес ремонту, підвищити точність і скоротити час, необхідний для виконання робіт.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування доцільності розробки пристрою для демонтажу форсунок.

Ремонт автомобільних двигунів є складним процесом, що вимагає використання високоякісних інструментів і спеціалізованих пристроїв для виконання точних операцій. Одним із важливих етапів цього процесу є демонтаж форсунок, оскільки ці компоненти відповідають за точність впорскування пального, і неправильне їх зняття може призвести до серйозних проблем з роботою двигуна, зниження його потужності та ефективності. Сьогодні на ринку існує кілька видів інструментів для демонтажу форсунок, серед яких пневматичні, гідравлічні та механічні пристрої. Проте, попри значну кількість існуючих варіантів, механічні пристрої залишаються найбільш доступними та ефективними з економічної точки зору, що робить розробку нових механічних інструментів надзвичайно актуальною.

Існуючі механічні пристрої для демонтажу форсунок мають свої переваги та недоліки. Однак, більшість з них мають певні обмеження, зокрема, недостатню потужність для ефективного демонтажу сильно застряглих форсунок або обмежену універсальність для роботи з різними типами двигунів. Це призводить до того, що багато СТО змушені використовувати пневматичні або гідравлічні системи, які вимагають значних витрат на придбання та обслуговування. У свою чергу, механічні пристрої здатні забезпечити доступність, простоту в обслуговуванні та економічну ефективність, однак вони часто не здатні працювати з форсунками, які сильно прикипіли до посадочних місць.

Розробка нових механічних пристроїв для демонтажу форсунок дозволяє не лише підвищити ефективність ремонту, але й знизити загальні витрати на обслуговування. Механічні пристрої, на відміну від пневматичних або гідравлічних, не потребують дорогих додаткових систем та підключень, що

робить їх більш доступними для малих і середніх СТО. Крім того, механічні пристрої можуть бути виготовлені з менш витратних матеріалів і мають менші вимоги до обслуговування. Зокрема, такі пристрої можуть забезпечити точне і контрольоване застосування сили, що дозволить уникнути пошкодження форсунок або посадочних місць, що часто відбувається при використанні традиційних механічних інструментів, що не забезпечують такого контролю [5].

Застосування механічних пристроїв для демонтажу форсунок також дозволяє досягти високої універсальності. Різноманіття конструкцій двигунів і форсунок вимагає інструментів, які можуть працювати з різними типами посадочних місць і конструкцій. Механічні пристрої можуть бути розроблені таким чином, щоб бути адаптивними до різних конструкцій двигунів, що дозволяє використовувати їх для обслуговування широкого спектра автомобілів. Це, в свою чергу, підвищує ефективність робочого процесу на СТО, оскільки одне пристосування може працювати з кількома моделями двигунів, зменшуючи потребу в закупівлі великої кількості спеціалізованих інструментів.

Однією з ключових переваг механічних пристроїв є їх простота в експлуатації. Вони не потребують складних налаштувань або специфічного обслуговування, що робить їх зручними для використання навіть на тих СТО, де працюють менш досвідчені механіки. Механічні пристрої дозволяють виконувати демонтаж форсунок за короткий час, що зменшує загальний час ремонту і підвищує продуктивність роботи станції технічного обслуговування. Це особливо важливо для малих підприємств, де кожен додатковий крок економії часу має суттєве значення для підвищення ефективності роботи та збільшення кількості обслугованих автомобілів.

Механічні пристрої також забезпечують зниження ризику пошкоджень під час виконання робіт. Пневматичні та гідравлічні системи, хоч і є дуже ефективними, однак потребують більшого контролю під час використання. При недостатньому досвіді оператора це може призвести до занадто великого застосування сили, що викликає пошкодження форсунок або посадочних місць.

Механічні пристрої з точним регулюванням сили дозволяють зменшити ці ризики і забезпечити більш безпечний та контрольований процес демонтажу форсунок. Розробка механічного пристрою для демонтажу форсунок дозволить значно знизити витрати на обслуговування та ремонт. Оскільки ці інструменти простіші у виробництві та обслуговуванні, вони мають значно нижчу вартість порівняно з більш складними пневматичними та гідравлічними пристроями. Це дозволяє СТО знизити загальні витрати на обладнання та інструменти, що є особливо важливим для підприємств з обмеженим бюджетом.

Таким чином, доцільність розробки механічного пристрою для демонтажу форсунок є очевидною. Такий пристрій дозволяє забезпечити високу ефективність, зниження витрат на обслуговування та підвищення безпеки та точності виконання робіт. Механічний пристрій для демонтажу форсунок стане корисним інструментом для станцій технічного обслуговування, оскільки забезпечить доступність, універсальність і ефективність ремонту, що є важливими чинниками для успішної діяльності будь-якого автосервісу.

2.2 Оцінка вимог до пристрою для демонтажу форсунок автомобільних двигунів.

Розробка пристрою для демонтажу форсунок автомобільних двигунів вимагає детального аналізу технічних вимог, що забезпечать високу ефективність, безпеку та універсальність використання такого інструменту. Оскільки форсунки є важливими компонентами системи впорскування пального, демонтаж яких має значний вплив на подальшу роботу двигуна, до пристрою пред'являються високі вимоги щодо точності виконання операцій, надійності в роботі, а також простоти використання і обслуговування.

Одна з основних вимог до пристрою для демонтажу форсунок — це здатність забезпечити точне та контрольоване застосування сили під час операції. Форсунки можуть бути дуже щільно встановлені в свої посадкові місця, що вимагає від інструменту можливості рівномірного розподілу сили для їх

витягування без ризику деформації посадочних місць або самих форсунок. Надмірна сила, яка застосовується до форсунки, може призвести до її пошкодження, а також до негативних наслідків для інших компонентів двигуна. Тому пристрій повинен мати можливість регулювання сили впливу, що дозволить зберегти точність і уникнути пошкоджень.

Іншою важливою вимогою є універсальність пристрою. Сучасні автомобільні двигуни мають різні конструктивні особливості, і форсунки можуть бути розташовані по-різному, мати різні типи з'єднань та посадкових місць. Тому пристрій для демонтажу форсунок має бути здатний працювати з різними моделями автомобілів, що вимагатиме адаптивних механізмів для налаштування інструменту під конкретні типи форсунок. Це дасть змогу знизити витрати на обслуговування і закупівлю декількох інструментів для різних марок двигунів, а також підвищить ефективність і універсальність роботи станцій технічного обслуговування.

