

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631:354(477.41)

ПОЛОЖЕНО

Декан механіко-технологічного
факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

менеджменту імені

М. П. Момотенка

Роговський І.І.

Братішко В. В.

(підпис)

(ПІБ)

(підпис)

(ПІБ)

«» 2022 р.

«» 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Удосконалення технології діагностування електромагнітного
клапану підсистеми зміни фаз ГРМ двигунів автомобілів в умовах АПК**

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

Войтюк Валерій Дмитрович

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат технічних наук, доцент

Щенко Валерій Васильович

Виконав

Буркевич Юрій Петрович

КИЇВ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу
та інженерного менеджменту
імені М. П. Момотенка, д.т.н., проф.
Роговський І. Л.
« » 2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ СТУДЕНТУ

Буркевичу Юрію Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма Автомобільний транспорт

Магістерська програма Автомобільний транспорт

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи «Удосконалення технології діагностування електромагнітного клапану підсистеми зміни фаз ГРМ двигунів автомобілів в умовах АПК»

затверджена наказом ректора НУБіП від «17» лютого 2022 р. № 358 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 25.10.2022

Вихідні дані до магістерської роботи науково-технічна література;

результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню

технології управління автотранспортних засобів при перевезенні

сільськогосподарської продукції

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан проблеми і постановка задач дослідження
2. Теоретичні дослідження
3. Експериментальні дослідження
4. Реалізація системи забезпечення роботоздатності електронних систем управління двигуна
5. Оцінка економічної ефективності технічних рішень

Перелік графічного матеріалу електронна презентація на 15 слайдах

Дата видачі завдання «15» листопада 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат технічних наук, доцент

Іщенко Валерій Васильович

Завдання прийняв до виконання

Буркевич Юрій Петрович

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 5 |
| РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ | 7 |
| 1.1 Тенденції розвитку ринку легкових автомобілів обладнаних електронними системами управління двигуном | 7 |
| 1.2 Огляд наукових досягнень в галузі підтримання працездатності електронних систем управління двигуном | 11 |
| 1.3 Основні несправності ЕСУД | 14 |
| 1.4 Методи і засоби діагностування ЕСУД | 18 |
| РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ | 25 |
| 2.1 Основні причини виникнення відмов конструктивних елементів ЕСУД | 25 |
| 2.2 Вибір стратегії технічного обслуговування і ЕСУД | 30 |
| 2.3 Діагностування технічного стану ЕСУД | 33 |
| 2.4 Визначення доцільності та термінів попереджувальних заміन конструктивних елементів ЕСУД | 38 |
| 2.5 Розробка методики визначення ймовірності безвідмовної роботи ЕСУД на заданій напрацювання по діагностичній інформації | 44 |
| 2.6 Прогнозування залишкового ресурсу конструктивних елементів ЕСУД | 48 |
| РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ | 52 |
| 3.1 Методика проведення експериментальних досліджень | 52 |
| 3.2 Аналіз статистичних даних по експлуатаційної надійності елементів ЕСУД | 56 |
| 3.3 Якісна і кількісна оцінка впливу відмов елементів ЕСУД на | 60 |

роботу двигуна

3.4 Методика виявлення елементів лімітують надійність ЕСУД 62

РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 66

ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДВИГУНА

4.1 Система забезпечення працездатності ЕСУД 66

4.2 Розробка комплексу технічних впливів по забезпеченню 69

працездатності ЕСУД в експлуатації

4.3 Оцінка ефективності розробленої системи забезпечення 76

працездатності ЕСУД

ВИСНОВКИ 82

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 83

ВСТУП

Автомобільний транспорт є невід'ємною і важливою складовою інфраструктури будь-якої держави. На його частку в Україні припадає більше половини обсягу пасажирських і три четверті вантажних перевезень. Широкому використанню автомобілів сприяє їх мобільність, пристосованість до транспортування вантажів різних розмірів і маси, можливість організації перевезень в короткі терміни.

Сучасний автотранспортний засіб являє собою складну технічну систему, в якій одночасно і взаємопов'язано функціонує велика кількість різних вузлів і агрегатів, для управління роботою якими все ширше використовуються електроніка і комп'ютерні технології. Найдорожчим і технічно складним агрегатом автомобіля є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ), роботою якого, як і більшості інших елементів автомобіля, управляє електронна система управління двигуном (ЕСУД).

Використання ЕСУД дозволяє домогтися високих техніко-економічних показників роботи двигуна при одночасному виконанні жорстких екологічних вимог. Це досягається шляхом приготування оптимальної за своїм складом паливно-повітряної суміші на всіх режимах роботи двигуна, і подачі в циліндри і своєчасного займання.

В ЕСУД, як і в інших системах автомобіля, в процесі експлуатації неминуче виникають несправності. Як показують результати досліджень експлуатаційної надійності автомобілів, на відмови ЕСУД доводиться до 23% від загальної кількості відмов автомобіля. Відмови конструктивних елементів ЕСУД призводять до серйозних порушень в роботі двигуна, аж до повної втрати їм працездатності.

В зв'язку з цим дослідження, спрямовані на розробку системи забезпечення працездатності ЕСУД, актуальні і мають велику практичну значимість.

Метою роботи є забезпечення працездатності ЕСУД в експлуатації за рахунок впровадження діагностування технічного стану та своєчасного усунення виникаючих несправностей.

Об'єктом дослідження є процес зміни експлуатаційних характеристик характеристик підсистеми зміни фаз ГРМ двигунів автомобілів.

Предмет дослідження – закономірності зміни експлуатаційних характеристик підсистеми зміни фаз ГРМ двигунів автомобілів.

Методологія і методи дослідження. При виконанні роботи використовувалися положення теорії надійності машин, методи математичного аналізу та статистичної обробки експериментальних даних, кореляційно-регресійного аналізу експериментальних даних, математичного моделювання впливу поточних значень діагностичних параметрів підсистем ЕСУД на ймовірність її безвідмовної роботи.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Тенденції розвитку ринку легкових автомобілів обладнаних електронними системами управління двигуном

За даними аналітичного агентства "Автостат" на 1 січня 2022 року автопарк в Україні склав близько 50 млн. одиниць. При цьому 26% або 18,1 млн. відносилося до категорії легкових транспортних засобів.

За даними того ж агентства значно збільшилася і кількість вантажних автомобілів, що припадають на 400 жителів країни (табл. 1.1).

Сучасний автотранспортний засіб (АТЗ) являє собою складність технічної системи, в якій одночасно і взаємопов'язано функціонує велика кількість різних вузлів і агрегатів, для управління роботою якими все ширше використовуються електроніка і комп'ютерні технології. Використовування електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), інтегрованих в системи управління АТЗ і реалізованих у вигляді систем ABS (антиблокувальна система), ESP (система курсової стійкості), AFS (система активного кермового управління), і ін. забезпечує високі споживчі властивості автомобілів в умовах їх експлуатації, підвищує безпеку дорожнього руху. При цьому, поряд з такими властивостями, як паливна економічність, динамічні властивості, токсичність відпрацьованих газів, внутрішні і зовнішні шуми і т. п., особлива увага повинна приділятися обґрунтованого рівня експлуатаційної надійності АТЗ, в якості якої виступають безвідмовність, експлуатаційна і ремонтна технологічність, витрати на підтримку заданого рівня працездатності здатності автомобілів.

Світове автомобілебудування практично повністю відмовилося від систем живлення двигунів внутрішнього згорання карбюраторного типу і використовує електронні системи управління режимами двигуна. Тенденція зміни кількості продаваних легкових автомобілів в Україні, оснащених ЕСУД, показана на рис.

1.1.

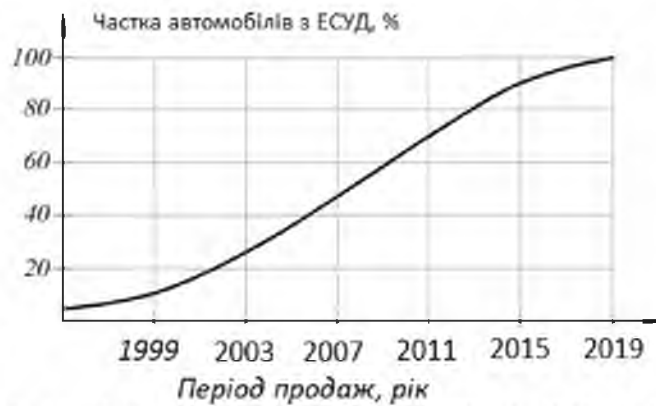


Рис. 1.1. Зміна кількості продаваних легкових автомобілів в Україні оснащених ЕСУД

Використання ЕСУД дозволяє домогтися високих техніко-економічних показників роботи ДВЗ при одночасному виконанні жорстких екологічних вимог. Це досягається шляхом приготування оптимальної за своїм складом паливно-повітряної суміші на всіх режимах роботи двигуна, дозування її подачі в циліндри і своєчасного займання. Для підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) двигуна внутрішнього згорання застосовують безпосереднє уприскування палива в циліндри, турбонаддув, системи регулювання фаз газорозподільного механізму (ГРМ) і зміни висоти підйому клапанів, системи зниження токсичності і рециркуляції відпрацьованих газів і ін.

ЕСУД являє собою досить складну технічну систему автомобіля, в яку постійно вносяться різного роду зміни: з'являється нові конструктивні елементи, удосконалюються алгоритми роботи блоку управління, оновлюється програмне забезпечення і т.д. Система включає в себе датчики, виконавчі елементи, електронний блок керування двигуном (ЕБУД) і з'єднувальні дроти. Датчики інформують блок управління двигуном про параметри функціонування його систем і механізмів. Блок управління постійно приймає і обробляє електричні сигнали від датчиків і на основі зібраної інформації управляє виконавчими елементами. На рис. 1.2 представлена схема сучасної ЕСУД легкового автомобіля.

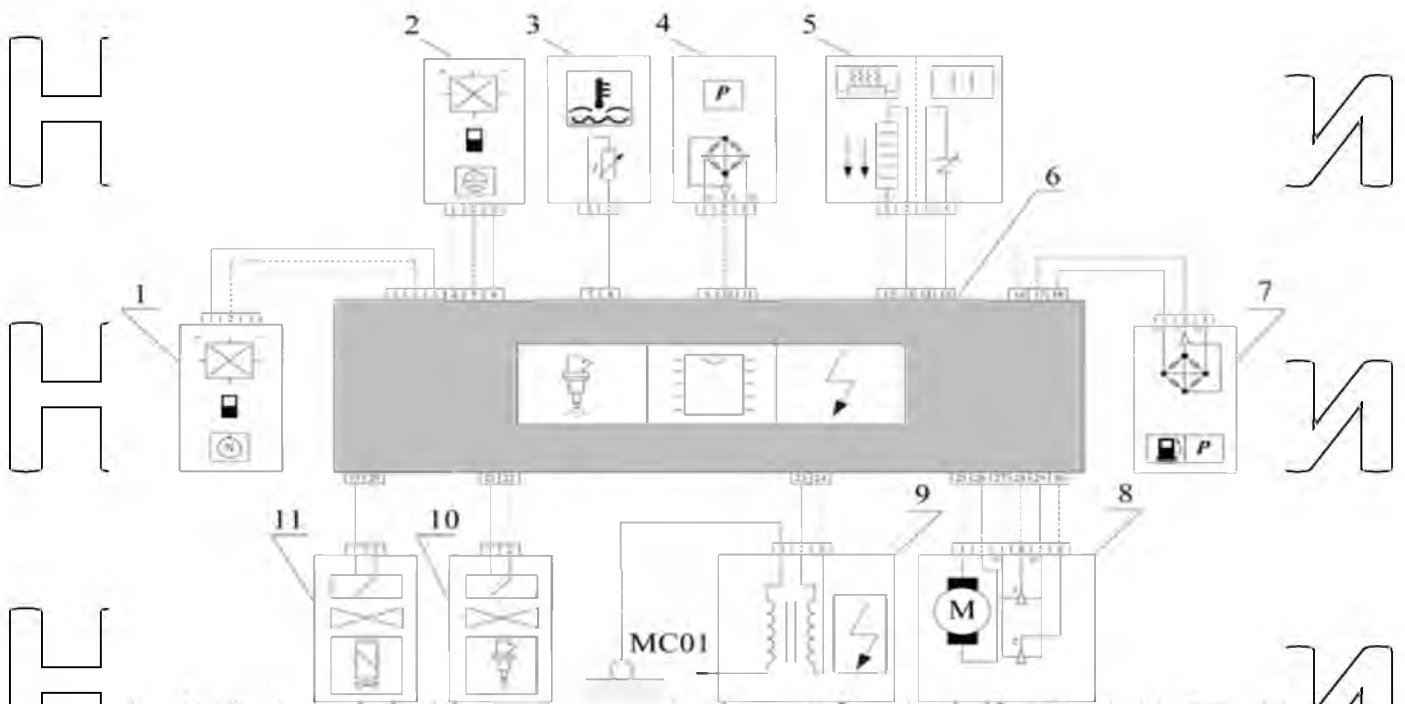


Рис. 1.2 - Схема електронної системи управління двигуном:

1 - датчик положення розподільного валу; 2 - датчик положення колінчастого валу; 3 - датчик температури охолоджуючої рідини; 4 - датчик тиску повітря; 5 - датчик повітря; 6 - ЕБУД; 7 - датчик тиску палива; 8 - електромагнітний клапан регулювання фаз ГРМ; 9 - електромагнітна форсунка; 10 - кстушка запалювання; 11 - електронний дросель.

В ЕСУД, як і в інших системах автомобіля, в процесі експлуатації неминуче виникають різного роду ушкодження, які призводять до зміни початкових властивостей і стану матеріалів, з яких вони виготовлені, в результаті чого система втрачає свою працездатність.

Результати раніше виконаних досліджень експлуатаційної надійності автомобілів [16, 20, 38, 67] показують, що на відмови ЕСУД доводиться до 23% відмов (рис. 1.3)

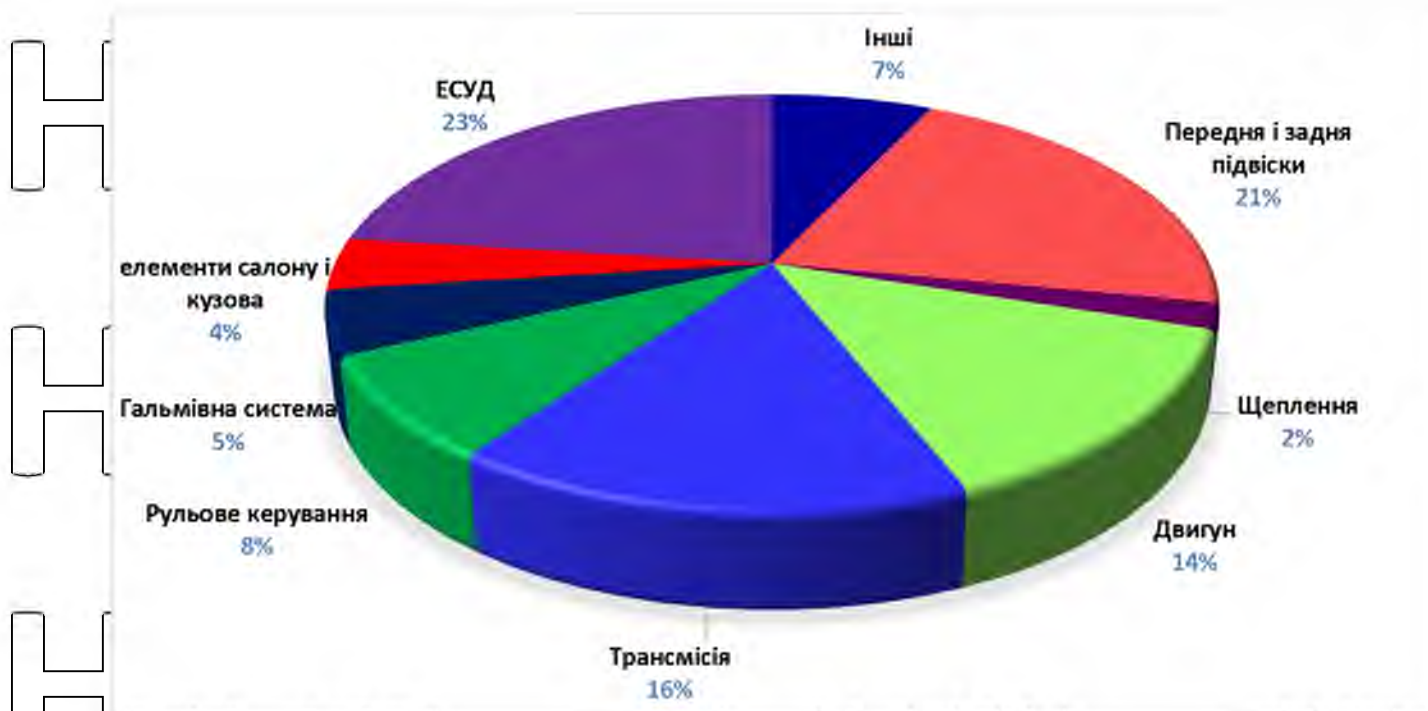


Рис. 1.3 - Діаграма розподілу відмов по системам автомобілів

Істотно підвищити експлуатаційну надійність і знизити витрати на проведення робіт з відновлення працездатності конструктивних елементів ЕСУД покликана планово-попереджувальна система технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобілів, яка передбачає виконання контрольних-діагностичних робіт та своєчасне усунення з'явилися несправності. Однак, як показує виконаний огляд регламентів ТО автомобілів вітчизняного та імпорного виробництва, операції контролю технічного стану елементів ЕСУД при проведенні ТО автомобілів відсутні. При технічному обслуговуванні автотранспортного засобу (АТЗ) виконується лише перевірка кодів несправностей, що зберігаються в пам'яті електронного блоку управління, і тільки при їх наявності здійснюються контрольні-діагностичні операції відповідно до рекомендацій заводу-виробника. При відсутності кодів несправностей в пам'яті ЕСУД система визнається технічно справною і додаткові перевірки не проводяться.

Але, як показує практика, тільки по відсутності кодів помилок некоректно робити висновок про те, що система справна, так як в ній можуть бути приховані несправності, які проявляються при подальшій експлуатації автомобіля. Бортова

(вбудована) система самодіагностики автомобіля не може виявити такі дефекти, так як блок управління заносить в свою пам'ять код несправності тільки при виході будь-якого діагностичного параметра із заданого в програмі нормативного інтервалу, при цьому на панелі приладів загоряється відповідна контрольна лампа. Відсутність у прийнятому регламенті ТО автомобілів операцій контролю технічного стану елементів ЕСУД призводить до зниження її експлуатаційної надійності і збільшення витрат на підтримання системи в технічно справному стані.

1.2 Огляд наукових досягнень в галузі підтримання працездатності електронних систем управління двигуном

В зарубіжних країнах масовий випуск автомобілів, обладнаних ЕСУД, відноситься до початку 2000-х років. Ті, що прийшли на заміну карбюраторним системам живлення, нові системи упорядкування палива мають більш складну конструкцію, вимагають більш якісне паливо і більш високий рівень технічного строку. Відсутність обґрунтованих режимів ТО ЕСУД, технологій діагностування їх технічного стану призводить до великої кількості їх відмов в експлуатації. У зв'язку з цим виникає необхідність в розробці системи забезпечення працездатності ЕСУД (режимів ТО, методик визначення технічного стану її конструктивних елементів, алгоритмів діагностування, прогнозування її залишкового ресурсу і т.д.).

Розвитку методів ТО і ремонту ЕСУД присвячені роботи А. А. Гончарова, М. В. Григор'єва, С. А. Мігуша, С. Ю. Чиркіна, Е. А. Павлинко, А. В. Кузнецова, М. В. Чукмарєва, В. А. Набоких, Д. С. Березюкова, М.Т. Нгуен і інших отеческих і зарубіжних вчених [6,20,38,53,61,73,99].