Крім того, пристрій має бути достатньо потужним, щоб ефективно витягувати форсунки, навіть якщо вони сильно прикипіли або заклинили внаслідок корозії чи іншого зношування. Форсунки, що піддаються корозії, можуть бути складними для демонтажу, і для їх ефективного вилучення необхідна велика сила. Водночас пристрій має зберігати точність виконання операцій і не створювати небезпеки для інших деталей двигуна або самого інструменту. Таким чином, потрібна оптимізація сили, яку пристрій може застосовувати для зняття форсунки без негативних наслідків для двигуна [7].

Безпека є ще однією критично важливою вимогою. Операція з демонтажу форсунок повинна виконуватися в безпечних умовах як для оператора, так і для самого обладнання. У разі неправильного використання або неконтрольованого застосування сили можуть виникнути травми або пошкодження автомобіля. Для забезпечення безпеки конструкція пристрою повинна включати обмежувачі або захисні механізми, що дозволяють мінімізувати ризик несанкціонованого руху або пошкодження під час роботи. Крім того, пристрій повинен мати простоту в

обслуговуванні та налаштуванні, що забезпечить його безпечну експлуатацію та тривалу службу.

Ще одним важливим аспектом є зручність і ергономічність пристрою. Для механіків, які працюють із численними автомобілями, важливо, щоб інструмент був легким у використанні і не вимагав значних фізичних зусиль. Це дозволить зменшити час, необхідний для виконання демонтажу, і підвищити продуктивність. Крім того, пристрій повинен мати компактні розміри і бути достатньо легким, щоб його можна було використовувати в обмежених просторах двигуна без зайвих труднощів. Не менш важливим є економічний аспект розробки пристрою. Механічний пристрій для демонтажу форсунок повинен бути виготовлений з матеріалів, які забезпечують оптимальний баланс між вартістю та міцністю. Вартість пристрою має бути доступною для широкого кола користувачів, особливо для малих СТО, де кожна витрачена гривня має значення. Таким чином, важливо, щоб пристрій мав довговічність, не вимагав частих витрат на обслуговування та був доступним за ціною при збереженні високої якості.

Для успішної роботи пристрою необхідна здатність до адаптації. З огляду на різноманіття типів двигунів та форсунок, пристрій має бути спроектований таким чином, щоб дозволити легку настройку для роботи з різними моделями автомобілів. Це може включати можливість змінювати насадки, застосовувати різні типи затискачів або мати інші адаптивні компоненти для покращення сумісності з різними марками двигунів.

Таким чином, пристрій для демонтажу форсунок автомобільного двигуна повинен відповідати ряду вимог, серед яких точність застосування сили, універсальність, висока потужність для ефективного зняття форсунок, безпека, зручність в експлуатації та обслуговуванні, економічність і адаптивність до різних моделей двигунів. Розробка такого пристрою дозволить значно покращити ефективність і швидкість ремонту, знизити витрати на обслуговування, підвищити безпеку і зручність роботи на станціях технічного

обслуговування, а також зробить процес ремонту більш доступним для автосервісів різного рівня.

2.3 Розробка пристрою для демонтажу форсунок.

Розробка механічного пристрою для демонтажу форсунок автомобільних двигунів є складним та важливим процесом, що вимагає ретельного підходу на кожному етапі роботи. Форсунки є критичними компонентами системи впорскування пального, тому їх правильне зняття має велике значення для забезпечення належної роботи двигуна. Пошкодження форсунки або посадочного місця під час демонтажу може призвести до серйозних проблем в роботі двигуна, тому для цього розробляється спеціалізований механічний пристрій, який забезпечує точність, ефективність і безпеку при виконанні цієї операції.

Процес розробки механічного пристрою починається з аналізу вимог до інструменту, що мають на меті не лише забезпечити ефективність демонтажу, але й запобігти пошкодженню форсунок або інших компонентів двигуна. На основі цього аналізу визначаються основні функціональні вимоги: пристрій повинен застосовувати необхідну силу для витягування форсунок без пошкоджень. Це включає в себе проектування механізму, який здатен рівномірно розподіляти навантаження і працювати з різними типами форсунок.

У процесі проектування особлива увага була приділена вибору конструкції, яка дозволяла пристрою бути потужним, але безпечним у використанні. Для цього був створений механізм, який забезпечував точний контроль над силою, що застосовується до форсунки, і її рівномірний розподіл. Така конструкція дозволяла уникнути пошкоджень як самих форсунок, так і посадкових місць, що могли виникати через неправильне застосування сили [9]. Для підвищення ефективності та безпеки було вибрано механічний принцип дії, оскільки пневматичні та гідравлічні системи потребували додаткових витрат на

Перв. застосуцв.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	При- мітки
						Документація		
		A1			ПДФ 00.00 СК	Складальне креслення		
						Деталі		
Додат. №		A3	1		ПДФ 00.01	Гвинт	1	
		A3	2		ПДФ 00.02	Захват	1	
		A3	3		ПДФ 00.03	Основа	1	
		A3	4		ПДФ 00.04	Упор	2	
		БК	5		ПДФ 00.05	Болт М10х1	2	
		БК	6		ПДФ 00.06	Гайка М30х2	1	
		БК	7		ПДФ 00.07	Шайба 10	2	
		БК	8		ПДФ 00.08	Шайба 30	1	
Підп. і дата								
Інв. № докл.								
Взам. інв. №								
Підп. і дата								
Інв. № ориг.	Зм. Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ПДФ 00.00 СП			
	Разроб.	Ярема			Пристрій для демонтажу форсунок			
	Перев.							
	Н.контр.							
	Затв.							
Літ.	Аркуш	Аркушів					1	

Копіював

Формат А4

Рисунок 2.2. Пристрій для демонтажу форсунок специфікація.

Далі була розроблена проектна документація, що включає всі необхідні креслення, технічні характеристики. Ця документація є максимально детальною і включає в себе не лише креслення конструктивних елементів, але може включати й інструкції по монтажу і налаштуванню пристрою, а також рекомендації по обслуговуванню. Пояснення кожного етапу роботи пристрою допомагає механікам чітко зрозуміти, як правильно використовувати інструмент і які методи безпеки потрібно дотримуватись.