Дослідження А.А. Гончарова [20] були спрямовані на розробку системи і технологій діагностування ДВЗ з електронною системою управління. Розроблені методики діагностування ЕСУД базуються на принципах системного підходу на

основі сучасних інформаційних технологій. Реалізацію системного підходу автор рекомендує здійснювати на основі багаторівневого ланцюжка, що включає в себе:

- контроль параметрів двигунів;
- контроль підсистем ЕСУД;
- контроль елементів електронної системи.

Роботи М.В. Григор'єва [38,41] були присвячені розробці і здійсненню операцій технічного обслуговування ЕСУД вітчизняних легкових автомобілів. За результатами проведених ним досліджень розроблені математичні моделі формування періодичностей обслуговування конструктивних елементів ЕСУД в умовах обмеженої інформації про їх надійності.

В дослідженнях С.Ю. Чиркина [88,99] розглянуті питання управління двигуном внутрішнього згорання, обладнаного ЕСУД, на основі експериментальних даних. Як об'єкт дослідження був прийнятий вітчизняний двигун ВАЗ - 2123, обладнаний електронною системою управління Bosch 7.9.7+. Розроблена автором система управління двигуном дозволяє здійснити оцінку алгоритмів її функціонування методом контролю управління впливів і відгуків.

В роботах Е.А. Павленко [66,73] досліджувалися залежності ефективності функціонування двигунів, оснащених ЕСУД, від різних параметрів (вмісту речовин у відпрацьованих газах, тривалості уприскування палива, масової витрати повітря, кута випередження запалювання та ін.). Які прийняті ним в якості діагностичних параметрів. Показником, що характеризує ефективність функціонування ДВЗ, прийнятий коефіцієнт надлишку повітря, в найбільшою мірою відображає повноту згорання робочої суміші в циліндрах силового агрегату.

За результатами досліджень автором отримана регресійна модель залежності коефіцієнта надлишку повітря від обраних діагностичних параметрів.

У режимі холостого ходу найбільш істотний вплив на цей коефіцієнт надають: вміст кисню і незгорілих вуглеводнів, час уприскування і розрідження у

впускному колекторі двигуна. На режимі максимального крутного моменту: вміст оксиду вуглецю, незгорілого вуглецю, час уприскування палива форсунками.

Дослідження Нгуєн Мінь Тієна [16], виконані в МАДИ, були спрямовані на вивчення впливу технічного стану ЕСУД на роботу двигун і розробку методики її діагностування в умовах підприємств автосервісу.

В процесі експериментальних досліджень відмови конструктивних елементів ЕСУД (датчиків масової витрати повітря, положення дросельної заслінки, температури повітря у впускній системі, положення розподільчого валу, детонації, температури охолоджуючої рідини і регулятора додаткового повітря) імітувались шляхом їх відключення і контролем значень показників відпрацьованих газів (оксиду вуглецю - CO, вуглеводню - CH₄, кисню - O₂, вуглекислого газу - CO₂ і коефіцієнта надлишку повітря - λ).

Виконані дослідження дозволили автору встановити аналітичні залежності (однофакторні моделі) впливу відмов елементів ЕСУД на основні показники токсичності відпрацьованих газів і сформувавши оптимальні плани і алгоритми діагностування технічного стану розглядаючої системи для різних пробігів АТЗ.

Питаннями діагностування електромагнітних форсунок двигунів за-приймаються Д.С. Березюк [6]. Їм запропонований метод діагностування технічного стану форсунок, заснований на вимірюванні тиску палива в нагнітаючої-котельної магістралі при непрацюючому двигуні. Оцінка стану форсунок проводиться порівнянням показників їх статичної та динамічної напруги, а також нерівномірності подачі палива з використанням еталонного електромагнітного клапана.

Дослідження А.В. Кузнецова [53] були присвячені розробці системи діагностування ДВЗ на основі нечіткої логіки. У його роботі оцінка технічного стану двигуна проводилася на основі вимірювання зовнішніх швидкісних характеристик двигуна (моменту і потужності на валу двигуна, витрати палива і повітря, кута виведення запалювання, як функції частоти обертання колінчатого вала двигуна). На думку автора для визначення технічного перебування двигуна достатньо інформації, одержуваної з наступних датчиків

ЕСУД: положення колінчастого вала двигуна, масової витрати повітря, положення дросельної заслінки, систем управління уприскуванням палива і запалювання третьому.

Розробкою алгоритмів адаптивного управління двигунами внутрішнього згоряння займався С.А. Мігуш [61]. Ним запропонована математична модель перетворення вхідних сигналів (кута повороту дросельної заслінки, кількості палива, що впорскується і кута випередження запалювання) в регульовані перемінні (співвідношення повітря / паливо і крутний момент) при роботі двигуна. За результатами виконаних досліджень автором запропонована поліпшена модель інжекторного ДВЗ, заснована на синтезі алгоритмів керування двигуном.

Проектування універсального електронного блоку управління двигуном (ЕБУД) присвятив свою роботу С.Ю. Чиркин [99]. На основі проведених ним досліджень сформульовані вимоги і підходи до проектування універсального ЕБУД, що реалізує концепцію безперервного управління роботою ДВЗ, обґрунтований вибір мікроконтролера і мінімального складу елементів ЕБУД, розроблена принципова електрична схема і макет друкованої плати.

Аналіз виконаних наукових робіт показує, що в них не розглядалися питання, пов'язані з розробкою системи забезпечення працездатності ЕСУД (методик визначення технічного стану її конструктивних елементів, тобто, обґрунтуванню комплексних діагностичних параметрів, які оцінюють технічний стан підсистем ЕСУД, алгоритмів діагностування, прогнозування її залишкового ресурсу і т.д.), що ще раз підтверджує актуальність даного дослідження.

1.3 Основні несправності ЕСУД

В процесі експлуатації автомобіля, що виникають в ньому фізико-хімічні процеси, викликають в елементах ЕСУД зміна їх початкових властивостей і, як наслідок, різні пошкодження (зношування, забруднення, старіння, корозійне руйнування контактів, руйнування ізоляції і т.д.). Несвочасне виявлення і

усунення пошкоджень може привести до відмови ЕСУД і, як наслідок, порушення роботи двигуна, повної або часткової втрати їм працездатності.

Відмови конструктивних елементів ЕСУД можуть бути класифіковані в такий спосіб:

1. Відмови виконавчих пристроїв (форсунка, бензонасос, регулятор холостого ходу, електронний дросель, котушка запалювання, свічка запалювання і т.д.).

2. Відмови датчиків (датчик масової витрати повітря, датчик положення колінчастого вала, датчик детонації, датчик температури охолоджуючої рідини і т.д.).

3. Відмови контролера (збій в роботі програмного забезпечення, постійного пристрою, що займає пам'ять - ПЗП, оперативного пам'яті ОЗП і т.д.).

4. Несправності ланцюгів з'єднання елементів системи (дроти, запобіжники, контакти маси, роз'єми дротів проводів).

5. Відмови інших електронних систем автомобіля, що викликають несправності ЕСУД (автомобільна протитюгінна система, інтелектуальний сервісний модуль - BSI, ABS, автоматична коробка передач - АКПП і ін.).

6. Несправності джерела живлення бортової мережі автомобіля (аккумуляторна батарея - АКБ, генераторна установка) [47].

Для зменшення кількості відмов у ЕСУД при їх експлуатації необхідно підтримувати в хорошому стані всі електронні компоненти, дроти проводів та контакти. Контакти до датчиків повинні бути без слідів корозії, проводка чистою, щоб забезпечити передачу сигналів до ЕСУД без спотворень. Працездатність системи управління двигуном залежить і від стану механічних і гідромеханічних елементів.

Літературний огляд наукових робіт [13,42,47] показав, що однією з найпоширеніших несправностей сучасних ЕСУД є вихід з ладу паливних форсунок. За статистикою на відмови паливних форсунок доводиться 13% від загальної кількості відмов ЕСУД (рис. 1.4).

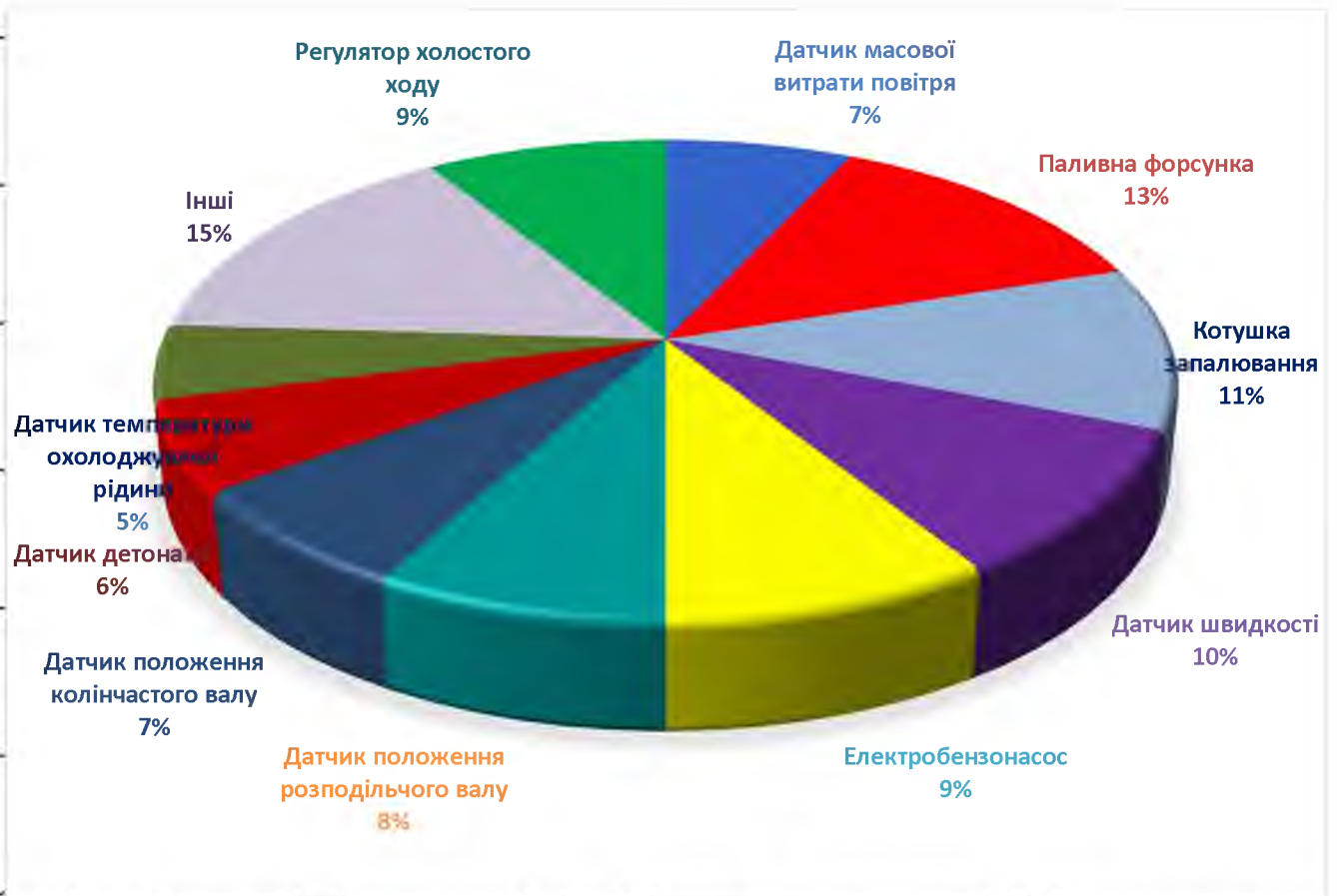


Рис. 1.4 - Основні несправності ЕСУД автомобілів Kia

Основною причиною виходу з ладу паливних форсунок є виникнення і накопичення на її деталях різного роду відкладень. Присутність, наприклад, важких фракцій у складі палива призводить до утворення на елементах форсунок лакових відкладень. Найбільш інтенсивне накопичення таких відкладень відбувається відразу після зупинки двигуна, коли температура корпусу форсунки зростає за рахунок нагріву від гарячих деталей двигуна, а охолоджуючого дію палива відсутня. Легкі фракції палива в робочій зоні форсунки випаровуються, а важкі накопичуються у вигляді лакових відкладень, що зменшують перетин каліброваного каналу.

Несправності паливних форсунок також можуть бути викликані закоксовуванням дозуючих елементів. На сідлах і запірних елементах форсунок з часом з'являються тверді смолисті відкладення (рис. 1.5).

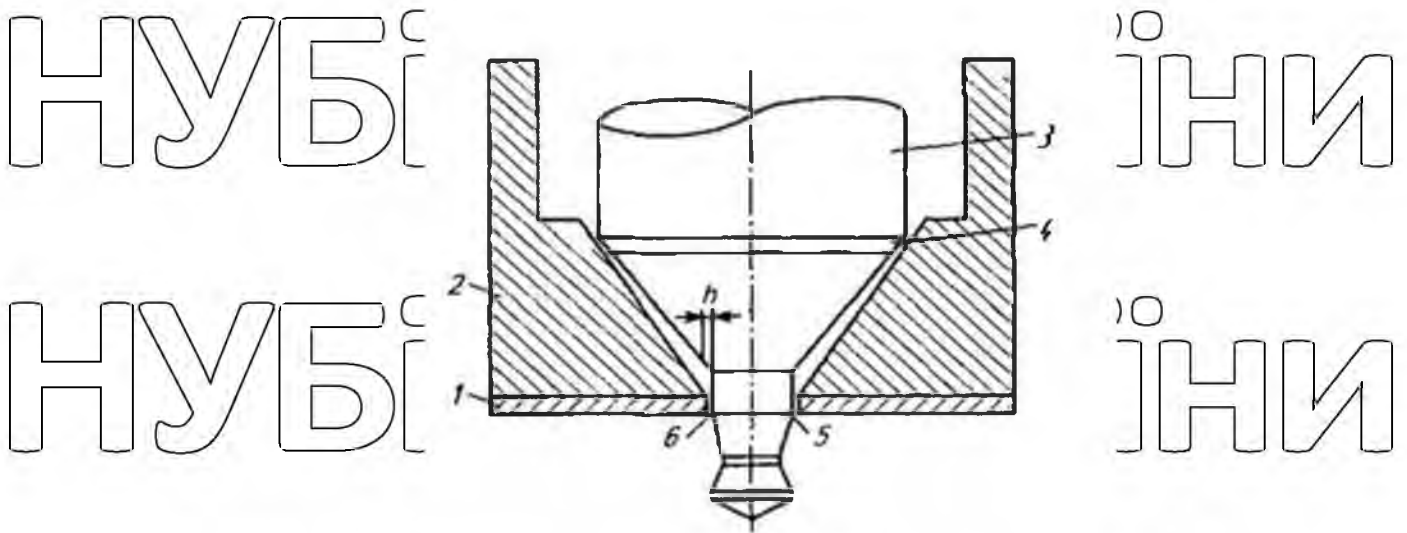


Рис. 1.5 - Схема утворення відкладень на форсунках: 1 - днище; 2 - корпус; 3 - дозуюча голка; 4 - поясок; 5 - зона утворення нагару; 6 - кільцевий зазор

Закорковіваніє паливної форсунки супроводжується відкладенням шару нагару 5 на штифті голки 3 і днища 1. У цьому випадку ущільнювальний поясок 4 не забезпечує необхідну герметичність, в результаті чого зменшується фасли-цевої зазор 6, що супроводжується зменшенням кількості палива, впорскуючи-ного форсункою. Загорковіваніє паливної форсунки виникає також у разі, якщо в паливі міститься велика кількість смол, які відкладаються на елементах форсунок і перекривають розпилувальні отвори, порушуючи тим самим герметичність голчастого клапана [16,51,66].

Робота двигуна з несправними форсунками супроводжується утрудненим пуском, підвищеною витратою палива, зниженням потужності, нестабільною роботою ДВЗ в режимі холостого ходу, провалами при розгоні.

Як видно з діаграми рис. 1.4, крім паливних форсунок часто виходять з ладу котушки запалювання (11%). Їх відмови призводять до перебоїв в роботі двигателів, зниження потужності, збільшення викидів шкідливих речовин в навколишню-ющу середу. Основними причинами виходу з ладу котушок запалювання є обриви провідників в первинній або вторинній обмотці і міжвиткове замикання.

Відмови ЕСУД досить часто пов'язані з виходом з ладу датчиків, які призводять до серйозних порушень в роботі двигуна. Основним датчиком ЕСУД є датчик положення колінчастого валу, відмова якого призводить до неможливості запуску двигуна, так як ЕБУД блокує подачу палива. У більшості випадків датчик втрачає свою працездатність внаслідок обриву його обмотки або її міжвиткового замикання. Виникаючи в процесі експлуатації несправності інших датчиків ЕСУД призводять до збільшення витрати палива і викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище, порушення оптимального складу робочої суміші, нестабільної роботи двигуна в режимі холостого ходу.

Несправності регулятора холостого ходу (9%) призводять до самопрозвольному підвищенню оборотів двигуна, нестійкою його роботі на холостому ходу, нерідко до втрати двигуном працездатності. Найбільш поширеними причинами виходу з ладу регуляторів холостого ходу є:

- обрив в ланцюзі керуючого дроту регулятора;
- закоксування рухомої частини штифта регулятора;
- знос направляючих втулок конусної голки.

Нині практично всі сучасні ЕСУД мають в своєму складі паливні насоси електричного типу. Основними причинами їх відмов є обрив або міжвиткове замикання обмотки електродвигуна, забруднення сітчастого фільтра і втрата герметичності нагнітального клапана. Несправності паливних бензонасосів призводять до повної або часткової втрати працездатності двигуна або значного зниження його потужності.

Більш детально причини і характер відмов конструктивних елементів тимчасових ЕСУД будуть розглянуті у другому розділі роботи.

1.4 Методи і засоби діагностування ЕСУД

При проведенні ТО і ремонту автомобілів дуже важливо мати індивідуально інформацію про їх технічний стан, прихованих і назриваючих відмовах, залишковий ресурс, причини порушення працездатності і т.п. Середовищем

отримання такої інформації служить технічна діагностика, яка являється необхідною складовою в профілактичному обслуговуванні автомобілів і одним з елементів наукової організації праці.

Усі несправності і відмови, що виникають в процесі експлуатації транспорту коштів, супроводжуються шумами, вібраціями, стуками, змінами функціональних показників (потужності, тягового зусилля, тиску та ін.). Ознаками цих несправностей можуть служити діагностичні параметри, які побічно характеризують працездатність елемента, вузла або системи автомобілів.

Діагностичний параметр - непряма величина, пов'язана зі структурними параметрами і несе достатню інформацію про технічне перебування об'єкта. В якості діагностичних параметрів можуть виступати як структурні, так і вихідні параметри. Відповідно до ГОСТ 25044-81 діагностичними параметрами можуть бути параметри робочих і супутніх процесів, а також геометричні параметри [23].

Всі сучасні автомобілі обладнані системами бортової самодіагностики технічного стану ЕСУД, які забезпечують контроль параметрів роботи системи. Вихід параметрів за встановлені межі вказує на наявність несправностей в роботі електронної системи або двигуна. Кожна несправність ЕСУД в електронному блоці управління має конкретне місце і свій код.

Електронний блок управління сучасним двигуном являє собою цифровий мікропроцесор з функцією самодіагностики (рис. 1.6). При роботі двигуна ЕБУД постійно контролює роботу конструктивних елементів ЕСУД і при виникненні будь-якого пошкодження заносить в свою пам'ять код (від двозначного до п'ятизначного), відповідний несправності даного виду.