Проектна документація також включає в себе відповідність стандартам безпеки, оскільки робота з механічними пристроями вимагає певного рівня захисту від можливих нещасних випадків, що можуть виникнути при неправильному використанні інструменту. Всі етапи проектування були націлені на те, щоб зробити пристрій не лише ефективним, а й безпечним у використанні.

Після створення документації, пристрій підготовлений до виготовлення прототипу. Цей етап включає перевірку конструктивних і матеріальних характеристик на практиці, що дозволяє виявити слабкі місця і вдосконалити конструкцію для досягнення максимальних показників ефективності та безпеки.

Таким чином, процес розробки механічного пристрою для демонтажу форсунок складався з ретельного проектування, вибору матеріалів, створення 3D-моделей і розробки документації, що забезпечує оптимальну роботу інструменту в умовах СТО [11]. Кожен етап проектування спрямований на створення пристрою, який забезпечує точність і безпеку під час виконання ремонтних операцій, знижує ризик пошкодження форсунок і підвищує ефективність робіт на станціях технічного обслуговування.

2.4 Розрахунок елементів пристрою для демонтажу форсунок.

Проведено розрахунки елементів гвинтового механізму для демонтажу форсунок автомобільного двигуна, враховуючи конкретні параметри, такі як гвинт з різьбою М30х2 та матеріал сталь 45 для виготовлення основних конструктивних елементів. Застосувавши формули для визначення сили, яку

необхідно прикласти до форсунки, а також для розрахунку надійності конструкцій.

Для того, щоб оцінити зусилля, необхідне для демонтажу форсунки, використовуємо гвинт з різьбою М30х2. Сила, яка передається через гвинтовий механізм, може бути визначена через крутний момент T , застосовуючи формулу:

$$F = \frac{T}{r} \quad (2.1)$$

де:

F — сила, що діє на форсунку (в Н),

T — крутний момент, що прикладається до гвинта (в Н·м),

r — радіус гвинта

Припустимо, що крутний момент T для ефективного демонтажу форсунки становить 80Н/м. Тоді сила, що передається на форсунку:

$$F = \frac{80}{0.015} = 5333.33 \text{ Н} \quad (2.2)$$

Отже, сила, що прикладається до форсунки, становить 5333,33Н, що є достатнім для подолання зчеплення і демонтажу форсунки.

Розрахунок параметрів гвинта

Відповідно гвинт з різьбою М30х2, де крок різьби $p = 2$ мм, розраховуємо діаметр основи різьби гвинта. Формула для кроку різьби:

$$p = \frac{2\pi d}{n} \quad (2.3)$$

де:

p — крок різьби;

d — діаметр гвинта;

n — кількість витків на одиницю довжини гвинта.

Задача полягає у визначенні сили, що передається через різьбу, з урахуванням коефіцієнта тертя. Для сталі 45 коефіцієнт тертя m може бути прийнятий рівним 0,12 для добре змащених різьб. Тому сила на форсунку з урахуванням тертя буде визначена як:

$$F = \frac{T}{r} \cdot \mu \quad (2.4)$$

де:

T — крутний момент, що прикладається до гвинта (80 Н·м);

r — радіус гвинта, що становить 15 мм або 0,015 м;

$m = 0,12$ — коефіцієнт тертя для сталі 45.

Підставимо значення в формулу:

$$F = \frac{80}{0.015} \cdot 0.12 = 640 \text{ Н} \quad (2.5)$$

Отже, сила, що передається на форсунку, становить 640Н, що є достатнім для подолання сили зчеплення і витягування форсунки з посадкового місця.

Для забезпечення надійності гвинтового механізму важливо переконатися, що матеріал витримує максимальне напруження, яке виникає при роботі пристрою. Для цього використовуємо формулу для максимального напруження:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

де:

σ — напруження в матеріалі;

$F = 5333 \text{ Н}$ — сила, що прикладається до гвинта;

$A = 706,86 \text{ мм}^2$ — площа поперечного перерізу гвинта (гвинт діаметром 30 мм).

Площа поперечного перерізу розраховується за формулою для кола:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (30)^2}{4} = 706,86 \text{ мм}^2 \quad (2.7)$$

Тепер, розрахуємо максимальне напруження σ :

$$\sigma = \frac{5333}{706,86} = 7,54 \text{ МПа} \quad (2.8)$$

Це значення значно менше межі текучості сталі 45, яка становить близько 250-300 МПа, що свідчить про достатній запас міцності і надійність гвинтового механізму.

Розрахунки елементів гвинтового механізму для демонтажу форсунок показали, що обрані параметри гвинта з різьбою М30х2, матеріал сталь 45 для виготовлення конструктивних елементів забезпечують надійність і ефективність роботи механізму. Розрахунок сили, що передається через гвинтовий механізм, підтверджує, що пристрій здатний витримати необхідні навантаження без деформації або руйнування. Зроблені розрахунки підтверджують, що гвинтовий механізм ефективно справляється з завданням демонтажу форсунок, що робить його надійним і довговічним інструментом для станцій технічного обслуговування.

3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Причини та періодичність демонтажу форсунок двигуна.

Демонтаж форсунок автомобільного двигуна є важливим етапом у процесі його ремонту та технічного обслуговування. Форсунки відіграють ключову роль у системі впорскування пального, і їхня ефективна робота безпосередньо впливає на загальну ефективність двигуна, економію пального та екологічні характеристики транспортного засобу. Однак, як і будь-які інші компоненти, форсунки можуть зношуватися або пошкоджуватися внаслідок тривалої експлуатації або погіршення якості пального. Для забезпечення надійної роботи двигуна необхідно проводити демонтаж форсунок у разі виявлення несправностей.

Однією з найпоширеніших причин для демонтажу форсунок є їхнє засмічення або забруднення. Протягом експлуатації палева система може зазнавати впливу різноманітних забруднень, таких як пил, вода, частинки бруду чи інші домішки. Через це в розпилювальних отворах форсунок утворюються відкладення, що знижують ефективність впорскування пального[14]. Засмічені форсунки не здатні рівномірно розпорошувати паливо, що погіршує процес згоряння та знижує потужність двигуна, підвищуючи витрату пального та викиди шкідливих речовин. Для відновлення їхньої нормальної роботи необхідно провести очищення або промивку форсунок, а у разі серйозних пошкоджень — замінити їх.