Для зчитування коду несправності, що зберігається в пам'яті ЕБУД, необхідно підключити діагностичний прилад до спеціального діагностичного роз'єму. Деякі системи самодіагностики дозволяють зчитувати код несправності без застосування діагностичного приладу, шляхом дешифрування сигналу світлодіода, розташованого на панелі приладів.

При роботі двигуна ЕБУД безперервно контролює показники датчиків ЕСУД. У разі якщо, показання якогось з датчиків відхиляються від нормативних

значень, що зберігаються в пам'яті блоку, він відключається, і система починає працювати по обхідній програмі. Після того як датчик знову стане справним система починає працювати в штатному режимі, і обхідна програма відключається.

Під час роботи ЕСУД в аварійному режимі, по обхідній програмі, на панелі приладів включається контрольна лампа несправності двигуна. Після усунення відмови контрольна лампа вимикається, але занесений в пам'ять ЕБУД код несправності зберігається.

Видалення кодів несправностей з пам'яті ЕБУД здійснюють за допомогою діагностичного обладнання.

За методом отримання інформації пристрої для діагностування ЕСУД можна розділити на дві групи: сканери і мотор-тестери.

Сканер обмінюється інформацією з ЕБУД і дозволяє зчитувати коди помилок, контролювати значення змінних діагностичних параметрів, управляти виконавчими елементами системи і оновлювати програмне забезпечення блоку управління. Він забезпечує можливість переглядати і зберігати інформацію про діагностичних параметрах роботи двигуна, а також керувати виконавчими механізмами ЕСУД. У табл. 1.1 представлені основні діагностичні параметри ЕСУД вітчизняного виробництва і їх номінальних значень.

Таблиця 1.1 - Основні діагностичні параметри ЕСУД і їх номінальні значення

| Діагностичний параметр | Розшифрування параметра | Одиниця виміру | Режим роботи двигуна | |
|------------------------|---------------------------------|----------------|----------------------|------------|
| | | | Холостий хід | 3000 об/хв |
| TANS | Температура повітря | Град. С | 15 | - 45 |
| TMOI | Температура охолоджуючої рідини | Град. С | 82 - 104 | 82 - 104 |
| UBSQ | Напруга бортової мережі | В | 13.0 | - 14.5 |

| | | | | |
|-----------|---|--------|------------|------------|
| WPED | Положення педалі акселератора | % | 0 | 0 |
| WDKBA | Положення дросельної заслінки | % | 1 | - 4 |
| NSOL | Бажані оберти колінчастого валу на холостому ході | Об/хв | 840 | - |
| NMOT | Обороти колінчастого вала | Об/хв | 840±40 | 3000±100 |
| MI | Витрата повітря | Кг/год | 7.0 - 12 | <40 |
| ZWOUT | Кут випередження запалювання (КВЗ) | Грд. | 9±5 | 30 |
| WKRV | Коригування КВЗ за наявністю детонації | град | 0 | -2.5 - 5 |
| RI_W | Навантаження на двигун | % | 17 | - 26 |
| FHO | фактор барокорекції | | 0.89 | - 1.02 |
| TIEFF | час упорскування | мсек | 2.7 | - 3.9 |
| DMVAD | Адаптація регулювання ХХ | % | ± 5 | ± 5 |
| USVKL | Сигнал з ДК1 | В | 0.01 | - 0.89 |
| USVKL | Сигнал з ДК2 | В | 0.01 | - 0.89 |
| FR_W | Коефіцієнт корекції надлишку повітря | | 1.0 ± 0.15 | 1.0 ± 0.15 |
| MSLEAK | Коефіцієнт адаптації подачі палива на ХХ | кг | ± 2.5 | ± 2.5 |
| FZABGZYL | Пропуски запалювання | | 0 | 0 |
| 1-4 | Період 1-го ДК | сек | <1.9 | <1.9 |
| DTPPSVKMF | Пропуски запалювання впливають на роботу нейтралізатора | | 0 | 0 |
| FZKATS | Поточна корекція ХХ | % | ± 8 | 0 |
| DMILLRI | | | | |

| | | | | |
|----------|--|-----|-----------|----------|
| ANKAT | Фактор старіння нейтралізатора | | <0.45 | <0.45 |
| UDKP1 | Напруга датчика дросельної заслінки 1 | V | 0.56-0.66 | - |
| UDKP2 | Напр. датчика дросельної заслінки 2 | V | 4.30-4.50 | - |
| UPWG1ROH | Напруга датчика положення педалі акселератора 1 | V | 0.43-0.50 | - |
| UPWG2ROH | Напруга датчика положення педалі акселератора 2 | V | 0.21-0.26 | - |
| RINV | Опір ДК 1 | Om | 60 - 140 | - |
| RINH | Опір ДК 2 | Om | 60 - 140 | - |
| B_LL | біт XX | - | Так | немає |
| B_LR | Біт регулювання в замкненому контурі | - | Так | Так |
| B_SBBVK | Біт готовності ДК 1 | - | Так | Так |
| B_SBBHK | Біт готовності ДК 2 | - | Та ні | Та ні |
| B_SZCAT | Біт завершення тесту нейтралізатора | - | Немає да | Немає да |
| B_NOLSV | Біт завершення тесту ДК 1 | - | Немає да | Немає да |
| B_NOLSH | Біт завершення тесту ДК 2 | - | Немає да | Немає да |
| B_FOFB1 | Біт навчання шківів колінчастого вала | - | Немає да | Немає да |
| B_TE | Біт продувки адсорбера | - | Немає да | Немає да |
| DFC_TEV | Біт завершення тесту СУШБ | - | Немає да | Немає да |
| B_KUPPL | Біт датчика педалі зчеплення | - | Немає да | Немає да |
| B BREMS | Біт датчика педалі гальма | - | Немає да | Немає да |
| P_DAV | Тиск палива в рампі | кПа | 380 ± 20 | 380 ± 20 |

При виході за межі допустимих значень параметрів необхідно проведення поглибленого діагностування відповідних конструктивних елементів ЕСУД.

Основною відмінністю сучасного мотор-тестера від діагностичного сканера є те, що він отримує інформацію не тільки від датчиків ЕСУД, але і від своїх власних. Крім того, мотор-тестер забезпечує перевірку технічного стану первинної та вторинної ланцюгів системи запалювання, а також дозволяє контролювати форму електричних імпульсів датчиків і виконавць елементів системи.

Порядок проведення контрольно-діагностичних робіт при появі в ЕСУД несправностей включає наступні основні етапи.

1. Виявлення і усунення несправностей механічних елементів і гидромеханічних систем двигуна. Відхилення в роботі механічних систем двигуна можуть бути помилково прийняті за несправності елементів ЕСУД.

Це може бути пов'язано з підсмоктуванням повітря, низьким тиском в циліндрі наприкінці такту стиснення, відхиленням фаз газорозподілу, обмеженням прохідності системи випуску відпрацьованих газів.

2. Контроль роботи системи самодіагностики автомобіля і діагностичного ланцюга.

3. Зчитування кодів несправностей (помилки), що зберігаються в пам'яті ЕБУД. Код помилки вказує на несправність конкретного конструктивного елементу системи, або в загальному вигляді визначає її наявність в будь-якій підсистемі двигуна. У разі, якщо коди несправностей відсутні в пам'яті ЕБУД, то необхідно провести поглиблене діагностування технічного со-стояння ЕСУД, так як несправності системи і двигуна можуть мати когось комплексний характер, який не може бути розпізнаний системою самодіагностики автомобіля.

Застосування типових діагностичних карт пошуку несправностей, використовуючих в разі, якщо коди помилок в пам'яті ЕБУД відсутні, а порушення в роботі ЕСУД присутні. Як правило, діагностичні карти є в нормативно-технічній документації заводів-виготовлювачів. Діагностичні карти необхідні для виявлення несправностей конструктивних елементів системи і їх

електричних ланцюгів за допомогою логіки, яка побудована за методом виключення помилок. Основу даного методу складає припущення одночасної відсутності декількох несправностей [13,42].

5. Контроль значень змінних параметрів роботи ЕСУД за допомогою діагностичних приладів (сканерів, мотор-тестерів, осцилографів і т.д.). Для пошуку несправностей необхідно порівняти отримані за допомогою діагностичного приладу значення параметрів з номінальними. Несправні конструктивні елементи ЕСУД також можуть бути виявлені шляхом прямого управління їх вихідними ланцюгами за допомогою діагностичного приладу [44,47].

Сучасні системи самодіагностики не можуть виявити і локалізувати виникають в ЕСУД приховані несправності. Вони лише фіксують уже коли у системі настала відмова. Для зменшення кількості відмов, виявлення прихованих несправностей і забезпечення необхідного рівня надійності ЕСУД необхідно проводити оцінку технічного стану її елементів на СТОА при кожному регламентному ТО автомобіля. При цьому однією з основних задач діагностування ЕСУД на СТОА є не тільки визначення поточного технічного стану конструктивних елементів системи, а й прогнозування запасу їх справної роботи.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Основні причини виникнення відмов конструктивних елементів ЕСУД

В процесі експлуатації автомобіля, що виникають в ньому фізико-хімічні процеси, викликають в елементах ЕСУД зміну їх початкових властивостей і, як наслідок, різні пошкодження (зношування, забруднення, старіння, корозійне руйнування контактів, руйнування ізоляції і т.д.). Всі ці процеси, що призводять в результаті до втрати системою працездатності, можна розділити на чотири групи: механічні, теплові, хімічні та електричні.

Механічні процеси виникають в результаті перетворення споживаючих джерел енергії і впливають на зв'язані деталі ЕСУД у вигляді силдових навантажень. При відносному переміщенні таких деталей в місцях їх контакту з мікронерівності виникають механічні та молекулярні зв'язки, розрив яких призводить до руйнування і видалення мікрооб'ємів матеріалу поверхневих шарів деталей, тобто зношування.

Зношування піддаються практично всі виконавчі елементи ЕСУД: паливні форсунки, бензонасос, паливний насос високого тиску (ПНВТ), регулятор тиску палива і т.д.

Теплові процеси виникають в конструктивних елементах технічних систем, що працюють в умовах великих температурних навантажень. Для автотранспортної техніки такі умови в найбільшій мірі характерні для деталей ДВЗ, основного джерела механічної енергії транспортних засобів. У сучасних двигунах температура газів в камері згорання палива в момент займання робочої суміші сягає 2500°C . Значна частина виділеної при цьому енергії витрачається на нагрів деталей двигуна.

Термічній обробці піддаються практично всі конструктивні елементи ЕСУД (датчики, паливні форсунки, регулятори тиску палива, паливні насоси високого тиску, котушки запалювання і т.д.), так як вони встановлюються безпосередньо на двигуні.

Хімічні процеси спостерігаються при взаємодії матеріалів конструктивно елементів АТЗ з агресивними компонентами зовнішнього середовища (вологістю, температурою навколишнього повітря, хімічно активними компонентами та ін.).

Така взаємодія викликає корозійне руйнування, характерне для великої кількості металевих деталей автомобіля [4,65,74].

Хімічні процеси виникають і в хімічно активних газових середовищах при згорянні паливо-повітряної суміші двигуна внутрішнього згорання. У якості агресивних компонентів газового середовища виступають сполуки повітря, сірки, хлору, азоту. Найбільшому впливу хімічних процесів схильні елементи ЕСУД, що встановлюються в системі випуску відпрацьованих газів ДВЗ (датчик кисню, каталітичний нейтралізатор).

Електричні процеси виникають в деталях електрообладнання автомобілів і електронних системах управління роботою їх агрегатів і вузлів. Виникаючі в результаті дії електричної енергії пошкодження пов'язані, перш за все, з електроерозійним зношуванням різного роду електричних контактів (електродах свічок запалювання, реле, переривника, стартерах, генераторах).

В реальних умовах експлуатації внаслідок постійних змін навантажень, швидкостей, температурних коливань, ступеня забруднення навколишнього середовища на конструктивні елементи ЕСУД одночасно можуть впливати кілька різних негативних процесів, що викликають втрату ними працездатності. Типовим прикладом можуть служити механічні, теплові та хімічні процеси пошкодження деталей паливних форсунок, регулятора тиску палива і т.д.

Функціонування елементів ЕСУД засноване на використанні електричних, електромагнітних, електронних, механічних та інших процесів, вихідних всередині конструкції. В деталях системи протікають процеси відведення та розсіювання тепла, поглинання магнітних і електричних полів, зміни розмірів і непружних деформацій і т.д. Ці процеси бувають оборотними і необоротними.

У випадку оборотних процесів, що викликають збої або нестійку роботу, параметри виробів відновлюються до первинних значень. До необоротних відносяться процеси зношування деталей або їх старіння. При старінні

відбувається процес незворотних змін параметрів через деградацію фізичної структури конструктивних елементів ЕСУД в процесі експлуатації.

На рис. 2.1 показані основні причини виникнення експлуатаційних відмов елементів ЕСУД.



Рис. 2.1 - Діаграма розподілу основних причин експлуатаційних відмов елементів ЕСУД: 1 - старіння матеріалів; 2 - знос рухомих частинок; 3 - застосування неякісних експлуатаційних матеріалів; 4 - корозійне руйнування; 5 - недотримання регламенту ТО; 6 -; 7 - інші

Вплив перерахованих процесів призводить до виникнення в конструктивних елементах ЕСУД різного роду пошкоджень і несправностей (Табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Основні несправності елементів ЕСУД

| елемент ЕСУД | Причини виникнення відмови елемента |
|---|---|
| 1. Електронний термостат (з датчиком температури охолоджуючої рідини) | Коротке замкнення між висновками датчика температури внаслідок руйнування ізоляції. Часткове або піввигорання струмопровідного шару нагрівального елемента. |
| 2. Електромагнітна форсунка | Обрив провідників в обмотці замкнення між витками обмотки. Забруднення розпилувальних отворів форсунки. |
| 3. Кисневий датчик | Часткове або повне випорання струмопровідного шару нагрівального елемента датчика. «Отруєння» чутливість |

| | |
|---|---|
| | елемента датчика етилованим бензином. |
| 4. Каталітичний нейтралізатор | Оплавлення і закупорювання «сот» нейтралізатора. |
| 5. Паливний насос | Заклинювання якоря, зависання і знос щіток, обрив провідників в обмотці, замикання між витками обмотки, знос колектора. |
| 6. Паливний насос високого тиску (з регулятором тиску палива) | Порушення герметичності запірного клапана регулятора тиску внаслідок його забруднення обрив провідників в обмотці, замикання між витками обмотки. Порушення ізоляції обмотки. Знос плунжерних пар насоса. |
| 7. Датчик тиску палива | Забруднення чутливого елемента датчика. порушення контактів паяних з'єднань датчика. |
| 8. Електромагнітний клапан аварійного скидання тиску наддуву | Пошкодження (негерметичність) сіла клапана. Обрив провідників в обмотці, замикання між витками обмотки. |
| 9. Датчик тиску наддуву | Забруднення чутливого елемента датчика. |
| 10. Електромагнітний клапан регулювання тиску наддуву | Забруднення каналів клапана. Обрив провідників в обмотку, замикання між витками обмотки. Порушення контактів паяних з'єднань датчика. |
| 11. Електронна дросельна заслінка | Звісно або знос щіток, обрив провідників в обмотки, замикання між витками обмотки електродвигуна заслінки. |
| 12. Електродвигун системи зміни підйому клапанів ГРМ | Знос доріжки потенціометра датчика положення заслінки. Знос черв'ячного приводу. Заклинювання якоря, зависання щіток. Обрив провідників в обмотці, замикання між витками обмотки. |
| 13. Електронасос охолодження турбокомпресора | Заклинювання якоря, зависання щіток, обрив провідників в обмотці, замикання між витками обмотки. |
| 14. Електромагнітний клапан регулювання фаз ГРМ | Забруднення масляних каналів. Обрив провідників в обмотку, замикання між витками обмотки. |
| 15. Електронна педаль газу | Погіршення якості сигналу датчиків положення педалі, порушення контактів з'єднань датчика. |
| 16. Свічка запалювання | Знос, забруднення контактів, руйнування або пробою ізолятора. |
| 17. Котушка запалювання | Обрив провідників в первинній або вторинній обмотці, замикання між витками обмотки. |

| | |
|---|---|
| 18. Датчик положення колінчатого вала | Погіршення якості сигналу, порушення контактів паяних з'єднань датчика. |
| 19. Датчик положення розподільчого вала | Погіршення якості сигналу, порушення контактів паяних з'єднань датчика. |
| 20. ББУД | Збій в роботі програмного забезпечення, перегорання доріжок плати внаслідок попадання вологи. |
| 21. Турбокомпресор | Знос в підшипниках осі крильчатки турбокомпресора, деформація лопатей крильчатки, порушення герметичності перепускного клапана. |

Як видно з табл. 2.1 велика частина відмов електронних компонентів пов'язана з обривом провідників в обмотках (електродвигунів, електромагнітних клапанів, електромагнітних паливних форсун і ін.) Внаслідок руйнування їх ізоляції та межвиткового короткого замикання. Ізоляція обмотки піддається природному зносу (старіння) під дією зміни температура, вібрацій, вологи і т.д. Замикання обмотки на корпус виникає через місця його руйнування ізоляції, яке може статися в результаті тертя витків обмотки між собою або про корпус, забруднення ізоляції металевим пилом і т.д.

Несправності датчиків кисню найчастіше викликані застосуванням бензина низької якості, їх перегрівом, багаторазовими невдалими спробами запуску двигуна.

Відмови свічок запалювання в більшості випадків пов'язані з використанням палива, до складу якого входять антидетонаційні присадки низької якості на металізованій основі. При згорянні паливно-повітряної суміші на дель-ром-свічки утворюється металізований шар, який є провідником, що викликає "витік" іскрового розряду. Одночасно пробой сприяє підвищенню іскровий зазор, що утворюється в результаті недотримання регламенту заміни свічок запалювання, встановленого заводом виробником.

Електромагнітний клапан системи зміни фаз газорозподілу призначений для регулювання тиску оливи подається на фазорегулятор рас-пределительного вала.

Відмова даного елемента найчастіше пов'язаний із забрудненням його каналів металевими частинками, що містяться в моторному маслі.

Відмови бензонасоса і електромагнітної наливної форсунки виникають також внаслідок застосування неякісного палива, що містить різного роду забруднення. Бруд, яка потрапляє в паливний бак разом з неякісним бензином, забиває приймальню сітку бензонасоса, що призводить до прискореного зносу насосної частини бензонасоса і появи маслянистих відкладень на конусі розпилювача форсунки.

В діючій документації по технічному обслуговуванню автомобілів операції контролю ЕСУД при проходженні регламентного обслуговування не передбачені. В процесі проведення ТО проводиться лише перевірка кодів несправностей, що зберігаються в пам'яті електронного блоку управління, і тільки при їх наявності здійснюються контрольні-діагностичні операції відповідно до рекомендацій заводу-виробника. При відсутності кодів несправностей в пам'яті блоку ЕСУД визнається технічно справною і додаткові перевірки не проводяться.

Але, як показує практика, тільки по відсутності кодів помилок некоректно робити висновок про те, що система справна, так як в ній можуть бути приховані несправності, які проявляться при подальшій експлуатації автомобіля. Бортова система самодіагностики автомобіля не може виявити такі дефекти, так як блок управління заносить в свою пам'ять код несправності тільки при виході будь-якого діагностичного параметра із заданого в програмі нормативного інтервалу.

Для попередження відмов і забезпечення експлуатаційної надійності ЕСУД при проведенні регламентних ТО автомобілів необхідно контролювати стан конструктивних елементів цих систем. При відхиленні діагностичних параметрів від нормативних значень необхідно проводити відповідні технічні дії по усуненню виникаючих несправностей.