Ще однією поширеною причиною є пошкодження або зношування розпилювальних отворів форсунки. Якщо форсунка працює в умовах забрудненого пального або за великих навантажень, її розпилювальні отвори можуть зношуватися, що спричиняє неправильне розпилення пального. Це впливає на ефективність роботи двигуна і призводить до неповного згоряння пального, підвищення витрат та збільшення шкідливих викидів. У такому разі необхідно зняти форсунку для очищення або заміни.

Електрична частина форсунки також може бути причиною її демонтажу. Форсунки оснащені електричними компонентами, що відповідають за відкриття та закриття розпилювальних отворів. Пошкодження цих компонентів, такі як знос контактів або перегрів, можуть призвести до того, що форсунка не працює належним чином. Якщо електрична частина форсунки виходить з ладу, це призводить до порушення роботи системи впорскування пального. Для усунення такої несправності необхідно демонтувати форсунку і перевірити її електричні компоненти.

Ще однією важливою причиною демонтажу є погіршення характеристик форсунок через тривалу експлуатацію. Форсунки можуть втрачати свої початкові властивості, зокрема здатність до рівномірного розпилення пального, що погіршує роботу двигуна, збільшує витрату пального і знижує ефективність згоряння. Це може бути результатом накопичення накипу, корозії або зношування матеріалів, з яких виготовлені форсунки. В такому разі форсунки слід демонтувати для проведення перевірки та заміни.

Також причина для демонтажу може бути пов'язана з несправністю інших елементів двигуна, які впливають на роботу форсунок. Наприклад, несправність свічок запалювання або паливного насоса може спричинити неправильну роботу форсунок. У таких випадках спершу усувається основна проблема, а після цього проводиться перевірка та демонтаж форсунок для їх очищення чи заміни.

Періодичність демонтажу форсунок залежить від ряду факторів, зокрема від режиму експлуатації автомобіля, якості пального, умов навколишнього середовища та самого типу двигуна. Зазвичай, для звичайних умов експлуатації автомобіля рекомендується проводити профілактичний демонтаж форсунок кожні 50 000-100 000 км пробігу. Це дозволяє своєчасно виявляти можливі забруднення або зношування форсунок і уникати серйозніших проблем з системою впорскування пального.

У випадку, якщо автомобіль працює в умовах з низькою якістю пального або в умовах підвищених навантажень (наприклад, при активній експлуатації вантажних автомобілів або в умовах високих температур), періодичність

перевірки форсунок може бути зменшена до 20 000-30 000 км пробігу. Частіше демонтаж може бути необхідним і при наявності несправностей в системі впорскування пального або в разі нестабільної роботи двигуна, яка може свідчити про неполадки саме в форсунках.

Демонтаж форсунок також рекомендується проводити при заміні пального фільтра або перевірці паливної системи, щоб забезпечити чистоту і ефективність роботи всіх компонентів. Регулярні перевірки і профілактичне обслуговування форсунок дозволяють підтримувати їх у робочому стані і запобігати більш серйозним поломкам двигуна, що можуть бути викликані несправністю форсунок.

Основні причини для демонтажу форсунок включають їхнє засмічення та забруднення, пошкодження розпилювальних отворів, несправність електричних компонентів, погіршення характеристик через знос, а також несправності в інших елементах двигуна. Періодичність демонтажу залежить від умов експлуатації, типу пального та конкретних умов роботи двигуна, але в середньому для більшості автомобілів рекомендується проводити демонтаж кожні 50 000-100 000 км пробігу. Регулярне обслуговування форсунок є важливим аспектом технічного обслуговування автомобіля, що дозволяє підтримувати його ефективність і продовжити термін служби двигуна.

3.2 Опис технологічного процесу демонтажу форсунок з допомогою розробленого пристрою.

Демонтаж форсунок автомобільного двигуна є одним з найбільш важливих етапів технічного обслуговування, оскільки ефективність роботи системи впорскування пального безпосередньо впливає на потужність двигуна, витрату пального та рівень шкідливих викидів. Для здійснення цього процесу використовуються різноманітні інструменти, серед яких механічний пристрій, розроблений для полегшення демонтажу форсунок. Застосування

спеціалізованого механічного пристрою дозволяє значно підвищити точність, ефективність та безпеку проведення цієї операції.

Процес демонтажу форсунок за допомогою розробленого механічного пристрою починається з підготовки робочого місця і інструментів. Спочатку автомобіль встановлюється на оглядову яму або підйомник, щоб забезпечити доступ до двигуна і форсунок. Важливо, щоб двигун був вимкнений і охолоджений, а також щоб були виконані всі необхідні заходи безпеки, такі як відключення акумулятора і зняття тиску в паливній системі.

Наступним етапом є візуальний огляд форсунок і визначення їх стану. Якщо форсунки виглядають забрудненими або пошкодженими, їх слід акуратно демонтувати для подальшого очищення або заміни [17]. Розроблений механічний пристрій для демонтажу форсунок складається з кількох основних елементів, включаючи гвинтовий механізм, що забезпечує рівномірний і контрольований вплив на форсунку. Цей механізм дозволяє передавати зусилля на форсунку через спеціальну вилку, яка захоплює її на певній площині.

Процес демонтажу починається з установки форсунки в робоче положення. Залежно від конструкції двигуна, форсунки можуть бути розташовані в важкодоступних місцях, що ускладнює їх видалення. Важливим моментом є забезпечення рівномірного розподілу сили, щоб уникнути пошкодження як самої форсунки, так і інших компонентів двигуна. Гвинтовий механізм пристрою забезпечує необхідну точність при прикладанні сили, дозволяючи поступово вивести форсунку з її посадкового місця. Під час цього етапу пристрій здійснює поступовий і контрольований рух, що мінімізує ризик деформації.

Застосування розробленого механічного пристрою дозволяє знижувати механічний вплив на саму форсунку, оскільки він здійснюється через точний контроль за зусиллями. Завдяки гвинтовому механізму, що поступово збільшує силу, відбувається рівномірне витягування форсунки. Це особливо важливо в разі сильного прикипання форсунки до посадкового місця через корозію або інші забруднення.

Після того як форсунка виведена з посадкового місця, її необхідно обережно від'єднати від паливної системи. На цьому етапі також використовуються спеціалізовані інструменти для роз'єднання паливних трубок і електричних з'єднань. Після демонтажу форсунки очищується від забруднень і, в разі необхідності, перевіряється її працездатність або замінюється новою. Важливо, щоб після видалення форсунки було проведено огляд посадкового місця для перевірки його стану. У разі необхідності посадкове місце очищується і підготовляється до установки нової форсунки.

Процес збирання здійснюється у зворотному порядку: на місце встановлюється нова або очищена форсунка, підключаються всі електричні та паливні з'єднання. Після цього здійснюється перевірка роботи системи впорскування пального на холостому ході для перевірки герметичності і коректності роботи форсунки.

Таким чином, розроблений механічний пристрій для демонтажу форсунок дозволяє значно спростити і прискорити процес, зменшуючи ризик пошкодження форсунок і забезпечуючи точний контроль сили. Це робить процес демонтажу більш ефективним, безпечним і зручним, що особливо важливо для роботи на станціях технічного обслуговування, де важлива швидкість і якість виконуваних робіт.

4.РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Оцінка ризиків та небезпек, пов'язаних із ремонтом двигунів.

Ремонт автомобільних двигунів є складним процесом, що включає різноманітні операції, пов'язані з розбиранням, заміною або відновленням компонентів двигуна, а також перевіркою та налаштуванням систем, що забезпечують його роботу. Однак, як і будь-яка технічна діяльність, ремонт двигунів супроводжується певними ризиками та небезпеками, які можуть негативно вплинути на безпеку працівників, а також на ефективність виконання робіт. Оцінка цих ризиків є необхідним етапом для запобігання нещасним випадкам та забезпечення безпеки на робочому місці.

Один з основних ризиків, пов'язаних із ремонтом двигунів, — це механічні травми, що можуть виникнути через використання важких інструментів, рухомих частин або обертальних елементів двигуна. Під час ремонту важливо враховувати, що багато компонентів двигуна можуть бути сильно закріпленими або застряглими, що вимагає застосування великої сили для їх демонтажу. Неприятливі умови можуть призвести до травмування рук, пальців, ніг або інших частин тіла, якщо робітник не дотримується правильної техніки безпеки. Використання спеціальних інструментів та механічних пристроїв, таких як підйомники або спеціалізовані інструменти для демонтажу форсунок, значно знижує ймовірність травмування, проте правильна техніка виконання робіт та наявність засобів індивідуального захисту є важливими для запобігання нещасним випадкам [25].

Іншим важливим фактором є теплова небезпека. Двигуни працюють при високих температурах, тому під час ремонту необхідно враховувати ризики, пов'язані з перегрівом компонентів. Наприклад, при роботі з гарячими частинами двигуна або при демонтажі деталей, що нагріті під час роботи, може виникнути опік або інша термічна травма. Тому перед початком ремонту двигун слід охолодити до безпечної температури, а також забезпечити працівників засобами захисту, такими як термостійкі рукавички та спецодяг.

Крім того, одним з основних ризиків є небезпечні рідини та пари. Під час ремонту двигуна використовуються різноманітні рідини, такі як моторне масло, охолоджуюча рідина, паливо або рідини для очищення. Всі ці речовини можуть бути токсичними або легко займистими, що створює додаткові небезпеки для працівників. Наприклад, витікання палива або масла може спричинити загоряння або вибух. Тому важливо дотримуватися заходів безпеки, забезпечувати належне зберігання рідин, використовувати відповідне обладнання для збору витоків і стежити за чистотою робочого місця. Окрім того, деякі рідини можуть виділяти шкідливі пари, тому робітники повинні використовувати респіратори або працювати в добре вентильованих приміщеннях [26].

Електричні небезпеки також є важливим фактором при ремонті двигунів, особливо коли йдеться про роботу з електричними компонентами двигуна, системою запалювання чи іншими електронними системами автомобіля. Необережне поводження з електричними системами може призвести до удару струмом, короткого замикання або навіть виникнення пожежі. Важливо перед початком робіт відключати акумулятор, використовувати ізольовані інструменти та дотримуватися стандартних заходів безпеки при роботі з електричними компонентами.

Мікротравми і тривале навантаження є іншими ризиками, пов'язаними з ремонтом двигунів, оскільки працівники часто виконують завдання, що вимагають тривалого перебування в одній позі або підйому важких предметів. Це може призвести до болів у спині, напруження м'язів та інших проблем з опорно-руховим апаратом. Для зменшення цих ризиків необхідно застосовувати техніки правильного підйому і розподілу навантажень, використовувати підйомні механізми та змінювати позу під час роботи.

Окрім механічних, теплових і електричних небезпек, існують також психологічні фактори, які можуть призвести до помилок або нещасних випадків. Тривале перебування в шумному середовищі, висока стресова навантаженість і втома можуть впливати на концентрацію працівника, що збільшує ризик помилок у роботі з деталями двигуна. Тому важливо організовувати робочий

процес таким чином, щоб забезпечити регулярні перерви, правильно організувати освітлення і шумове середовище, а також створювати сприятливі умови для працівників.

Інші небезпеки, такі як неправильне використання інструментів, відсутність інструкцій або невиконання стандартів безпеки, можуть призвести до травм або ушкоджень. Для зменшення цих ризиків необхідно регулярно проводити навчання і тренінги для персоналу, забезпечувати доступ до інструкцій по техніці безпеки та забезпечувати належне технічне обслуговування інструментів і обладнання.

Загалом, ремонт двигунів пов'язаний з цілим рядом потенційних небезпек і ризиків, від механічних травм до електричних і хімічних небезпек. Оцінка цих ризиків є необхідною для забезпечення безпеки працівників і ефективного виконання ремонтних робіт. Важливими заходами є впровадження стандартів безпеки, використання індивідуальних засобів захисту, регулярне обслуговування інструментів та обладнання, а також проведення навчань для працівників з метою зменшення ймовірності нещасних випадків..

4.2 Рекомендації з охорони праці при використанні розробленого пристрою.