2.2 Вибір стратегії технічного обслуговування і ремонту ЕСУД

Ефективність підтримки ЕСУД в працездатному стані багато в чому залежить від обраної стратегії ТО і ремонту її конструктивних елементів.

Стратегія технічного обслуговування і ремонту - це система правил управління технічним станом виробу в експлуатації (ГОСТ 24212 - 80). Аналіз роботи автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування автомобілів дозволяє виділити три основні стратегії забезпечення та відновлення їх працездатності (рис. 2.2):

- технічне обслуговування і ремонт після настання відмови (втрати працездатності);

- технічне обслуговування з напрацювання, відповідно до якого перелік і періодичність виконання операцій визначаються плановими значеннями пробігів автомобіля;

- технічне обслуговування та ремонт станом, при якій перелік і періодичність виконання технічних впливів, спрямованих на забезпечення працездатності автомобілів, призначаються відповідно до їх фактично-ським технічним станом.

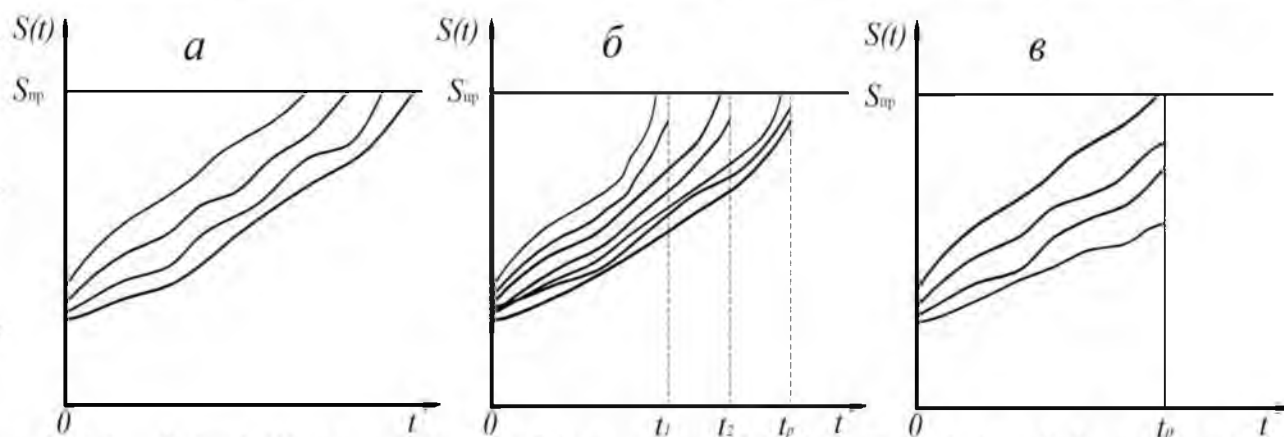


Рис. 2.2 - Стратегії забезпечення працездатності виробів: а - експлуатація до настання відмови; б - за станом з контролем параметрів; в - за призначенням

напрацювання; t_p - напрацювання виробу до ремонту; t_1, t_2, t_3 - напрацювання до проведення контрольно-діагностичних операцій

Відмова виробу відбувається в момент перетину реалізацією $S(t)$ рівня, відповідного граничного значення параметра S_{cr} . Використання стратегії гії ТО, при якій виріб експлуатується до настання граничного відбутися S_{cr} (Рис. 2.2, а), дозволяє повністю реалізувати його ресурс, що, здавалося б, економічно вигідно і доцільно. Однак, як уже зазначалося, в конструктивних елементах ЕСУД несправності, призводять до порушення роботи двигуна, втрати ним

працездатності. При цьому, витрати на усунення несправностей, що виникають в режимі руху автомобіля, набагато перевищують витрати на їх усунення при своєчасному виявленні та усуненні в процесі проведення регламентних ТО. Це пов'язано, перш за все з тим, що вартість ремонтних робіт по відновленню втраченої через отка через ЕСУД працездатності, слід включати і витрати на транспортування ав-автомобіля на СТОА. Як правило, несправне АТЗ доставляється до СТОА з евакуатора, вартість послуг якого досить висока і становить від 10 до 80% загальних витрат на відновлення елемента, що відмовив, а в деяких випадках і цілком порівнянна з ним. Звідси випливає, що стратегія експлуатації ЕСУД до настання відмови при наявності сучасних засобів діагностування вкрай неефективне.

Для підтримки ЕСУД в працездатному стані, як і для більшості агрегатів і вузлів автомобіля, найбільш ефективною і раціональною є стратегія ТО за технічним станом (рис. 2.2, б). Застосування цієї стратегії дозволяє забезпечити високий рівень експлуатаційної надійності ЕСУД при практично повній реалізації ресурсу її конструктивних елементів. Основною умовою використання такої стратегії є можливість визначення технічного стану об'єкта без розбирання за допомогою контрольно-діагностичних засобів.

Однак до складу ЕСУД поряд з елементами, технічний стан яких можна оцінити по зміні відповідних діагностичних параметрів, входить цілий ряд конструктивних елементів, які не мають явних ознак пошкодження (рис. 2.3).

Оцінити їх технічний стан і виявити виникаючі в них несправності при проведенні контрольно-діагностичних робіт в більшості випадків практично неможливо. Для таких елементів ЕСУД цільових перевірок згідно використовувати стратегію технічного обслуговування з напрацювання.

Застосування даної стратегії дозволить істотно знизити кількість відмов двигуна в режимі функціонування і підвищити його експлуатаційними ву надійність.

Таким чином, для конструктивних елементів ЕСУД доцільно використовувати змішану стратегію обслуговування, що включає в себе як ТО за технічним станом, так і з напрацювання.

Для практичної реалізації обраних стратегій технічного обслуговування конструктивних елементів ЕСУД необхідно:

- науково обґрунтувати комплекс діагностичних параметрів і їх нормативних значень для оцінки технічного стану конструктивних елементів ЕСУД першої групи;

- визначити оптимальні напрацювання до заміни конструктивних елементів ЕСУД другої групи;

- розробити методику прогнозування запасу справної роботи (осту-точного ресурсу) елементів ЕСУД.

2.3 Діагностування технічного стану ЕСУД

Діагностуванням називають процес визначення технічного стану об'єкта без його розбирання шляхом вимірювання параметрів, що характеризують його стан, і зіставлення їх з нормативними значеннями.

Діагностування не є самостійним технологічним процесом, воно є елементом системи ТО і ремонту, що забезпечує індивідуальною інформацією про технічний стан об'єкта. Наявність такої інфор-ції дозволяє оптимізувати режими регламентного контролю, оперативно виявляти потребу об'єкта в ремонті і ТО, перевіряти якість їх виконання, тобто комплексно управляти технічним станом.

Діагностування є якісно більш досконалою формою кон-контрольних робіт і відрізняється від останніх наступними ознаками:

- об'єктивністю та достовірністю оцінки технічного стану складність яких об'єктів без їх розбирання за допомогою контрольно-вимірювального обладнання, приладів та інструментів;

- можливістю визначення технічного стану по вихідним параметрам (потужності, паливної економічності, гальмівних якостей і ін.);

- появою умов для прогнозування технічного стану об'єктивним та, його залишкового ресурсу.

Результат діагностування, тобто висновок про технічний стан об'єкта, називається діагнозом. При діагностуванні машин можливі різні варіанти

формування діагнозу. У разі позитивного результату діагностування, тобто коли об'єкт знаходиться в працездатному стані бажано мати інформацію про запасі його справної роботи (прогнозування залишкового ресурсу). При негативному результаті (об'єкт непрацездатний) - висновок про конкретні відмовах і несправності.

В процесі діагностування в загальному випадку беруть участь об'єкт діагностування, технічні засоби діагностування і людина-оператор, які в сукупності утворюють систему діагностування.

Функції людини - оператора змінюються в залежності від ступеня механізації процесу діагностування та від того, яке (робоче або тестове) діагностування виконується. Якщо процес діагностування повністю автоматизований, функції людини-оператора зводяться до мінімуму, або виключаються з процесу діагностування повністю.

Системи діагностування лінійної частини діляться на функціональні, коли діагностування проводять в процесі роботи об'єкта, і тестові, коли при вимірюванні діагностичних параметрів роботу об'єкта відтворюють штучно. Діагностичні системи можуть бути загальними, коли об'єктом є виріб в цілому, а призначенням - оцінка його стану на рівні «придатне - непридатне» і локальний, призначеними для поглибленого діагностування складових частин об'єкта (агрегатів, механізмів, систем).

Залежно від використовуваних технічних засобів системи діагностування можуть бути автоматизованими і ручними. Автоматизації, перш за все, підлягають операції отримання інформації про технічний стан, її оброблення і видачі діагностичного висновку (діагнозу).

Будь-яка система діагностування передбачає встановлення закономірностей зміни технічного стану об'єкта з напрацювання, обґрунтування якогось плекса діагностичних параметрів і їх нормативних значень, виявлення зв'язків цих параметрів з параметрами технічного стану, визначення оптимальної процедури (алгоритму) діагностування.

Діагностування конкретного об'єкта (автомобіля, агрегату, механізму) здійснюють відповідно до алгоритму, що встановлює раціональну послідовність

контрольних, регулювальних і інших операцій по усуненню виявлених несправностей. Він визначає висновок об'єкта на тестовий режим, постановку первинного діагнозу, перехід до наступного елемента, регулювальні і ремонтні операції, повторні і заключні перевірки. Алгоритм будують з урахуванням особливостей об'єкта і засобів діагностування та оптимізують (порівнюючи з іншими варіантами) за економічним критерієм.

Важливою ланкою в оцінці технічного стану ЕСУД є обґрунтований вибір діагностичних параметрів, які будуть в кінцевому підсумку керуючими елементами системи, що розробляється забезпечення ЕСУД автомобілів в працездатному стані в процесі експлуатації.

Технічний стан машин (агрегатів, вузлів) визначається, безумовно, структурними параметрами, однак в більшості випадків, неможливо здійснити їх контроль без розбирання. Тому для цієї мети використовуються діагностичні параметри - непрямі величини, пов'язані зі структурними параметрами і несучі достатню інформацію про технічний стан об'єкта.

Вибір діагностичних параметрів повинен здійснюватися на основі технічних і економічних критеріїв. До технічних критеріїв належать: виявлення елемента до відмови, рівень безвідмовної роботи, коефіцієнт технічної готовності, точність, контролепридатність і ін.

Кращими критеріями є техніко-економічні у вигляді мінімізації сумарних приведених витрат на експлуатацію, діагностування, технічне обслуговування і ремонт.

Вибір діагностичних параметрів визначається на основі аналізу їх взаємозв'язків зі структурними параметрами. Характер таких зв'язків впливає на їх інформативність і зумовлює методи обробки інформації при постановці діагнозу. Якість діагностичних параметрів оцінюють по вартості витрат на діагностування і технологічності методу, заснованого на використування даного параметра. З комплексу діагностичних параметрів вибираються лише ті, які задовольняють вимогам чутливості, однозначності, стабільності, інформативності та технологічності [4,7,23].

За обсягом і характером одержуваної інформації діагностичні параметри поділяються на загальні, приватні і взаємозалежні. Загальні параметри визначають технічний стан об'єкта, що діагностується в цілому, без локалізації конкретних несправностей. Приватні параметри вказують на конкуруючу несправність і використовуються при поглибленому діагностуванні об'єкта. Взаємозалежні параметри оцінюють технічний стан об'єкта діагностування тільки за сукупністю кількох вимірюваних параметрів.

Сучасна ЕСУД являє собою складну технічну систему, яка включає до свого складу кілька десятків конструктивних елементів. Контролювати стан кожного з них при проведенні регламентних робіт ТО автомобіля економічно недоцільно, так як це призведе до великих матеріальних і трудових витрат. У даній роботі рекомендується розбити ЕСУД на чотири підсистеми, кожна з яких може бути оцінена одним комплексним діагностичним параметром, що відображає технічний стан входять до них конструктивних елементів.

Таким чином, в якості діагностичних параметрів з достатньою ступенем точності і достовірності оцінюють технічний стан підсистем ЕСУД, були обрані:

- відхилення тиску повітря у впускному колекторі $P_{тв}$;
- відхилення тиску палива в рампі $P_{тп}$;
- відхилення положення фазорегулятора впускного розподільного вала $\phi_{гм}$;
- коефіцієнт корекції подачі палива $K_{кп}$.

Важливим етапом об'єктивної оцінки технічного стану ЕСУД є визначення нормативних значень діагностичних параметрів, кількісно оцінюють технічний стан її підсистем. Як нормативними при діагностуванні ЕСУД і їх елементів служать номінальне, граничне і допустиме значення.

Номінальне значення діагностичного параметра S_n визначає початковий стан ЕСУД і відповідає новим, технічно справним системам. Це значення параметра може бути задано технічними умовами на експлуатацію виробу, або знайдено як середню величину для даної сукупності ЕСУД.

Граничне значення параметра $S_{г}$ відповідає такому стану системи, коли її подальша експлуатація стає технічно неможливою або економічно недоцільною через істотне погіршення техніко-економічних характеристик двигуна.

Граничні діагностичні параметри встановлюються, як правило, на підставі досліджень процесів роботи двигуна при проектуванні ЕСУД на заводах-виробниках і відповідають втрати нею працездатності, тобто настання відмови.

В процесі роботи двигуна електронний блок управління системою постійно контролює поточні значення діагностичних параметрів і порівняння їх з граничними нормативами. При перевищенні будь-яким параметром граничного нормативу електронний блок управління заносить в пам'ять код несправності і на панелі приладів спалахує контрольна лампа, яка і сигналізує про настання відмови.

В процесі виконання контрольно-діагностичних робіт ЕСУД на СТОА Як нормативи доцільно використовувати не граничні, а допустимі значення діагностичних параметрів, при яких забезпечується необхідний рівень безвідмовної роботи на заданій напрацювання.

Для визначення допустимих нормативів необхідно мати не тільки значення діагностичних параметрів, а й закономірності зміни цих параметрів з напрацювання. Вичерпання закладеного при проектуванні ЕСУД ресурсу обумовлено поступовим накопиченням різних пошкоджень в їх елементах (зношування, корозія, і т.д.). Розвиток таких пошкоджень в залежно від часу або напрацювання носить плавний, монотонний характер, призводить до виникнення поступових відмов, тому з деякою ймовірністю зміна параметра технічного стану може бути описано лінійною або степенною функцією:

$$y(t) = y_n + ut; \quad (2.1)$$

$$y(t) = y_n + bt^a, \quad (2.2)$$

де y_n - початкове значення параметра технічного стану;

u - інтенсивність зміни параметра з напрацювання; t - напрацювання виробу;

a - показник ступеня, що визначає залежність параметра y від напрацювання t при $a = 1$ степенева функція перетвориться в лінійну).

Зміна аналогових діагностичних параметрів з напрацювання для під-систем ЕСУД, як і для більшості вузлів і систем автомобіля, описується тими ж

функціями, що і параметри технічного стану. Тому в якості основної версії приймаємо, що зміна діагностичних параметрів, які оцінюють технічний стан підсистем ЕСУД з напрацювання, описується ступеневою функцією:

$$S(t) = S_n + vt_a,$$

де S_n - початкове значення діагностичного параметра.

(2.3)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Показник ступеня α визначається досвідченим шляхом на основі обробки статистичного матеріалу з напрацювань підсистем ЕСУД до відмови. Іntenсивність зміни параметра з напрацювання v з достатнім ступенем точності знаходиться з виразу:

$$v = \frac{S_{\Pi} - S_{\text{н}}}{t_{\text{cp}}} \quad (2.4)$$

де S_{Π} - граничне значення діагностичного параметра, t_{cp} - середнє напрацювання підсистеми від початку експлуатації до відмови.

Знаючи періодичність проведення технічного обслуговування автомобілів (періодичність діагностування $t_{\text{д}}$), Величину граничного нормативу S_{Π} і інтенсивність зміни параметра з напрацювання, значення допустимого нормативу визначається з виразу:

$$S_{\text{д}} = v \left(\alpha \sqrt{\frac{S_{\Pi}}{v}} - t_{\text{д}} \right). \quad (2.5)$$

Значення граничних і допустимих нормативів діагностичних параметрів є необхідними елементами в системі забезпечення працездатного стану ЕСУД при проведенні контрольних-діагностичних операцій на СТОА. Відхилення нормативів за межі допуску, що викликаються виникненням несправностей, служить основою для прийняття рішення про проведення необхідних технічних впливів (операцій поглибленого діагностування, регулювань, ремонт доріг тощо).

2.4 Визначення доцільності та термінів планово-поперемжувальних замін конструктивних елементів ЕСУД

Як зазначалося вище сучасні ЕСУД поряд з елементами, стан яких можна перевірити за допомогою діагностичних параметрів включають в себе елементи, що не мають ознак зміни технічного стану. В основних до таких елементів

відносять датчики, на відмови яких приходиться в межах 30% від загальної кількості відмов ЕСУД.

Датчики ЕСУД призначені для інформування ЕБУД про параметри функціонування його систем і механізмів. Блок управління постійно приймає і обробляє електричні сигнали від датчиків і коригує склад робочої суміші, частоту обертання колінчастого валу, моменти іскроутворення в циліндрах, висоту підйому впускних клапанів і т.д. Електрична схема підключення датчиків до електронного блоку управління представлена на рис. 2.6.

В процесі експлуатації автомобіля датчики ЕСУД піддаються дії електричного струму парів палива, оливи, електроліту, ударним навантаженням, вібраціям і т.д. В результаті з часом відбувається старіння матеріалів, з яких вони виготовлені, деградація і забруднення чутливих елементів, зміна їх електричних характеристик. Все це призводить до втрати датчиками своєї працездатності (відмови) і порушення роботи двигуна (табл. 2.3).

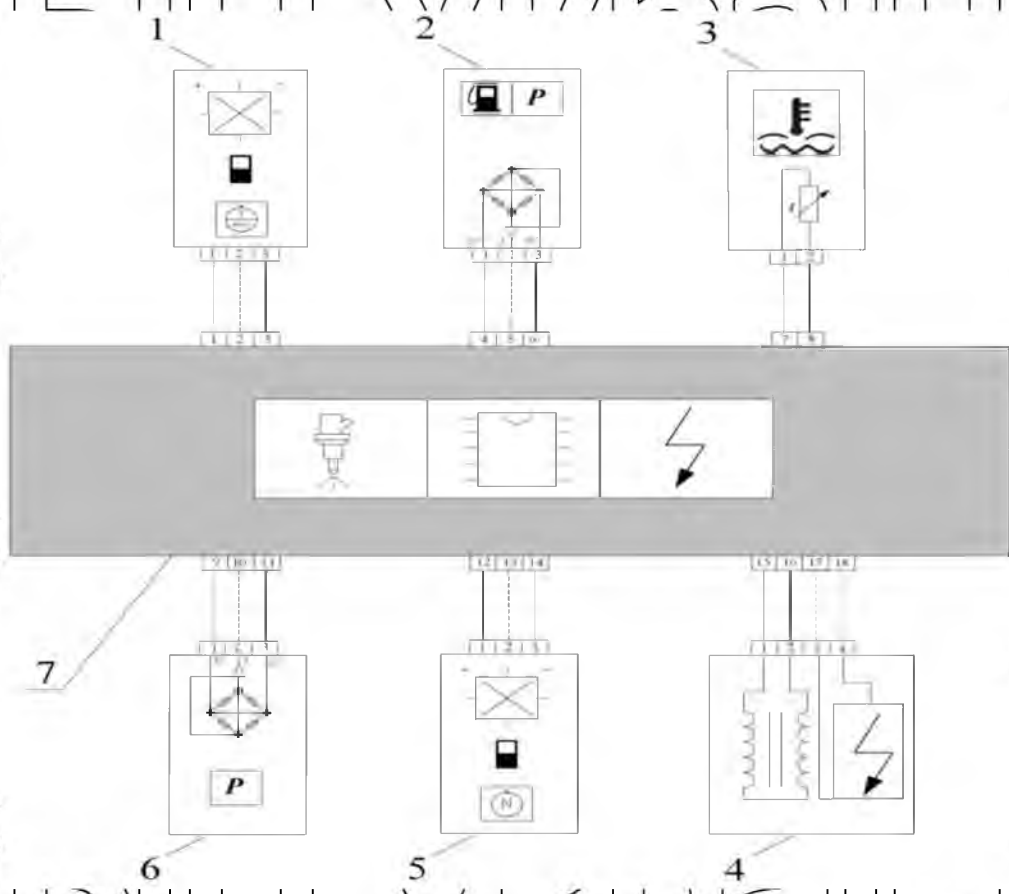


Рис. 2.6. Електрична схема підключення датчиків ЕСУД: 1 - датчик положення колінчастого вала; 2 - датчик тиску палива; 3 - датчик температури охолоджуючої рідини; 4 - датчик кисню; 5 - датчик положення розподільного вала; 6 - датчик тиску наддуву; 7- електронний блок управління.