Використання механічного пристрою для демонтажу форсунок вимагає дотримання певних стандартів безпеки, щоб уникнути травм і забезпечити безпечне виконання робіт на автомобільних станціях технічного обслуговування. Демонтаж форсунок, особливо за допомогою спеціалізованих інструментів, може бути пов'язаний із рядом механічних, теплових та електричних небезпек, тому важливо ретельно оцінювати ризики та вжити всіх необхідних заходів для забезпечення безпеки працівників. Ось кілька основних рекомендацій з охорони праці при використанні розробленого механічного пристрою для демонтажу форсунок:

Перш за все, перед початком роботи з механічним пристроєм необхідно перевірити технічний стан обладнання. Усі механізми та інструменти повинні

бути в справному стані, без механічних пошкоджень, зносу або дефектів. Особливу увагу слід приділити гвинтовому механізму та затискним елементам, оскільки неправильна їх робота може призвести до пошкодження форсунки або інших компонентів двигуна. Перед використанням пристрою необхідно перевірити надійність його кріплення та відсутність люфтів або дефектів у з'єднаннях [27].

Усі працівники, які працюють з механічним пристроєм для демонтажу форсунок, повинні бути **ознайомлені з інструкціями з експлуатації** цього обладнання. Вони повинні пройти навчання, що включає основи техніки безпеки, а також правила роботи з інструментами і обладнанням, що використовуються при демонтажу форсунок. Під час роботи із пристроєм необхідно чітко дотримуватися інструкцій та рекомендацій виробника.

Для забезпечення безпеки працівників при роботі з механічним пристроєм, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту. Серед них обов'язковими є захисні рукавички, що знижують ризик механічних травм при роботі з металевими частинами і гвинтовими механізмами, а також захисні окуляри для захисту від можливих випадкових часток або масла, що може витікати під час демонтажу. У разі роботи з гарячими компонентами двигуна або з рідинами, що можуть розливатися, необхідно використовувати термостійкий одяг, а також маску для захисту від пилу або шкідливих парів.

Перед початком робіт із механічним пристроєм важливо перевірити робоче місце на наявність небезпек. Робоче місце повинно бути добре освітлене, а також очищене від сторонніх предметів, що можуть заважати роботі. Підлога повинна бути сухою, без масла чи інших слизьких рідин, щоб уникнути ковзання працівників під час використання пристрою. У разі роботи в закритих приміщеннях, забезпечте належну вентиляцію для запобігання накопиченню шкідливих парів або газів. Під час демонтажу форсунок необхідно слідкувати за силою, що прикладається до форсунки, і не допускати її надмірного навантаження. Механічний пристрій, хоча й спрощує процес, має бути

використаний із відповідною обережністю, щоб не пошкодити форсунку чи інші компоненти двигуна. Для цього використовуються механізми з точним контролем сили, що дозволяє плавно і поступово збільшувати зусилля при демонтажі.

Важливо також використовувати ізольовані інструменти для роботи з електричними частинами і запобігати контакту з струмопровідними елементами. Також варто забезпечити правильне використання рідин, які застосовуються при демонтажу форсунок, таких як охолоджувальні рідини, моторне масло та паливо. У разі витoku будь-якої рідини потрібно негайно усунути її за допомогою спеціальних поглинальних матеріалів, щоб уникнути травм або пожежі. Працівники повинні бути ознайомлені з основами пожежної безпеки і мати доступ до вогнегасників у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Не менш важливим є дотримання регулярного технічного обслуговування самого механічного пристрою. Це включає перевірку всіх рухомих частин, змащення механізмів і заміну зношених компонентів. Якщо пристрій не проходить технічний огляд або виявлені дефекти, його не слід використовувати до усунення проблем. Останнім, але важливим аспектом є правильне зберігання інструментів і пристроїв. Після завершення роботи з механічним пристроєм, інструменти та обладнання повинні бути очищені від масла, бруду та інших забруднень і зберігатися в умовах, що забезпечують їх збереження від пошкоджень. Це дозволяє запобігти не тільки поломкам інструментів, але й забезпечити безпеку при наступному використанні.

Загалом, для забезпечення безпеки працівників при використанні розробленого механічного пристрою для демонтажу форсунок, необхідно дотримуватися всіх технічних і безпекових стандартів, використовувати засоби індивідуального захисту, правильно організовувати робоче місце та регулярно перевіряти стан інструментів і пристроїв. Такий підхід дозволяє мінімізувати ризики травм і несправностей, підвищуючи ефективність та безпеку ремонту двигунів.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Оцінка витрат на впровадження пристрою для демонтажу форсунок.

Впровадження механічного пристрою для демонтажу форсунок вимагає значних інвестицій, які включають як початкові витрати на придбання та встановлення пристрою, так і витрати на його експлуатацію та обслуговування. З точки зору економіки, важливо провести ретельну оцінку всіх можливих витрат і визначити економічну доцільність цього проекту для станцій технічного обслуговування (СТО).

Основні витрати на впровадження механічного пристрою можна розділити на декілька категорій. По-перше, це капітальні витрати, що включають закупівлю самого пристрою, а також витрати на його монтаж і налаштування. Вартість механічного пристрою залежить від його технічних характеристик, складності конструкції, а також від виробника. Враховуючи, що пристрій є спеціалізованим інструментом, ціна може варіюватися залежно від технологічних можливостей і рівня автоматизації. Витрати на монтаж і налаштування також можуть бути суттєвими, оскільки потрібно забезпечити правильне підключення пристрою до інфраструктури СТО та провести відповідні налаштування для оптимальної роботи [28].

По-друге, важливо врахувати витрати на навчання персоналу, яке також є необхідною складовою впровадження нового обладнання. Для ефективного використання механічного пристрою працівники повинні бути ознайомлені з його принципами роботи, правилами безпеки та методами обслуговування. Це включає як теоретичну підготовку, так і практичні тренінги. Навчання персоналу може потребувати додаткових витрат на проведення тренінгів та закупівлю відповідних навчальних матеріалів, що також впливає на загальний бюджет проекту.

Третім важливим елементом є експлуатаційні витрати, до яких відносяться витрати на обслуговування механічного пристрою. Ці витрати включають регулярне технічне обслуговування, змащення, заміну зношених частин та

можливі ремонти. Враховуючи, що механічний пристрій буде використовуватися в умовах інтенсивної експлуатації, витрати на його підтримку в належному стані можуть бути значними. Регулярне обслуговування необхідне для забезпечення тривалого терміну служби пристрою і уникнення великих витрат на непередбачені поломки.