Датчики ЕСУД відносяться до класу конструктивних елементів автомобіля, які не мають явних ознак фізичного старіння і деградації матеріалу, з яких вони виготовлені, тому при проведенні контрольних-діагностичних робіт оцінити технічний стан таких елементів, виявити виникають в них несправності в більшості випадків практично неможливо.

Таблиця 2.3
Функціональне призначення датчиків ЕСУД і вплив їх відмов на роботу двигуна

| Датчик | Функціональне призначення | Наслідки відмови |
|---------------------------------|---|--|
| Положення колінчастого вала | Визначає положення і частоту обертання колінчастого вала | Запуск двигуна неможливий |
| Тиску палива | Передає в ЕБУД інформацію про тиск палива в паливній рампі | ЕБУД не може оптимізувати склад робочої суміші. Збільшується витрата палива і викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище, знижується потужність, робота двигуна нестійка |
| Тиск наддуву | Інформує ЕБУД про температури і тиску повітря в впускному колекторі | Двигун працює нестійкий, знижується потужність, збільшується витрати палива |
| Положення розподільного вала | Визначає положення і частоти обертання розподільного вала | Знижується потужність. У деяких ЕСУД неможливий запуск двигуна |
| Температура охолоджуючої рідини | Передає в ЕБУД інформацію про температуру охолоджуючої рідини | Утруднений пуск холодного двигуна, знижується його потужність, спостерігається нерівномірна робота в режимі холостого ходу, можливий перегрів двигуна |



Для забезпечення надійної роботи двигуна доцільно замінювати такі елементи ЕСУД на нові після досягнення ними певного напрацювання. Така стратегія технічного обслуговування ЕСУД спрямована на попередження можливих відмов датчиків системи в процесі виконання ними заданих функцій.

Значення напрацювань датчиків до замін знаходяться за результатами обробки статистичних даних, що характеризують їх експлуатаційну надійність.

Для невідновлюваних виробів, до яких відносяться і датчики ЕСУД, в якості показників, що оцінюють їх надійність, доцільно використовувати інтенсивність відмов $\lambda(t)$, яка наочно показує залежність виникнення відмов за пробігом і зміна ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ в інтервалі напрацювання від початку експлуатації до настання граничного перебування.

Інтенсивність відмов - умовна щільність ймовірності виникнення відмови невідновлюваного виробу, що визначається за умови, що до розглядаючих моментів часу відмова не виникло. Визначення цього показника базується на понятті щільності ймовірності відмови в момент часу t , під яким розуміється межа відносини ймовірності відмови в інтервалі часу від t до $t + \Delta t$ до величини цього інтервалу Δt при $\Delta t \rightarrow 0$. Фізичний сенс щільності ймовірності відмови - це ймовірність відмови в досить малу одиницю часу:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t + \Delta t) - P(t)}{\Delta t} \quad (2.6)$$

З визначення інтенсивності відмов $\lambda(t)$ слід, що

$$P(t)\lambda(t)\Delta t = f(t)\Delta t \quad (2.7)$$

де $P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи за час t ,
 $f(t)$ - щільність розподілу напрацювання до відмови.

Тоді інтенсивність відмов визначається відношенням:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \quad (2.8)$$

Графічна інтерпретація зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ показана на рис. 2.7.

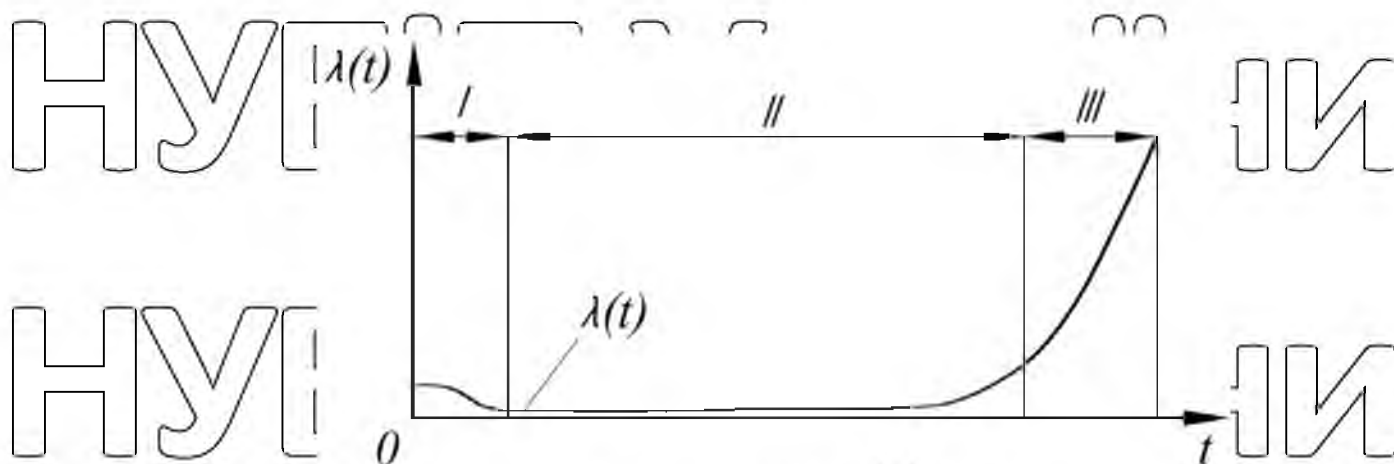


Рис. 2.7 Графік зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ з напрацювання t .

На першій ділянці (період підросітки) відмови до скта, виникнення яких обумовлено дефектами виробництва, мають підвищену інтенсивність.

До початку другого періоду інтенсивність відмов знижується і зберігається приблизно постійної ($\lambda = \text{const}$) на весь період нормальної експлуатації. Відмови в цей період носять переважно випадковий характер і виникають, в основному внаслідок порушення умов експлуатації.

В третьому періоді інтенсивність відмов різко зростає внаслідок через зношування, старіння, накопичення ушкоджень та інших процесів. Коли інтенсивність відмов досягає певного рівня, подальша експлуатація стає недоцільною і елемент замінюється. Аналіз залежності зміни $\lambda(t)$ показує, що в певному інтервалі напрацювання інтенсивність відмов датчиків внаслідок накопичення ними особистих пошкоджень починає помітно зростати. У зв'язку з цим заміну датчиків доцільно виконувати при досягненні цієї напрацювання, так як подальша експлуатація без проведення відповідних технічних впливів призведе

до їх відмови. На рис. 2.7 цей доробок визначається переходом інтенсивності відмов $\lambda(t)$ з II в III період експлуатації.

Значення напрацювань до заміни датчиків ЕСУД можуть бути визначені і по допустимому рівню ймовірності їх безвідмовної роботи. Відповідно до цього методу напрацювання елемента до його заміни визначається з умови, що ймовірність відмови на цій напрацювання не може бути нижче заданої величини R_d , називаються ризиком (рис. 2.8).

$$P_d(t_0 \geq t_3) \geq R_d = \gamma, \quad (2.9)$$

де R_d - допустима ймовірність безвідмовної роботи; t_0 - напрацювання до відмови; t_3 - напрацювання до заміни; γ - задана ймовірність безвідмовної роботи.

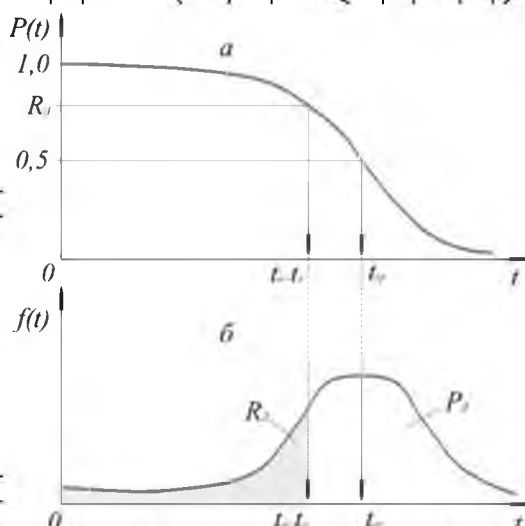


Рис. 2.8. Схема визначення напрацювання до заміни датчиків в ЕСУД по допустимому рівню безвідмовності: а - ймовірність безвідмовної роботи;

б - щільність розподілу напрацювань до відмови

Така напрацювання до заміни дозволяє запобігти всім відмови, що лежать в розподілі праворуч від величини t_3 і забезпечує високий рівень безвідмовної роботи датчиків ЕСУД на напрацюваннях між проведенням чергових регламентних обслуговування автомобіля.

Для елементів ЕСУД, які не впливають на безпеку руху автомобіля, допустима ймовірність безвідмовної роботи може бути прийнята рівною $R_d = 0.80$ [7,52]. Такий рівень ймовірності безвідмовної роботи дозволяє виключити значну

частину їх відмов в процесі функціонування і істотно скоротити пов'язані з цим витрати на відновлення працездатності автомобіля.

Для практичної реалізації даного методу визначення оптимального напрацювання до заміни датчиків необхідна статистична інформація про їх експлуатаційної надійності, яка може бути отримана тільки в результаті проведення експериментальних досліджень в реальних умовах експлуатації АТЗ.

2.5 Розробка методики визначення ймовірності безвідмовної роботи ЕСУД на заданій напрацювання по діагностичній інформації

Досвід роботи СТОА показує, що при виконанні регламентних ТО автомобілів приховані несправності, що виникають в ЕСУД, виявляються вкрай рідко (10-15% від їх загальної кількості), що приводить до виникнення відмов конструктивних елементів системи в режимі функціонування АТЗ. Такі відмови, як уже зазначалося, призводять до погіршення техніко-економічних характеристик двигуна аж до втрати ним працездатності.

Для зниження кількості відмов ЕСУД при проведенні ТО автомобіля доцільно оцінювати вірогідність безвідмовної роботи на доробку до проведення наступного регламентного ТО.

Ймовірність безвідмовної роботи - це ймовірність того, що в межах заданої напрацювання відмова виробу не виникне. Цей показник застосовується як для відновлюваних, так і для невідновлювальних виробів.

Оцінка ймовірності безвідмовної роботи дозволить досить повно характеризувати надійність ЕСУД в часі, так як цей показник визначається за статистичними даними про її відмови.

Значення ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$, як і будь-якої ймовірності, знаходиться в межах

$$0 \leq P(t) \leq 1. \quad (2.10)$$

Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ і ймовірність відмови $F(t)$ утворюють повну групу подій:

$$P(t) + F(t) = 1. \quad (2.11)$$

Зміна ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ і відмови $F(t)$ з напрацювання t представлено на рис. 2.9.

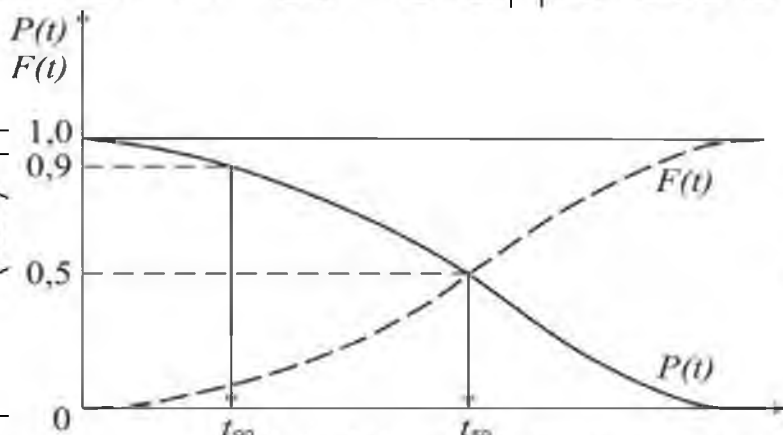


Рис. 2.9 - Зміна ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ і відмови $F(t)$ з напрацювання t

Функція $P(t)$ дозволяє стосовно окремо взятому елементу конструкції передбачити і кількісно оцінити можливість відмови на тому чи іншому пробігу.

Вона визначається з виразу:

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt, \quad (2.12)$$

де $f(t)$ - щільність ймовірності розподілу напрацювання до відмови.

Ймовірність безвідмовної роботи ЕСУД залежить, перш за все, від технічного стану її конструктивних елементів, яке оцінюється за обраним діагностичним параметром $P_{\text{в}}, P_{\text{д}}, D_{\text{оп}}, Q_{\text{д}}$ (див. Ц.2.3).

В Загалом вигляді залежність впливу діагностичних параметрів на ймовірність безвідмовної роботи ЕСУД може бути виражена за допомогою рівняння регресу:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4, \quad (2.13)$$

де y - параметр оптимізації в закодованому вигляді (ймовірність безвідмовної роботи ЕСУД); b_i - коефіцієнти моделі (вагові характеристики), враховуючи

ступінь впливу i -го параметра на функцію відгуку; x_i - кодовані значення i -го параметра, фактора (діагностичні параметри/ЕСУД).

Чисельні значення закодованих параметрів (x_1, x_2, x_3, x_4) і коефіцієнти (b_0, b_1, b_2, b_3, b_4) за якими можна судити про величину впливу кожного з них на параметр оптимізації, обчислювалися за допомогою методики планування експерименту [40, 83].

Вибрані кількісні і якісні стани фактора називають значеннями фактора. Найменше значення, яке приймає фактор, називається нижнім рівнем фактора (НР), найбільше значення верхнім рівнем (ВР). Середнє арифметичне значення верхнього та нижнього рівнів називається основним рівнем фактора (ОР). Різниця між верхнім і основним рівнем називається інтервалом варіювання фактора (ІВ). Інтервалом варіювання фактора є також модуль різниці нижнього і основного рівнів фактора.

Значення верхнього і нижнього рівнів незалежних факторів повинні відповідати величинам обраних діагностичних параметрів ($P_{дв}$, $P_{дт}$, $\phi_{гтм}$, $К_{кл}$) При граничному або несправному стані системи і повністю справному стані (см.п.2.3). У табл. 2.4 представлені верхній, основний, нижній рівні, а також інтервал варіювання.

Для зручності розрахунку в якості параметра оптимізації в даній роботі вибрана не ймовірність безвідмовної роботи, а ймовірність виникнення відмови ЕСУД.

Вихідними даними для розрахунку є значення ймовірностей виникнення відмов при різних поєднаннях незалежних факторів, що визначають за результатами статистичної обробки експериментальних даних, отриманих в ході виконання дослідження експлуатаційної надійності ЕСУД.

Таблиця 2.4

Умови проведення експерименту

| Фактори | | | | |
|----------------|-----------------|----------------|---------------------|--------------|
| Рівні факторів | $P_{дв}$, мбар | $P_{дт}$, бар | $\phi_{гтм}$, °ПКВ | $К_{кл}$, % |

| | | | | |
|----|---|---|---|---------------------------------------|
| BP | $P_{\text{дан}}$ | $P_{\text{дтн}}$ | $\varphi_{\text{гмп}}$ | $K_{\text{кш}}$ |
| OP | $(P_{\text{дан}} + P_{\text{дтн}}) / 2$ | $(P_{\text{дан}} + P_{\text{дтн}}) / 2$ | $(\varphi_{\text{гмп}} + \varphi_{\text{гмп}}) / 2$ | $(K_{\text{кш}} + K_{\text{кш}}) / 2$ |
| IP | $(P_{\text{дан}} - P_{\text{дтн}}) / 2$ | $(P_{\text{дан}} - P_{\text{дтн}}) / 2$ | $(\varphi_{\text{гмп}} - \varphi_{\text{гмп}}) / 2$ | $(K_{\text{кш}} - K_{\text{кш}}) / 2$ |
| HP | $P_{\text{дан}}$ | $P_{\text{дтн}}$ | $\varphi_{\text{гмп}}$ | $K_{\text{кш}}$ |

Кожен закодованій фактор представлений у вигляді виразу:

$$x_i = \frac{N_i - 0y_i}{IB_i} \quad (2.14)$$

де N_i - натуральне значення фактора.

Першим етапом при побудові математичної моделі є складання матриці планування експерименту, яка представляє собою таблицю, в якій введені верхні і нижні рівні факторів в їх кодовому позначенні, номери дослідів а також параметри оптимізації в кодовому позначенні. Кожен рядок матриці планування являє собою один досвід і містить номер досвіду, верхній, нижній рівні факторів і значення параметра оптимізації, отримані в результаті проведення досвіду. Зміст будь-якого горизонтального рядка в матриці планування являє собою умови проведення одного досвіду.

Таблиця 2.6

Матриця планування експерименту ($N = 2^4 = 16$)

| № досвіду | Послідовність проведення дослідів | Фактори | | | | | $F(y)$ | Літерне позначення |
|-----------|-----------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------------|
| | | x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | | |
| 1 | 3 | + | + | + | + | + | 100 | ABCD |
| 2 | 9 | + | - | + | + | + | - | BCD |
| 3 | 1 | + | + | - | + | + | - | ACD |
| 4 | 15 | + | - | + | + | - | - | CD |
| 5 | 11 | + | + | + | + | + | - | ABD |
| 6 | 2 | + | - | + | - | + | - | BD |
| 7 | 7 | + | + | - | - | + | - | AD |
| 8 | 13 | - | - | - | - | + | - | D |
| 9 | 12 | + | + | + | + | - | - | ABC |

| | | | | | | | | |
|----|----|---|---|---|---|---|----|------|
| 10 | 4 | + | - | + | + | - | 00 | BC |
| 11 | 10 | + | + | + | - | - | | AC |
| 12 | 14 | + | - | - | + | - | | C |
| 13 | 5 | + | + | + | - | - | - | AB |
| 14 | 8 | + | - | + | - | - | - | B |
| 15 | 6 | + | + | - | - | - | 00 | A |
| 16 | 15 | + | - | - | - | - | 1 | (+1) |

2.6 Прогнозування залишкового ресурсу конструктивних елементів ЕСУД

Однією з основних завдань діагностування ЕСУД є прогнозування її залишкового ресурсу, під яким розуміється визначення тривалості справної роботи системи до настання граничного стану. Основою прогнозування залишкового ресурсу ЕСУД, як і будь-якої технічної системи, що знаходиться в експлуатації, служить діагностична інформація та нормативні значення параметрів, які оцінюють її технічний стан.

При проектуванні і конструюванні ЕСУД оцінку їх ресурсу здійснюються в основному за результатами конструкторських розрахунків і статистичних даних про аналоги. При цьому прогнозований ресурс є заданою величиною, відповідної певної ймовірності, з якою ресурс повинен бути реалізований в експлуатації.

В реальних умовах експлуатації ресурс конструктивних елементів ЕСУД через вплив на них безлічі випадкових факторів варіює в доволно широких межах (рис. 2.10) і характеризується диференціальною функцією розподілу напрацювань до граничного стану $f(t)$. Тому на стадії проектування як прогнозованого ресурсу в технічній документації вказується деяка середня ресурс $t_{\text{ср}}$ - математичне очікування напрацювання елемента ЕСУД до граничного стану $Y_{\text{пр}}$

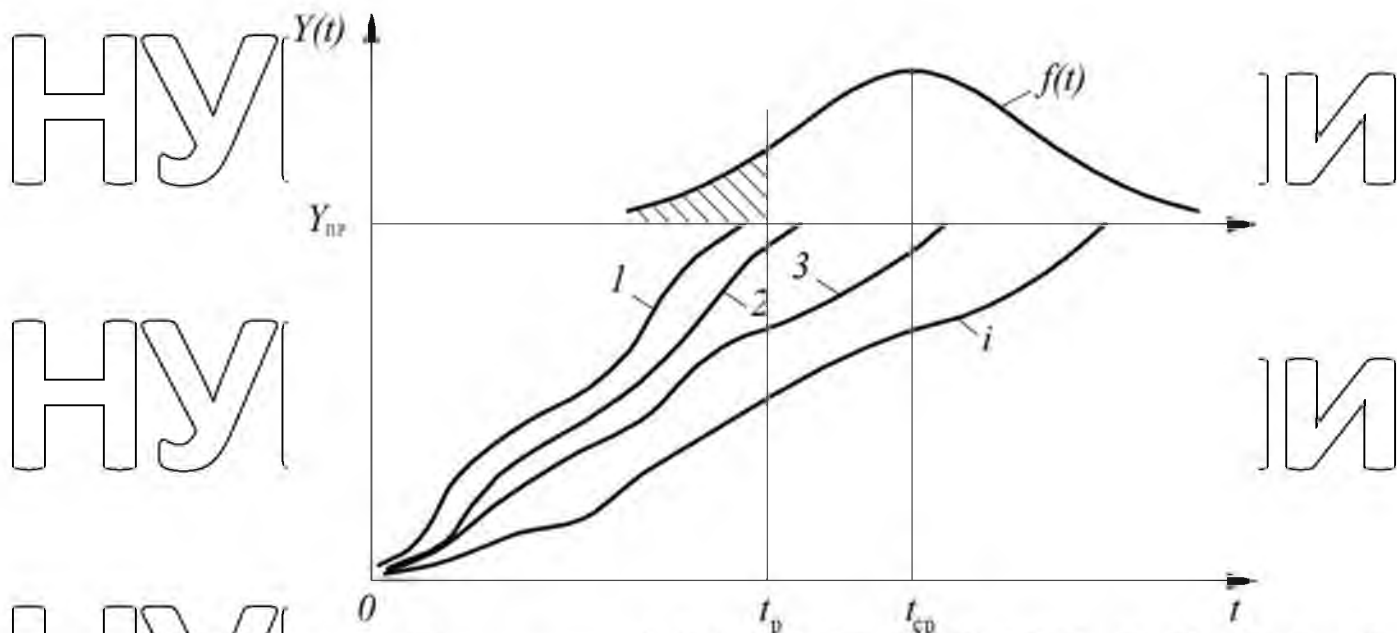


Рис. 2.10 - Графічна інтерпретація реалізації ЕСУД прогнозованого ресурсу

Граничного стану конструктивний елемент ЕСУД досягає в момент перетину реалізації $Y(t)$ рівня $Y_{нр}$, встановлюваного нормативно-технічною документацією. Фактичні моменти досягнення об'єктами цього стану можуть суттєво відрізнятися в залежності від їх індивідуальних властивостей і умов експлуатації. Тому ресурс об'єкта, слід вважати випадковою величиною і може бути описаний тільки імовірнісними моделями. У якості такої моделі зазвичай використовується щільність розподілу напрацювань об'єкта до граничного стану. В цьому випадку теоретичне значення середнього ресурсу конструктивного елемента ЕСУД від початку експлуатації до заміни може бути визначено з виразу:

$$t_{ср} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt, \quad (2.15)$$

де $f(t)$ - щільність розподілу напрацювання до граничного стану.

Для деяких виробів, до яких пред'являються підвищені вимоги до безвідмовності, як прогнозованого ресурсу може бути використаний гамма-процентний ресурс t_{γ} ,

Тобто значення ресурсу, забезпеченого із заданою ймовірністю γ . При відомій функції розподілу ресурсу γ - відсотковий ресурс знаходиться з виразу:

$$t_{\text{ср}} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt, \quad (2.16)$$

Істотним недоліком використання в якості прогнозованого гамма-процентного ресурсу є те, що як показує практика, напрацювання реальних об'єктів до граничного стану значно вище. В результаті це призводить до значного недовикористання закладених у виробі при проектуванні і виробництві індивідуальних ресурсів. На відміну від стадії проектування, коли прогнозується ресурс всієї генеральної сукупності створюваних ЕСУД, прогнозування на стадії експлуатацію виконують для конкретних елементів систем управління двигуном. У цьому випадку оцінюється індивідуальний залишковий ресурс системи, тобто можлива тривалість її експлуатації від моменту контролю технічного стану до досягнення нею граничного стану. Відрізняється він від ресурсу нової ЕСУД тим, що в якості початку відліку приймається поточна напрацювання, до якої система вже якийсь час експлуатувалася і частина установленого технічною документацією ресурсу вже реалізована.

Досягнення конструктивними елементами ЕСУД граничного стану, відповідного вичерпання їх ресурсу, зводиться не тільки до фізичного через носі і старіння. Воно може бути обумовлено також впливом факторів недоступної подальшої експлуатації за вимогами безпеки, економічності та ефективності.

Сучасні методи прогнозування технічного стану об'єктів поділяються на три основні групи: методи експертних оцінок, методи моделювання, статистичні методи.

Найбільш достовірними при прогнозуванні індивідуального остаточного ресурсу виробів в умовах експлуатації є статистичні методи, засновані на об'єктивній оцінці їх технічного стану в поточний момент часу. Процес прогнозування з використанням статистичних методів передбачає виконання наступних етапів:

• обґрунтування комплексу діагностичних параметрів, адекватно відображаючих технічний стан виробів і визначення їх нормативних значень; побудова графіків зміни діагностичних параметрів зі статистики послуг-ного даними;

• розробка аналітичних рівнянь, що описують закономірності зміни цих параметрів з напрацювання;

• статистична оцінка залишкового ресурсу.

Діагностування електронних систем управління двигуном є одним з найскладніших видів робіт з технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

Об'єктивний висновок про технічний стан ЕСУД (встановлення діагнозу) вимагає від виконавця високої кваліфікації, знань конструкції, яка обслуговується двигуном, вміння користуватися сучасним діагностичним обладнанням і нормативною технічною документацією.

При прогнозуванні безпосередньо виміряти залишковий ресурс підсистеми ЕСУД практично неможливо. Тому необхідно обґрунтувати аналогічний діагностичний параметр або комплекс таких параметрів, які адекватно відображають технічний стан підсистеми, визначити їх нормативні значення і реалізацію її ресурсу з напрацювання. Як вже зазначалося (см.п.2.3) реалізація

ресурсу підсистем ЕСУД з напрацювання з достатнім ступенем точності описується ступеневою функцією (ф. 2.3).

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Методика проведення експериментальних досліджень

Для вирішення поставлених у дисертаційній роботі завдань необхідні різні відомості про умови роботи ЕСУД, характер і причини виникнення відмов, ступеня їх впливу на роботу двигуна, показниках безвідмовності і довговічності конструктивних елементів та ін.

В даній роботі така інформація була отримана на основі експериментальних досліджень по експлуатаційної надійності ЕСУД в процесі по-етапного виконання наступних робіт:

- вибір характерних умов для проведення експлуатаційних випробувань автомобілів;
- здійснення збору первинної інформації про експлуатаційну надійність системи;
- аналіз отриманих даних;
- формування інформаційної бази, яка є однією з головних компонент системи, що розробляється забезпечення працездатності ЕСУД в умовах експлуатації.

Технічний стан ЕСУД і витрати на підтримку їх в працездатному стані в умовах експлуатації досліджувалися з використанням методів математичної статистики і апарату теорії ймовірностей, в основу яких покладено вибірковий спосіб. Завдання досліджень і послідовність їх виконання наведені на рис. 3.1.

Важливою умовою початку проведення досліджень по визначенню показників експлуатаційної надійності ЕСУД є визначення мінімального розміру вибірки. Найбільш поширеним методом визначення вибірки випробувань є метод довірчих інтервалів, який полягає в наступному. За попередніми вибірковими характеристиками випадкової величини (наприклад, середнього ресурсу t_{cp} визначають верхню t_v і нижню t_n довірчі кордони (рис. 3.2). Ці кордони і

визначають довірчий інтервал, який з деякою довірчою ймовірністю α накриває значення t_{cp}

$$\alpha = P(t_{\alpha} \leq \bar{t}_{cp} \leq t_{\alpha}). \quad (3.1)$$

Ширина довірчого інтервалу характеризує точність вибіркової оцінки t_{cp} , А

довірча ймовірність α - достовірність цієї оцінки. Чим вже довірчий інтервал і більше значення α , тим точніше оцінка середнього ресурсу t_{cp} . Якщо потрібно визначити математичне очікування напрацювання (ресурсу) t_{cp} з наперед заданою

точністю ε і достовірністю α , то мінімальний обсяг вибірки, який забезпечить цю

точність, знаходиться за формулою

$$N = \frac{U_p^2 \sigma^2}{(\delta \bar{t}_{cp})^2}, \quad (3.2)$$

де U_p - допоміжна величина (квантиль), що визначається за таблицею Квант-лей нормального розподілу; δ - відносна похибка (для автотранспортування засобів приймається в межах 5 - 10%).

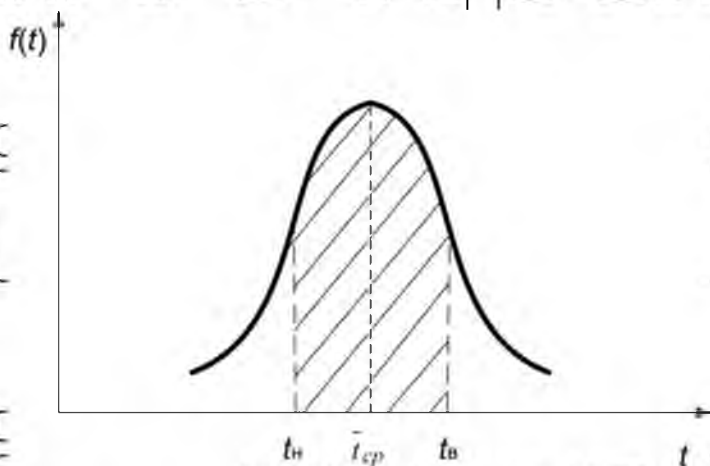


Рисунок 3.1. Розподіл випадкової величини напрацювання t в довірчих межах

За результатами виконаних розрахунків мінімальний обсяг вибірки дослідження склав $N = 58$ ЕСУД. У зв'язку з тим, що сучасна ЕСУД включає в себе кілька десятків конструктивних елементів, кількість обстежених автомобілів,

які формують вибірку, буде значно вище зазначеної величини (у даній роботі обсяг вибірки склав 190 ЕСКД).

Збір експериментальних даних здійснювався автором цієї роботи процесі проведення ТО, ремонту та діагностування електронних систем керування бензиновими двигунами. Дослідження проводилися протягом трьох років (з 2014 по 2017 г.) на базі дилерського центру «MAN» м. Києві. В якості об'єкта дослідження обрані ЕСУД 1.6 VTi Tiptronic (88 кВт) та 1.6 TNP Turbo Tiptronic (110 кВт), що встановлюються на автомобілі марки MAN (моделі 207, 208, 308, 3008, 408).

Для реалізації досліджень була розроблена відомість, в якій фіксувалися: модель автотранспортного засобу, поточний пробіг з початку експлуатації, відомості про виявлені несправності і пошкоджені-них елементах системи, що досліджується, причини та ознаки настання відмови, перелік проведених технічних впливів, значення діагностичних параметрів підсистем ЕСУД. При проведенні досліджень використовувалося діагностичне обладнання, рекомендоване заводом-виробником автомобілів MAN (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Обладнання, що використовується при проведенні експериментальних досліджень

| Найменування підсистеми | Устаткування |
|-------------------------|---|
| Живлення паливом | 1. Діагностичний комплекс «DIAGBOX» ver: 8.1 |
| | 2. Мультиметр цифровий MY-65 (Mastech) |
| | 3. Газоаналізатор чотирьохкомпонентний «Инфракар» M1.01 |
| | 4. Манометр для вимірювання тиску палива |
| | 5. Імітатор сигналу датчика тиску палива |
| Подачі повітря | 1. Діагностичний комплекс «DIAGBOX» ver: 8.1 |
| | 2. Мультиметр цифровий MY-65 (Mastech) |
| | 3. Газоаналізатор чотирьохкомпонентний «Инфракар» M1.01 |
| | 4. Комплект пристосувань для вимірювання тиску повітря у впускній трубі (манометр, перехідна втулка, з'єднувальний шланг) |

| | |
|---|---|
| Зміни фаз ГРМ | 1. Діагностичний комплекс «DIAGBOX» ver: 8.1. |
| | 2. Мультиметр цифровий MY-65 (Mastech) |
| | 3. Набір пристосувань для вимірювання витяжки ланцюга ГРМ |
| | 4. Пристосування для фіксації розподільних валів |
| | 5. Осцилограф RTB-2000 |
| Зниження токсичності відпрацьованих газів | 1. Діагностичний комплекс «DIAGBOX» ver: 8.1. |
| | 2. Мультиметр цифровий MY-65 (Mastech) |
| | 3. Набір для вимірювання тиску в системі випуску відпрацьованих газів |
| | 4. Газоаналізатор чотирьохкомпонентний «Інфракар» M1.01 |

Розглянуті в рамках цього дослідження конструктивні елементи, що підлягають оцінці та аналізу надійності, представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Досліджувані конструктивні елементи ЕСВД

| Підсистема ЕСВД | Конструктивні елементи |
|------------------|---|
| Живлення паливом | 1. Паливний насос |
| | 2. Паливний насос високого тиску (з регулятором тиску палива) |
| | 3. Паливна форсунка |
| | 4. Датчик тиску палива |
| | 5. турбокомпресор |
| | 6. Електромагнітний клапан аварійного скидання тиску наддуву |
| Подачі повітря | 7. Електромагнітний клапан регулювання тиску наддуву |
| | 8. Електронний дросель |
| | 9. Датчик тиску наддуву |
| Зміни фаз ГРМ | 10. Електромагнітний клапан регулювання фаз ГРМ |
| | 11. Електродвигун системи зміни підйому клапанів ГРМ |
| | 12. Датчик положення розподільного валу |

| | |
|--|--|
| Зниження токсичності відпрацьованих газів | 13. Датчик положення колінчастого вала |
| | 14. Датчик кисню |
| Інші | 15. Каталізатор |
| | 16. Електронний термостат (з датчиком температури охолоджуючої рідини) |
| | 17. Електронасос охолодження турбокомпресора |
| | 18. Електронна педаль газу |
| | 19. Свіча запалювання |
| | 20. Котушка запалювання |
| | 21. ЕБУД |

За методологією отримання даних експериментальні дослідження проводилися на реальних об'єктах в експлуатаційних умовах із залученням кваліфікованого персоналу (інженерів, діагностів) при регулярному контролі технічного стану ЕСУД. За режимам і умов проводяться випробування відносяться до класу випробувань без фіксації режимів роботи.

За рівнем об'єктивності використання (обліку) отримані результати випробувань носять рекомендаційний характер, містить конкретні запропоновання заводу-виробника (перелік об'єктів, що лімітують надійність, рівень впливу відмови елемента на працездатність двигуна, причини відмов і несправностей та ін.) і споживачам (оптимальні напрацювання до заміни елементів, прогноз залишкового ресурсу ЕСУД, рекомендації по ТО і т.д.).

Обробка отриманих дослідних даних проводилася за допомогою програми Microsoft Excel 2010 і полягала у визначенні показників, які оцінюють експлуатаційну надійність ЕСУД.

3.2 Аналіз статистичних даних по експлуатаційної надійності елементів ЕСУД

Як уже зазначалося, в процесі експлуатації автомобіля, що виникають в ньому фізико-хімічні процеси, викликають в елементах ЕСУД зміна їх початкових властивостей і, як наслідок, різні пошкодження (зношування, старіння, корозійне руйнування контактів, руйнування ізоляції і т.д.). Це тягне за собою погіршення вихідних параметрів роботи ДВЗ і, в кінцевому результаті, призводить до втрати ним працездатного стану. На рис. 3.3 наведені результати досліджень розподілу відмов конструктивних елементів ЕСУД 1.6 КНР Turbo Turbogric (100 кВт).

Експлуатаційні випробування показали, що найменш надійної підсистем ЕСУД є підсистема живлення паливом. До її складу входять конструктивні елементи ЕСУД мають найбільший відсоток відмов: паливний насос високого тиску (9,4%), паливний насос (7,1%), паливна форсунка (5,3%). Як показує практика, відмови підсистеми подачі палива пов'язані як з неюдосконалення конструкції входять до її складу елементів, так і з застосуванням палива низької якості.

Як вже зазначалося раніше основним показником, що характеризує надійність будь-якої технічної системи, є ймовірність її безвідмовної роботи $P(t)$, статистична оцінка якої за результатами випробувань визначається відношенням:

$$P(t) = \frac{N - \sum_{j=1}^r m_j}{N}, \quad (3.3)$$

де N - число працездатних виробів на початок спостережень; m_j - число виробів, які відмовили в j -му інтервалі напрацювання; r - число інтервалів напрацювання.

Крім ймовірності безвідмовної роботи в розрахунках на надійність широко використовується ще один показник - інтенсивність відмов $\bar{\lambda}(t)$, статистична оцінка якої визначається за формулою:

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t)\Delta t}, \quad (3.4)$$

де $N(t)$, $N(t + \Delta t)$ - кількість працездатних виробів при напрацюваннях t і $t + \Delta t$; Δt - інтервал напрацювання [4,50].

Інтервал напрацювання t вибирають так, щоб він містив достатню число значень t_i і був досить малий у порівнянні із загальною тривалістю випробувань або спостережень (t_i - тривалість часу до відмови кожного з об'єктів t_1, \dots, t_N). У даній роботі інтервал напрацювання t становить 20 тис. км (регламентна періодичність ТО автомобіля MAN).

Визначення показників безвідмовності $P(t)$ і $\lambda(t)$ конструктивних елементів-тов. ЕСУД виконувалися за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel. Результати розрахунку наведені в додатку 2. Як приклад в табл. 3.4 представлені показники безвідмовності 2-х елементів підсистеми зниження токсичності відпрацьованих газів по інтервалах напрацювання.

Таблиця 3.4
Статистична оцінка показників безвідмовності елементів підсистеми зниження токсичності відпрацьованих газів

| Показник | Інтервал напрацювання, тис.км. | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 | 100-120 | 120-140 | 140-160 | 160-180 | 180-200 |
| Датчик кисню | | | | | | | | | | |
| частота відмов n_i | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 25 | 17 | 14 | 8 |
| безвідмовної роботи $P(t)$ | 0,99 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,92 | 0,86 | 0,53 | 0,30 | 0,11 | 0 |
| інтенсивність відмов $\lambda(t) \cdot 10^{-4}$ | 0,68 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 1,45 | 3,03 | 24,27 | 27,87 | 46,67 | 90,6 |
| Каталітичний нейтралізатор | | | | | | | | | | |
| частота відмов n_i | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 29 | 22 | 15 | 10 |
| Інтенсивність відмов $\lambda(t) \cdot 10^{-4}$ | 0,98 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,89 | 0,84 | 0,52 | 0,27 | 0,11 | 0 |
| інтенсивність відмов $\lambda(t) \cdot 10^{-4}$ | 1,11 | 0,56 | 0,57 | 1,16 | 2,41 | 3,18 | 23,58 | 30,56 | 42,86 | 94,4 |

Графічна інтерпретація зміни інтенсивності відмов $\lambda(t)$ цих елементів з напрацювання показана на рис. 3.5.