Необхідно також врахувати використання додаткових матеріалів і компонентів, таких як витратні матеріали для очищення форсунок, спеціальні рідини або інші компоненти, що можуть бути потрібні для належного функціонування пристрою [29]. Ці витрати, хоч і не є основними, можуть скласти додаткову частину витрат на обслуговування механічного пристрою. З економічної точки зору, важливо також оцінити вигоди, які приносить впровадження нового пристрою. Механічний пристрій для демонтажу форсунок може значно знизити час, необхідний для виконання цієї операції, що безпосередньо збільшує пропускну спроможність СТО. Це, в свою чергу, дозволяє обслуговувати більшу кількість клієнтів на день, що може привести до збільшення доходів.

Нарешті, економічний ефект від впровадження механічного пристрою можна оцінити через порівняння витрат на обслуговування з витратами на потенційні поломки та простої обладнання. Завдяки підвищеній ефективності та точності роботи, знижуються витрати на ремонтні роботи та витрати, пов'язані з пошкодженими компонентами. Враховуючи ці фактори, можна стверджувати, що інвестиції в механічний пристрій для демонтажу форсунок можуть бути економічно виправдані завдяки зниженню витрат на ремонти і підвищенню продуктивності обслуговування.

Враховуючи всі ці аспекти, впровадження механічного пристрою для демонтажу форсунок може бути ефективним і вигідним для СТО з точки зору економічної доцільності. Витрати на його закупівлю та обслуговування окупаються за рахунок збільшення кількості обслугованих клієнтів, зниження часу на операції та зниження витрат на ремонтні роботи.

5.2 Розрахунок економічної ефективності впровадження пристрою для демонтажу форсунок.

Для розрахунку економічної ефективності впровадження механічного пристрою для демонтажу форсунок слід врахувати всі аспекти витрат та вигод. Основні показники економічної ефективності включають початкові витрати, експлуатаційні витрати, додаткові доходи від збільшення обсягів обслуговування та термін окупності. Детально розглянемо ці показники.

Початкові витрати на впровадження механічного пристрою для демонтажу форсунок складаються з вартості самого пристрою, витрат на монтаж, налаштування та навчання персоналу.

Позначимо ці витрати як:

$$C_{\text{початкові}} = C_{\text{пристрій}} + C_{\text{монтаж}} + C_{\text{навчання}} \quad (5.1)$$

Припустимо, що вартість пристрою становить 7000 грн, витрати на монтаж і налаштування — 2 000 грн, а витрати на навчання персоналу — 3 000 грн. Тоді початкові витрати будуть:

$$C_{\text{початкові}} = 7000 + 2\,000 + 3\,000 = 12\,000 \text{ грн} \quad (5.2)$$

Експлуатаційні витрати включають витрати на технічне обслуговування пристрою, заміну витратних матеріалів, змащення, а також витрати на перепідготовку персоналу. Позначимо ці витрати як:

$$C_{\text{експлуатаційні}} = C_{\text{обслуговування}} + C_{\text{навчання}} \quad (5.3)$$

Припустимо, що річні витрати на обслуговування пристрою складають 2 000 грн, а перепідготовка персоналу — 1 500 грн. Тоді річні експлуатаційні витрати становитимуть:

$$C_{\text{експлуатаційні}} = 2\,000 + 1\,500 = 3\,500 \text{ грн на рік} \quad (5.4)$$

Завдяки використанню механічного пристрою для демонтажу форсунок зменшується час, необхідний для цієї операції. Без пристрою на демонтаж однієї форсунки витрачається 1,5 години, а з пристроєм — лише 0,5 години. Це дозволяє значно збільшити кількість клієнтів, яких можна обслужити за день [30].

Позначимо кількість клієнтів, яких можна обслужити до впровадження пристрою, як $N_{\text{стар}} = 10$, а після впровадження пристрою — $N_{\text{нов}} = 15$. При цьому кожен демонтаж форсунки приносить СТО прибуток $P_{\text{форсунка}} = 500$ грн. Таким чином, додатковий прибуток за один день можна розрахувати як:

$$P_{\text{додатковий_день}} = (N_{\text{нов}} - N_{\text{стар}}) \times P_{\text{форсунка}} = (15 - 10) \times 500 = 2\,500 \text{ грн на день}$$

Якщо СТО працює 250 днів на рік, річний додатковий прибуток складе:

$$P_{\text{додатковий_рік}} = P_{\text{додатковий_день}} \times 250 = 2\,500 \times 250 = 625\,000 \text{ грн на рік}$$

Термін окупності

Термін окупності показує, через який період часу початкові витрати на впровадження пристрою будуть компенсовані завдяки додатковим доходам. Для розрахунку терміну окупності використовується наступна формула:

$$T_{\text{окупності}} = \frac{C_{\text{початкові}}}{P_{\text{додатковий рік}} - C_{\text{експлуатаційні}}} \quad (5.5)$$

Підставимо значення:

$$T_{\text{окупності}} = \frac{12000}{625000 - 3500} = \frac{12000}{621500} \approx 0,061 = 7,3 \text{ дня} \quad (5.6)$$

Таким чином, термін окупності механічного пристрою для демонтажу форсунок складає приблизно 7,3 дні. Це означає, що витрати на впровадження пристрою будуть повністю компенсовані вже через кілька днів завдяки зростанню продуктивності та зменшенню часу на виконання робіт [31].

Розрахунок економічної ефективності впровадження механічного пристрою для демонтажу форсунок показує, що інвестиції у цей пристрій є економічно вигідними. Витрати на закупівлю, монтаж і навчання персоналу окупаються дуже швидко — всього за кілька днів роботи. Додатковий прибуток, отриманий завдяки зростанню кількості обслужених клієнтів, суттєво перевищує початкові та експлуатаційні витрати. Це робить впровадження механічного пристрою вигідним з точки зору підвищення ефективності роботи СТО та збільшення її доходів.

ВИСНОВКИ

У ході виконання даної роботи було проведено всебічне техніко-економічне обґрунтування розробки механічного пристрою для демонтажу форсунок автомобільного двигуна. Аналіз існуючих технологій ремонту двигунів, проблем, що виникають при демонтажі форсунок, а також оцінка наявного допоміжного обладнання дозволили визначити потребу в удосконаленні процесу демонтажу форсунок, що сприятиме підвищенню ефективності роботи СТО та зниженню часу на виконання цієї операції.

Розробка нового механічного пристрою є доцільною і обґрунтованою, оскільки вона дозволяє значно зменшити час демонтажу форсунок, знижуючи фізичне навантаження на працівників і зменшуючи ризик пошкодження форсунок і посадкових місць. Демонтаж форсунок стає більш точним і контрольованим, що підвищує якість обслуговування та зменшує ймовірність помилок при ремонті двигуна.

Економічне обґрунтування впровадження пристрою показало його високу ефективність, оскільки витрати на його закупівлю, монтаж і навчання персоналу окупаються дуже швидко завдяки збільшенню продуктивності та зростанню кількості обслужених клієнтів. Швидкий термін окупності пристрою підтверджує економічну доцільність інвестицій у цей проект.

Оцінка ризиків і небезпек, пов'язаних із ремонтом двигунів, показала необхідність вжиття заходів для забезпечення безпеки працівників під час використання нового пристрою. Важливими є рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту, перевірки технічного стану обладнання, дотримання правил охорони праці та запобігання травмам або іншим небезпечним ситуаціям під час роботи.

Таким чином, розробка і впровадження механічного пристрою для демонтажу форсунок є важливим кроком у модернізації процесу ремонту автомобільних двигунів, що дозволяє підвищити ефективність і безпеку обслуговування, знизити витрати на ремонт і збільшити прибутковість станцій технічного обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ось ваш список, у якому джерела поміняні місцями в випадковому порядку:
2. Білоконь Я. Ю. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів: навч. посібник / Я. Ю. Білоконь, В. М. Тімков. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 320 с.
3. Марков О. Д. Станції технічного обслуговування транспортних засобів: підручник / О. Д. Марков. – Київ: Кондор, 2018. – 536 с.
4. Волков В. П. Технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів: підручник / В. П. Волков, О. П. Сакно, В. П. Кужель. – Запоріжжя: ЗНУ, 2021. – 520 с.
5. Тарасенко В. Е. Розрахунок гідравлічних систем автомобільних підйомників: навч. посібник / В. Е. Тарасенко, М. М. Свиначенко. – Харків: ФОП Панов А. М., 2018. – 150 с.
6. Сахно О. П. Технічна експлуатація транспортних засобів: навч. посібник / О. П. Сахно, Д. М. Колодій. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. – 400 с.
7. Сахно В. П. Ергономіка та дизайн автосервісу: навч. посібник / В. П. Сахно, В. М. Поляков. – Київ: Кондор, 2018. – 240 с.
8. Гнатюк О. П. Проектування та розрахунок підйомників для автосервісу: навч. посібник / О. П. Гнатюк, В. М. Чайка. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 220 с.
9. Марков О. Д. Станції технічного обслуговування транспортних засобів: підручник / О. Д. Марков. – Київ: Кондор, 2018. – 536 с.
10. Сакно О. П. Автоматизація технологічних процесів технічного сервісу транспортних засобів: підручник / О. П. Сакно, В. П. Волков, В. П. Кужель. – Запоріжжя: ЗНУ, 2020. – 400 с.

11. Гулевський В. Б. Проектування СТО. Технологічне обладнання: навч. посібник / В. Б. Гулевський, О. А. Дюжаєв. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2020. – 280 с.
12. Бондаренко С. В. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів: підручник / С. В. Бондаренко, В. І. Дирда. – Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2019. – 480 с.
13. Сорокін В. М. Конструкція та розрахунок стендів для ремонту транспортних засобів: монографія / В. М. Сорокін, І. В. Колеснік. – Київ: Видавничий дім "Кондор", 2019. – 200 с.
14. Білякович М. О. Проектування станцій технічного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / М. О. Білякович, І. С. Березницький. – Київ: НТУ, 2019. – 256 с.
15. Туренко А. М. Технологічні основи сервісного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / А. М. Туренко, В. І. Клименко, В. С. Шевченко. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
16. Бондаренко Є. В. Технологічні процеси технічного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / Є. В. Бондаренко, В. П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 180 с.
17. Гнатюк О. П. Проектування та розрахунок підйомників для автосервісу: навч. посібник / О. П. Гнатюк, В. М. Чайка. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 220 с.
18. Марчук М. М. Сучасні методи відновлення деталей транспортних засобів: монографія / М. М. Марчук, В. В. Краснов. – Рівне: НУВГП, 2019. – 180 с.
19. Поляков В. М. Обладнання та технологія обслуговування транспортних засобів: підручник / В. М. Поляков, О. В. Іванов. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 400 с.
20. Кузнецов А. С. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту транспортних засобів: підручник / А. С. Кузнецов, В. П. Лукін, С. М. Бочаров. – Київ: Техніка, 2018. – 368 с.

- 21.Сахно О. П. Технічна експлуатація транспортних засобів: навч. посібник / О. П. Сахно, Д. М. Колодій. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. – 400 с.
- 22.Савуляк В. В. Технічний сервіс транспортних засобів: навч. посібник / В. В. Савуляк, О. В. Сокур. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 200 с.
- 23.Білякович М. О. Проектування станцій технічного обслуговування транспортних засобів: навч. посібник / М. О. Білякович, І. С. Березницький. – Київ: НТУ, 2019. – 256 с.
- 24.Савчук В. П. Організація та технологія технічного сервісу машин: навч. посібник / В. П. Савчук. – Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – 368 с.
- 25.Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.
- 26.ДСТУ ОHSAS 18001:2010 «Системи управління безпекою та гігієною праці. Вимоги»
- 27.НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".
28. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Держспоживстандарт України, 2011. 28с. (Національний стандарт України).
- 29.Савицька Г. В. Аналіз господарської діяльності підприємства: підручник. – Київ: Нове знання, 2020. – 400 с.
- 30.Грінько Т. І. Економіка підприємства: навч. посібник. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 376 с.
- 31.Кириленко О. А. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень: навч. посібник. – Львів: ЛНТУ, 2019. – 212 с.
- 32.Швець В. Я. Економічна ефективність виробництва: монографія. – Черкаси: ЧДТУ, 2020. – 250 с.