Аналіз наведених залежностей показує, що інтенсивність відмов розглянутих елементів починає помітно зростати після досягнення ними напрацювання 100-110 тис. км. До цієї напрацювання в розглянутих елементах збирається велика кількість у відпрацьованих газах забруднюючих частинок, які знижують ефективність роботи каталітичного нейтралізатора, робочих характеристик датчиків кисню і, в кінцевому підсумку, неминучої втрати ними працездатного стану.

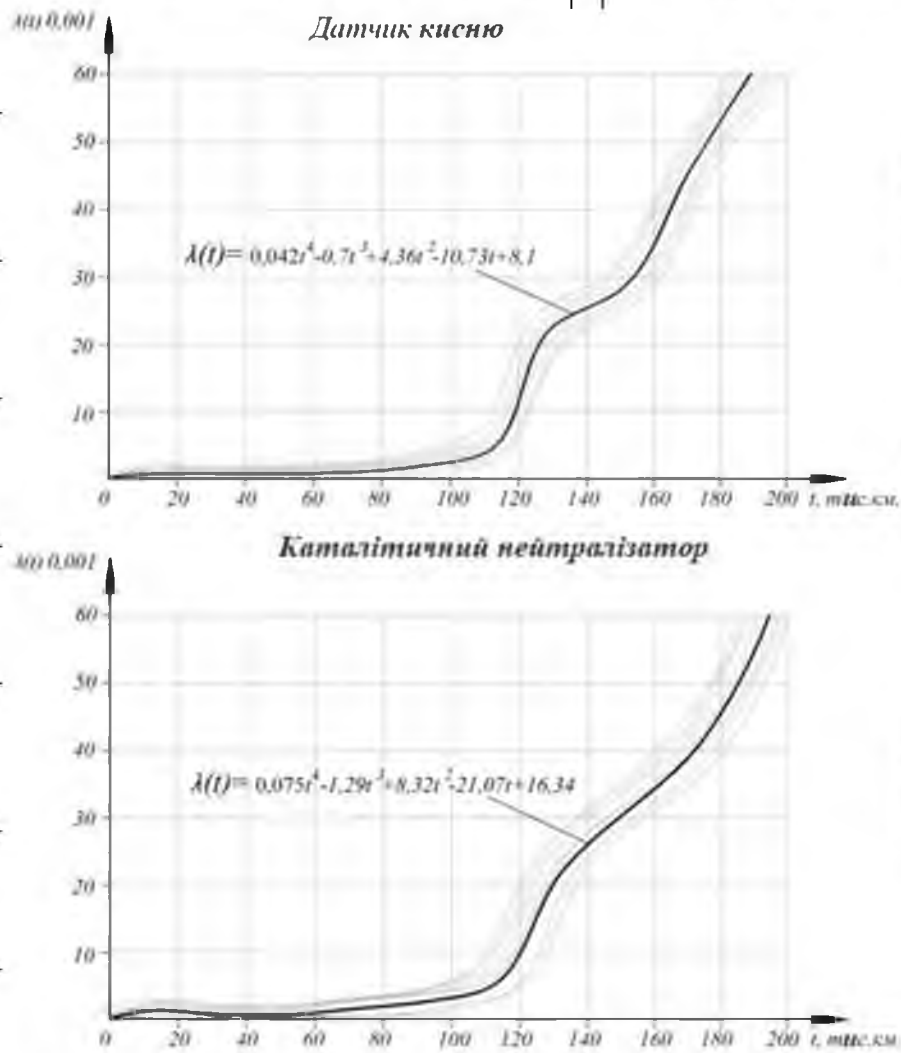


Рис. 3.5. Закономірності зміни інтенсивності відмов елементів підсистеми

зниження токсичності відпрацьованих газів з напрацювання

На рис. 3.6 представлені залежності зміни щодо напрацювання ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності виникнення відмови каталітичного нейтралізатора.

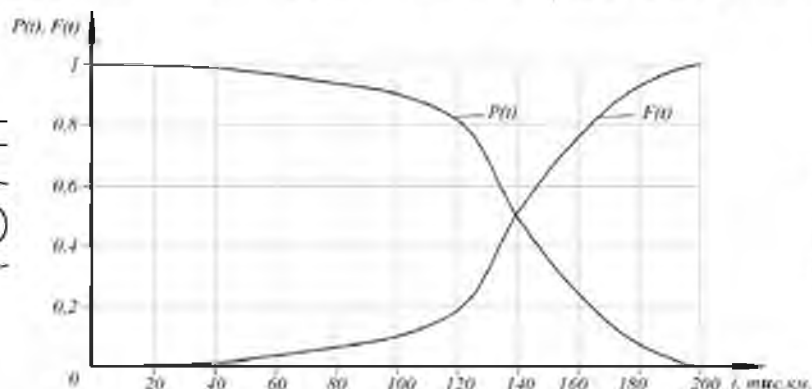


Рис. 3.6. Графіки зміни ймовірності безвідмовної роботи $P(t)$ та ймовірності відмови $F(t)$ каталітичного нейтралізатора в напрацювання

Як видно з графіка ймовірність відмови каталітичного нейтралізатора, також як і інтенсивність відмов (рис. 3.5), починає помітно зростати після досягнення нею напрацювання 110 тис. км. Отримані в результаті виконаних експериментальних досліджень статистичні дані по експлуатаційній надійності конструктивних елементів ЕСУД дозволяють надалі скорегувати перелік контрольно-діагностичних робіт при проведенні регламентних ТО автомобілів.

3.3 Якісна і кількісна оцінка впливу відмов елементів ЕСУД на роботу двигуна

Відмови елементів системи управління істотно впливають практично на всі показники роботи двигуна. Для оцінки ступеня впливу відмов елементів ЕСУД на основні характеристики роботи двигуна були вибрані наступні параметри: потужність, витрата палива, шкідливі викиди в навколишнє середовище оксиду вуглецю CO і вуглеводнів CH.

Дослідження проводилися на двигунах автомобілів MAN 3008 в режимі активного експерименту. Пробіг обраних для досліджень автомобілів з початку

експлуатації становив від 10 до 13 тис. км, тому механізми і системи двигунів з таким пробігом в повній мірі відповідають своїм вимогам, що пред'являється до технічно справного стану, а обрані для оцінки впливу відмов параметри відповідають номінальним значенням.

На досліджуваному двигуні імітували відмову кожного з елементів ЕСУД шляхом його відключення і за допомогою відповідної апаратури здійснювали заміри обраних для характеристик роботи ДВЗ параметри.

Витрата палива визначався за значеннями тривалості імпульсу відкриття форсунок за допомогою сканера «DIAGBOX», використовуваного при діагностуванні електронних систем автомобілів MAN.

Шкідливі викиди CO і СН_x замірялися чотирьохкомпонентним газобаналізатором фірми «Інфракар» М1.01 за методикою, викладеною в ГОСТ Р 52033-2003. Відповідно до неї вимірювання проводилися в режимі холостого ходу при міні-бітної (N = 850 об / хв) і середньої (N = 3500 об / хв) частоті обертання колінчастого вала двигуна.

Потужність двигуна розраховувалася за допомогою програми, передбачення визначення крутного моменту в залежності від частоти обертання і величини кутового прискорення колінчастого вала двигуна [14]:

$$M_{sp} = \frac{m(R_k)^2}{(K_{zm}K_{km})^2 \eta} \frac{d\omega}{dt} \quad (3.5)$$

де m - маса автомобіля; R_k - радіус кочення колеса; до_m - коефіцієнт, який визначає передавальне число головної передачі; K_{km} - коефіцієнт, що визначає передавальне число коробки передач; η - ККД трансмісії;

На зниження потужності двигуна найбільш значущий вплив надають відмови датчиків тиску палива і повітря, електромагнітного клапана регулювання тиску наддуву, паливних форсунок, свічок і котушок запалювання, паливного насоса високого тиску. Відмова електронасоса охолодження турбокомпресора має незначний вплив на втрату двигуном потужності (5%), але при тривалій експлуатації автомобіля з таким дефектом можливий перегрів і пошкодження деталей турбокомпресора.

Найбільш істотний вплив на витрату палива надають відмови датчиків кисню, тиску палива і охолоджуючої рідини, електромагнітного клапана регулювання тиску наддуву, паливної форсунки, свічок і котушок запалювання.

Відмови свічок і котушок запалювання роблять серйозний вплив і на збільшення шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Крім них на токсичність ока-викликають значний вплив несправності датчиків кисню і температури охолоджуючої рідини, а також каталітичного нейтралізатора.

Виконані дослідження показують, що відмови елементів ЕСУД призводять до серйозних порушень в роботі двигуна, аж до повної втрати їм працездатності.

Крім того, при відмові практично будь-якого елемента системи управління двигуном збільшуються витрати палива і шкідливі викиди з відпрацьованими газами в навколишнє середовище. Для попередження відмов ЕСУД необхідно проводити своєчасне обслуговування і контроль технічного стану її елементів.

3.6. Визначення запасу справної роботи конструктивних елементів ЕСУД на базі діагностичної інформації

Основою для прогнозування залишкового ресурсу ЕСУД служать:

- діагностична інформація про поточний технічний стан конструктивних елементів підсистем;
- закономірності зміни цього стану з напрацювання.

Прогнозування залишкового ресурсу включає в себе цілий комплекс задач:

- оцінка поточного стану об'єкта;
- прогнозування розвитку цього стану на найближче майбутнє;
- видача на основі цього прогнозу рекомендацій щодо оптимального залишкового терміну експлуатації (залишковий ресурс об'єкта).

Разом з тим в задачу прогнозування входить оцінка ймовірностей настання різних відмов з метою їх попередження.

У даній роботі залишковий ресурс ЕСУД визначається у відповідність з методикою, розробленою в п. 2.6.

Апробацію розробленої методики визначення прогнозованого остаточного ресурсу розглянемо на прикладі ЕСУД двигуна EP6DT автомобіля MAN 208 під час проходження ним ТО-3 (напрацювання 60 тис.км.). За результатами виконання контрольно-діагностичних робіт були отримані наступні значення діагностичних параметрів, які оцінюють технічний стан підсистем ЕСУД: $P_{дт} = 7,3$ бар; $P_{дв} = 70$ мбар; $\phi_{см} = 3^\circ$; $K_{кп} = 3,8\%$.

Аналіз отриманих результатів показує, що діагностичний параметр, що оцінює стан паливної системи $P_{дт} = 7,3$ бар вищий за припустимих межі ($P_{дтд} = 7$ бар). Визначення залишкового ресурсу підсистеми виконувати за методикою, викладеною в п. 2 б).

Надійність агрегатів, вузлів, технічних систем автомобіля лімітується, в основному, надійністю кількох, а іноді і всього лише одним конструктивно-нормативним елементом. Підвищення надійності саме цих елементів при проектуванні і виготовленні призводить, як правило, до підвищення надійності всієї технічної системи.

Нині існують кілька методик визначення елементів, що лімітують надійність автотранспортних засобів.

1. За кількістю відмов. Відповідно до цієї методикою до елементів, що лімітує надійність агрегату, вузла, системи автомобіля, відносять ті з них, на частку відмов яких припадає не менше 50% від їх загальної кількості.

2. Методика, що передбачає виявлення аналітичних функцій зміни відмов виробу з напрацювання і пошук їх екстремальних значень.

3. Методика, яка передбачає графічне представлення варіаційного ряду розподілу відмов об'єкта за певним напрацюванням, ранжованого в порядку їх зменшення. Ряд представляється у вигляді діаграми, по осі абсцис на якій відкладаються відмовили елементи об'єкта, на осі ординат - частот їх виникнення.

На отриманій кривій визначається точка перегину, в якій спостерігається помітне зниження числа відмов. Елементи, розташовані ліворуч цієї точки, відносять до елементів, що лімітує надійність досліджуваного об'єкта.

Істотним недоліком наведених методик є те, що всі вони не враховують витрати на заміну відмовили елементів, а також ступінь їх впливу на працездатність автомобіля. У даній роботі формування сукупності елементів, що лімітують надійність ЕСУД, ґрунтується на комплексному обліку виникають в ній відмов, впливу їх наслідків на працездатність двигуна, а також питомих витрат на відновлення або заміну відмовивших елементів.

Виявлення елементів, що лімітують надійність ЕСУД, здійснюється за методикою, відповідно до якої на першому етапі визначаються рівні впливу відмов і несправностей елементів системи на техніко-економічні характеристики двигуна. За цією ознакою всі відмови і несправності розміщуються наступним чином.

У1. Відмови, що призводять до повної втрати транспортним засобом працездатності здатного стану. При відмовах паливного насоса низького тиску, датчика положення колінчастого валу, ЕБУД запуск двигуна неможливий, так як блокується подача палива.

У2. Відмови, що призводять до необхідності невідкладного звернення на СТОА для їх усунення. Відмови, наприклад, електронної дросельної заслінки, електродвигуна системи зміни підйому клапанів ГРМ, паливного насоса високого тиску призводять до втрати потужності двигуна на 85 - 90%.

У3. Відмови елементів, що роблять істотний впливають на роботу двигуна. Відмови таких елементів ЕСУД, як електромагнітний клапан регулювання тиску наддуву, датчик тиску палива не призводять до повної втрати двигуном працездатного стану, але істотно погіршує його техніко-економічні характеристики (від 15 до 30% знижується потужність, до 20 - 25% збільшуються витрати палива і вміст шкідливих речовин в відпрацьованих газах).

У4. Інші відмови, що не порушують транспортний процес, але викликають деякі відхилення технічного стану ЕСУД від вимог нормативно-технічної документації (відмови електронасоса охолодження турбокомпресора, електромагнітного клапана аварійного скидання тиску наддуву, датчика положення розподільного валу і ін.).

На підставі отриманих статистичних даних про відмови конструктивних елементів ЕСУД і ступеня їх впливу на техніко-економічні характеристики двигуна по кожному конструктивному елементу представляються відповідні бальні оцінки (Y_{ij}). Найбільш значимого рівня відповідає велика оцінка в порівнянні з сукупністю інших рівнів.

Якщо оцінювати рівні впливу відмов елементів ЕСУД на працездатність двигуна по десяти бальною шкалою:

- перший рівень $Y_1 = 10$ балів;

- другий рівень $Y_2 = 5$ балів;

- третій рівень $Y_3 = 3$ бали;

- четвертий рівень $Y_4 = 1$ бал.

До відмов першого рівня впливу ($Y_1 = 10$ балів) слід віднести вихід з ладу електронного блоку управління двигуном, так як при цьому блокується робота всіх виконавчих елементів ЕСУД. Таким же рівнем впливу оцінюються відмови паливного насоса, електронної дросельної заслінки, електронної педалі газу і датчика положення колінчатого валу.

Відмови електромагнітного клапана аварійного скидання тиску наддуву, датчика положення розподільного вала, які не роблять істотного впливу на працездатність двигуна, відносяться до четвертого рівня впливу ($Y_4 = 1$ бал).

визначення Y_i дозволяє ранжувати вплив відмов і несправностей кожного елемента ЕСУД на працездатність двигуна через займане ним місце L_{Y_i} . Елемент з максимальною кількістю балів ($Y_i \Rightarrow \max$) займає перше місце в номенклатурі елементів ЕСУД, а елемент з мінімальними балами ($Y_i \Rightarrow \min$) – останнє.

$$L_{Y_i} = \left. \begin{array}{l} \min \Rightarrow Y_{\max} \\ \dots \dots \dots \\ \max \Rightarrow Y_{\min} \end{array} \right\} \quad (3.10)$$

З урахуванням отриманих значень L_i здійснюється нормування впливу відмов і несправностей конструктивних елементів ЕСУД по їх ваговій оцінці K_e , яка визначається з виразу

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 4. РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

ЕСУД

4.1 Система забезпечення працездатності ЕСУД

Основою системи забезпечення працездатності ЕСУД є практична реалізація представлених у другому розділі роботи стратегій її технічного обслуговування в сфері сервісу автомоблів. Розробляється система під-хто розумів би, перш за все, поділ всіх конструктивних елементів ЕСУД на дві групи по можливості оцінки їх технічного стану (див. табл. 2.2).

Для конструктивних елементів, технічний стан яких можна оцінити методами діагностування (турбокомпресор, каталітичний нейтралізатор, електромагнітний клапан регулювання тиску наддуву і ін.) використовується стратегія ТО за станом, відповідно до якої перелік і періодичність виконання технічних впливів, спрямованих на забезпечення працездатності, призначаються відповідно до їх фактичним технічним станом. Використання такої стратегії є найбільш ефективною і раціональною, так як дозволяє забезпечити високий рівень експлуатаційної надійності ЕСУД при мінімальних питомих витратах на підтримку її працездатності.

Для своєчасного виявлення і усунення, що виникають в ЕСУД відмов і несправностей була розроблена методика попереднього діагностування цієї системи, відповідно до якої визначення технічного перебування ЕСУД здійснюється в наступній послідовності:

1. Підключення діагностичного приладу до гнізда автомобіля і установлення зв'язку з електронним блоком управління.

2. Зчитування кодів несправностей, що зберігаються в пам'яті ЕБУД. Універсальним способом отримання коду несправності є використання спеціального діагностичного пристрою (сканера), що підключається до діагностичного гнізда роз'єму ЕБУД або до спеціального діагностичного роз'єму, винесення в доступне місце. Після зчитування кодів діагност, спираючись на свій

досвід, або застосовуючи технічну документацію, визначає найбільш ймовірні зони ЕСУД, в яких імовірно сталася відмова.

1. Контроль діагностичних параметрів при працюючому двигуні за допомогою сканера і порівняння їх з номінальними значеннями. Це дозволяє визначити більш конкретну інформацію про характер несправності і причини її появи. На основі цієї інформації діагност визначає, який з елементів системи найімовірніше несправний.

2. Перевірка імовірно несправного елемента системи за допомогою діагностичного сканера шляхом проведення контрольних тестів.

3. Перевірка електричного живлення елементів. Не у всіх випадках через контрольний тест можна визначити, чи справний той чи інший елемент. У таких випадках необхідно проводити додаткові перевірки електричного живлення елемента, цілісність електропроводки, відсутність коротких замикань, різного роду перешкод, механічних пошкоджень і т.д. У деяких випадках необхідна перевірка електричного живлення датчиків, відсутність корозії в електричних з'єднаннях.

Перевірка електронного блоку управління. Крім відмов датчиків і виконавчими елементів ЕСУД виникають несправності, пов'язані з роботою самого ЕБУД. При неможливості зчитування кодів несправності, записаних в пам'ять блоку управління, перевіряється його електричне живлення, цілісність електропроводки, стан діагностичного роз'єму, відсутність коротких замикань і справність використовуваного діагностичного обладнання.

Як уже зазначалося, ЕСУД містить ряд конструктивних елементів, які не мають явних ознак зміни технічного стану. Оцінити перебування таких елементів і виявити виникають в них ушкодження методами діагностики практично неможливо. Для забезпечення працездатного стану такі елементи рекомендується замінювати після досягнення ними певної напрацювання. Своєчасна заміна дозволить уникнути їх відмови на доробку між проведенням чергового регламентного ТО автомобіля.

При цьому, як показує досвід роботи СТОА, витрати на заміну таких елементів істотно нижче витрат на усунення відмов, що виникають у них в експлуатації після проведення технічного обслуговування автомобіля. Це пов'язано, перш за все з тим, що в вартість ремонтних робіт по відновленню втраченої через відмову ЕСУД працездатності слід включати і витрати на доставку автомобіля на СТОА. Як правило, несправний автотранспортний засіб доставляється до СТОА за допомогою евакуатора, вартість послуг якого досить висока. У табл.4.1 наведено вартість послуг з евакуації авто-біля (дані прайс-листа ДЦ «АвтоТракт Пежо» на 1.04.2018г.).

Таблиця 4.1

Вартість послуг по евакуації автомобіля

| Найменування послуги | Вартість, грн. |
|---|--|
| Евакуація АТЗ в межах адміністративних меж м Києва (тривалість виїзду не більше 1 години) - базова вартість | 00 |
| Евакуація АТЗ масою до 1,5 тонн | 370 |
| Евакуація АТЗ масою від 1,5 до 2 тонн | 600 |
| Евакуація АТЗ масою від 2 до 4 тонн | 800 |
| Вартість кожних наступних 10 хвилин роботи евакуатора | 50 |
| Евакуація АТЗ за межами адміністративних кордонів м Київ | 30 грн. за 1 км. транспортування + базовий тариф |
| Евакуація АТЗ масою до 1,5 тонн | 35 грн. за 1 км. транспортування + базовий тариф |
| Евакуація АТЗ масою від 1,5 до 2 тонн | 37 грн. за 1 км. транспортування + базовий тариф |
| Евакуація АТЗ масою від 2 до 4 тонн | базовий тариф |

Витрати на транспортування несправного автомобіля до СТОА можуть складати від 10 до 80% загальних витрат на відновлення елемента, що відмовив, а в деяких випадках і цілком порівнянні з ним. Витрати по заміні несправного датчика положення колінчастого валу автомобіля MAN 408, наприклад,

складають 2000 грн. Вартість послуг евакуатора при середній відстані доставки автомобіля до СТОА 30 км - 1900 грн. (див. табл.4.1).

За результатами виконаних досліджень встановлено напрацювання до заміни датчиків на прикладі ЕСУД 1.6 VTi Tiptronic автомобілів MAN і № регламентного ТО, рекомендовані для їх заміни.

Таблиця 4.2

Рекомендовані напрацювання і № ТО по заміні датчиків ЕСУД

| Датчик | Напрацювання до заміни, тис. км. | № ТО автомобіля |
|--|-------------------------------------|-----------------|
| кисню | 120 | ТО-6 |
| тиску наддуву | 140 | ТО-7 |
| положення колінчастого валу, температури охолоджуючої рідини | 160 | ТО-8 |
| положення розподільчого валу тиску палива | 180 | ТО-9 |

Застосування розроблених рекомендацій на практиці дозволить знизити кількість відмов конструктивних елементів ЕСУД в експлуатації, тим самим забезпечивши її надійну роботу на напрацюваннях між проведенням регламентних ТО автомобіля.

4.2 Розробка комплексу технічних впливів по забезпеченню працездатності ЕСУД в експлуатації

Згідно з теоретичними і експериментальними дослідженнями система забезпечення працездатності ЕСУД передбачає контроль параметрів технічного стану її підсистем з періодичністю проведення регламентних ТО автомобіля. У тому випадку, коли їх величина виходить з області допустимих значень, виникає необхідність у поглибленому діагностуванні системи. Однак до теперішнього моменту не встановлено комплекс технічних дій, які необхідно виконати для пошуку, локалізації і усунення пошкоджень, що викликають відмову системи.

Розроблений комплекс спрямований на вирішення наступних завдань:

- виявлення несправностей, що виникають в ЕСУД;
- підтвердження виявлених несправностей методами діагностування;
- локалізація несправностей;
- усунення несправностей.

Як показали виконані дослідження, вихід за межі допустимих значень діагностичного параметра підсистеми ЕСУД свідчить про те, що в ній є якесь ушкодження. І якщо вчасно не виявити і не усунути це пошкодження, то з великою часткою ймовірності в процесі експлуатації минулого ТО автомобіля виникне відмова. Відмова ЕСУД може виникнути і в тому випадку, коли діагностичні параметри не перевищують нормативних значень, але залишковий ресурс підсистеми менше міжконтрольного напрацювання автомобіля (періодичності ТО). Тому діагностування необхідно виконувати і для визначення запасу справної роботи підсистем ЕСУД, що дозволяє істотно скоротити відмови їх конструктивних елементів у експлуатацію і пов'язані з цим витрати на відновлення працездатності.

Для практичної реалізації системи забезпечення працездатності ЕСУД розроблені методики і алгоритми діагностування технічного стану для кожної її підсистеми.

Основним параметром, що оцінює технічний стан елементів контуру низького тиску палива, є тиск палива на ділянці «паливний фільтр - ПНВТ».

Контроль параметра здійснюється за допомогою манометра, що встановлюється в паливну магістраль (рис.4.3).

При роботі двигуна у всьому діапазоні оборотів колишнього вала тиску палива повинно знаходитися в межах від 5 до 6 бар. Якщо параметр виходить за допустимі межі, вимірюють тиск на ділянці «паливний насос низького тиску - фільтр очищення палива». У разі, коли різниця значень тиску палива $P_{тк}$ і після

паливного фільтра не перевищує 0,2 бар, це вказує на несправність паливного насоса низького тиску. У разі, якщо $P_f > 0,2$ бар - несправний паливний фільтр.



Рис. 4/3 - Перевірка тиску палива на ділянці «паливний фільтр - ПНВТ» двигуна ЕР6 автомобіля

Після усунення виявлених несправностей в елементах контура низького тиску палива необхідно провести повторний контроль комплексної діагностики параметра підсистеми живлення паливом. Якщо значення P_d як і раніше перевищує допустимий норматив, переходять до контролю елементів контуру високого тиску. Діагностування цього контуру починають з перевірки справності датчика тиску, встановленого на паливній рампі. Для контролю роботи датчика тиску палива необхідно виміряти значення напруги на його сигнальному виході і порівняти його з номінальним значенням. Електрична характеристика зміни напруги датчика тиску в залежності від тиску палива в рампі мається на нормативно-технічній документації по ТО і ремонту автомобілів.

Переконавшись у справності датчика, переходять до контролю технічного стану ПНВТ, регулятора тиску палива і форсунок. Як правило, ці елементи ЕСУД перевіряються на спеціальних стендах. Форсунки демонтуються з двигуна, встановлюються на стенд і за програмою діагностування перевірити на продуктивність і якість розпилю. Несправні форсунки належать заміні. Технічний стан паливних насосів високого тиску контролюють по розвиваючому їм тиску і

продуктивності на різній частоті обертання валу насоса. Отримані характеристики порівнюють з норми, які представлені технічною документацією.

Після усунення виявлених в результаті діагностування несправностей проводиться повторний контроль відхилення тиску палива в рампі P_{dt} . Якщо його значення не перевищує допустимий норматив (7 бар), технічний стан підсистеми живлення паливом відновлено і СТОА гарантує її безвідмовну роботу до проведення чергового технічного обслуговування.

Діагностування підсистеми подачі повітря виконують відповідно до розробленого алгоритму (рис.4.4) і починають з візуального огляду підсистеми з метою виявлення видимих пошкоджень її елементів і розгерметизації повітряних патрубків, впускного колектора, дросельної заслінки і т.д. Перевіряють затяжку хомутів, надійність кріплення повітряного теплообмінника, турбокомпресора, датчика тиску наддуву.

При відсутності видимих пошкоджень в підсистемі переходять до перевірки технічного стану турбокомпресора. Характерними несправностями цього елемента, що виникають в процесі експлуатації, є деформації крильчатки і збільшений люфт її осі внаслідок зносу сполучення: вісь - корпус турбокомпресора. Залежно від ступеня пошкодження турбокомпресор ремонтують або замінюють.

Переконавшись у справності турбокомпресора, контролюють стан вакуумного електромагнітного клапана регулювання тиску наддуву. Основними несправностями клапана є пошкодження обмотки і втрата герметичності запірною пристроєм внаслідок пошкодження або забруднення його елементів. Стан обмотки клапана перевіряють за допомогою омметра, який підключається до висновків клапана.

Обмотка справна, якщо значення її опору не виходить за допустимі межі ($R = 8 - 10$ Ом). Технічний стан запірною пристроєм клапана перевіряється шляхом проведення контрольного тесту, який виконується за допомогою діагностичного сканера.

Для перевірки працездатності датчика тиску наддуву необхідно виміряти напругу на його виході і порівняти отримане значення з номінальною величиною. Виміряна напруга має відповідати електричній характеристиці датчика, представленої на рис. 4.2.

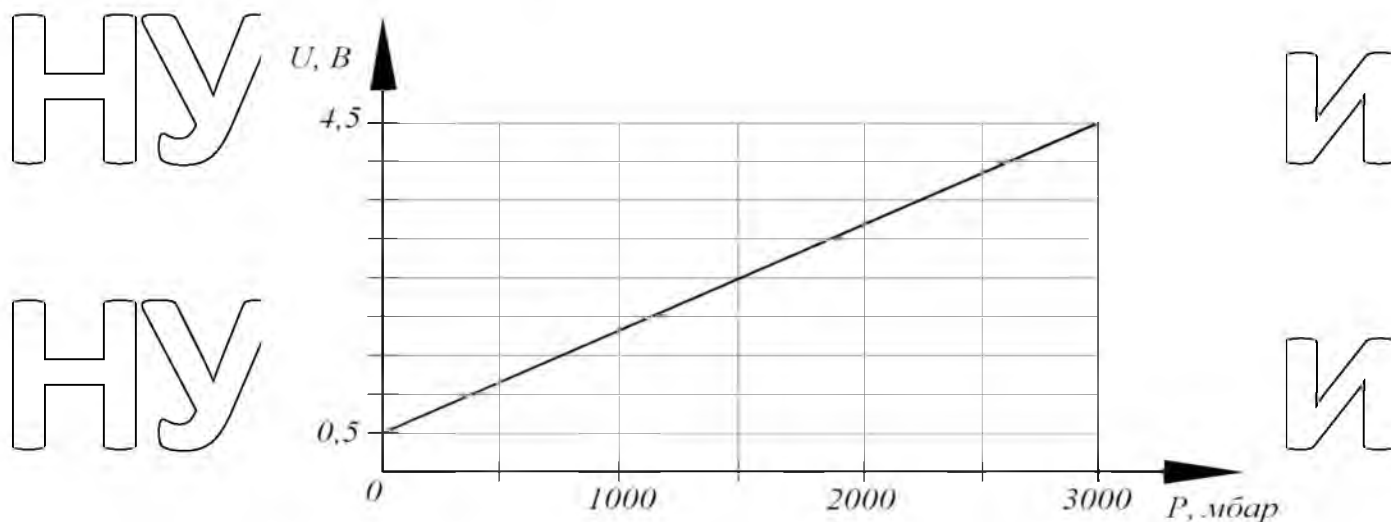


Рис. 4.5. Графік залежності вихідної напруги датчика тиску наддуву двигуна D38 DT від тиску повітря у впускному трубопроводі. U - напруга на сигнальному виході датчика, В; P - тиск у впускному трубопроводі

В деяких випадках діагностування датчика тиску наддуву затруднено. Пов'язано це з тим, що часом датчик втрачає свою працездатність на короткий проміжок часу (2-3 сек.). При цьому збій в його роботі можуть відходити вкрай рідко, два - три рази протягом декількох днів експлуатації автомобіля. У таких випадках необхідно замінювати датчик справним.

Працездатність клапана аварійного скидання тиску перевіряють за допомогою контрольного тесту. На висновки клапана подається електричне напруження і візуально контролюється переміщення штифта запірної пристрою, який повинен переміщатися рівномірно, без заїдань.

Заключним етапом діагностування підсистеми є вимірювання тиску в системі випуску відпрацьованих газів на ділянці від випускного колектора до каталітичного нейтралізатора. Для цього демонтують верхній кисневий датчик і на його місце встановлюють манометр. Потім запускають двигун і при різних

оборотах колінчастого вала (від 1000 до 3500 об / хв.) Знімають показання з приладу (рис.4.6).



Рис. 4.6 - Вимірювання тиску у випускній системі

Виміряний тиск не повинен перевищувати 0,15 бар. Відхилення від устанавленого нормативу вказує на несправність каталітичного нейтралізатора, який слід замінити.



Рис. 4.6. Перевірка керуючого сигналу електромагнітного клапана підсистеми зміни фаз ГРМ випускних клапанів двигуна D38 автомобіля

При відсутності видимих пошкоджень переходять до контролю керуючого сигналу на електромагнітних клапанах підсистеми. На працюючому двигуні вимірюють напругу на висновках клапана і електричний опір їх обмоток (рис 4.5).

Якщо значення напруги, що управляє і опору обмоток електромагнітних клапанів відповідають нормативно-технічній документації, перевіряють його механічну частину. Для цього клапан демонтують і проводять його візуальний огляд на наявність забруднень в каналах і замочний клапан.

Після перевірки електромагнітних клапанів переходять до контролю показувальних датчиків положення розподільних валів. Для контролю справної роботи датчика положення розподільного валу необхідно перевірити його електроживлення і записати осцилограму його сигналу. При справних клапанах зняті осцилограми не повинні відрізнитися від осцилограм, наведених в нормативно-технічній документації. На рис. 4.7 зображена перевірка електроживлення датчика положення впускного розподільного валу.



Рис. 4.8. Перевірка електричного живлення датчика положення впускного розподільного валу двигуна D38

Перевіривши стан електричних елементів підсистеми, переходять до перевірки приводу ГРМ. Контролюється стан приводного ланцюга ГРМ і справність фазорегулятор розподільних валів.

4.3 Програмний комплекс системи забезпечення працездатності ЕСУД

Основну роль в прийнятті управлінських рішень з підтримки ЕСУД в технічно справному стані грає діагностування, яке дозволяє скоротити витрати на проведення технічних впливів, підвищує рівень експлуатаційної надійності конструктивних елементів ЕСУД, скорочує витрати на запасні частини.

Практика роботи СТОА показала, що в процесі діагностування автомобіля і пошуку несправностей оператор-діагност сприймає величезний масив інформації. В таких умовах якість прийнятого рішення щодо призначення необхідного комплексу технічних впливів багато в чому залежить від досвіду і особистих якостей оператора. Тому при діагностуванні ЕСУД, однією з самих складних технічних систем автомобіля, співробітниками СТОА допускається велика кількість помилок, які призводять до випуску в експлуатацію АТЗ з несправною ЕСУД і, як наслідок, збільшення тимчасових і матеріальних затрат на відновлення її працездатного стану після відмови.

и зв'язку з ним в даній роботі пропонується автоматизувати процеси прийняття управлінських рішень з пошуку несправностей в ЕСУД автомобіля і відновлення працездатності цих систем до необхідного рівня. Автоматизовані зазначені процеси передбачається з використанням розробленої комп'ютерної програми, яка встановлюється на автоматизованому робочому місці (АРМ) оператора-діагноста.

Ії використання спрощує процес пошуку несправностей в ЕСУД, так як дозволяє по одному або декільком діагностичним параметрам вказати оператору на причину пошкодження, дати рекомендації про необхідність проведення поглибленого діагностування несправної підсистеми, операціями з технічного обслуговування або ремонту. При цьому всі відомості про виконані технічних впливах по ЕСУД кожного конкретного автомобіля зберігаються.

Для зручності використання даної системи на практиці була розроблена комп'ютерна програма, призначена для зберігання інформації про технічний стан ЕСУД конкретного автомобіля, проведених ремонтних роботах і залишковий ресурс її підсистем.

Для зберігання інформації сучасні підприємства використовують бази даних (БД), які представляють собою набір однорідної, як правило, впорядкованої за деяким критерієм інформації, яка може бути представлена в електронному вигляді на персональному комп'ютері. Електронні БД володіють високою надійністю, дозволяють оперативно доповнювати її новою інформацією і виконувати швидкий пошук необхідних даних. Найпоширенішою напівпромисловою системою управління БД є комп'ютерна програма Access.

Програма будується за принципом «запитів», тобто при введенні необхідної для розрахунку інформації здійснюється ланцюгова реакція між усіма пов'язаними осередками до виявлення кінцевого результату. Основною відмінною ознакою Access є наявність якоїсь програмної оболонки, через яку здійснюється доступ до всіх внутрішніх елементів бази даних (рис.4.13). Ця оболонка захищає інформацію від будь-яких зовнішніх впливів. Не маючи паролів доступу до даних, неможливо зіпсувати або спотворити інформацію. У базі даних зберігається її внутрішня структура, зв'язки між таблицями, що забезпечують її цілісність.

Розроблена програма написана за допомогою стандартного пакета Microsoft Office 2010 (Microsoft Access) з використанням мови програмування Visual Basic і призначена для роботи на персональному комп'ютері.

При запуску програми на ПК виникає робочий інтерфейс (рис.4.10), в якому оператору пропонується ввести необхідні дані: марка АТЗ, реєстраційний номер, рік випуску, П.І.Б. власника, значення поточного пробігу автомобіля з моменту початку експлуатації. По будь-якому з параметрів, наприклад за державним реєстраційним номером, виконується пошук наявних відомостей по конкретному автомобілю в головній формі БД.

При відкритті «База даних» з'являється меню, що дозволяє переглянути збережену в базі інформацію про виконані раніше ремонти ЕСУД і значення діагностичних параметрів її підсистем Р_{дв}, Р_{лт}, К_{кп} (рис. 4.16). База даних формується при надходженні автомобілів на технічне обслуговування і поступово розширюється в міру збільшення чисельності обслуговуваних на СТОА автомобілів.

База даних «діагностичні параметри» дозволяє переглядати збережену інформацію про значення діагностичних параметрів підсистем ЕСУД, їх залишковий ресурс (рис. 4.18). Ця інформація накопичується за кожним АТЗ у міру проходження їм регламентних ТО на СТОА і дає можливість встановити закономірності зміни діагностичних параметрів, оцінюючих технічний стан підсистем ЕСУД з напрацювання автомобіля.

Використання сучасних автоматизованих систем управління технічним станом ЕСУД дозволяє обслуговуючому персоналу більш ефективно вирішувати практичні завдання забезпечення її працездатності в експлуатації. Розроблена комп'ютерна програма дозволяє спростити процес і підвищити якість прийняття рішення про необхідність проведення поглибленого діагностування ЕСУД і усунення виниклих в ній несправностей.

Розроблена система забезпечення працездатності спрямована на зменшення кількості відмов ЕСУД, підтримання її конструктивних елементів в технічно справному стані і зниження витрат на експлуатацію автомобіля.

Економічна ефективність від впровадження даної системи складається з двох складових. Перша з них відноситься до власників автомобілів і дозволяє їм отримати певний економічний ефект за рахунок зменшення витрат на усунення експлуатаційних відмов, доставку несправного автомобіля до сервісного підприємства і проведення ремонтних операцій по відновленню втраченої працездатності. Цей ефект обумовлений тим, що в ре-док проведення контрольно-діагностичних і, при необхідності своє-тимчасових технічних впливів, істотно зменшується кількість відмов ЕСУД. З іншого боку впровадження розробленої системи передбачає перерозподіл експлуатаційних витрат на утримання

автомобілів: на експлуатацію автомобілів знижуються, а на контроль і діагностування збільшуються.

Для мети цієї роботи інтерес представляє друга складова економічного ефекту, який отримують внаслідок збільшення прибутку підприємств автосервісу за рахунок зростання кількості вимог в діагностуванні автомобілів, підвищення ефективності контрольно-діагностичних операцій, зниження їх трудомісткості і автоматичного формування необхідного комплексу технічних впливів, спрямованого на попередження відмов ЕСУД і усунення причин виникнення несправностей.

Для оцінки ефективності розробленої системи були проведені спеціальні експериментальні дослідження, основною метою яких є визначення кількості лійних відмов конструктивних елементів ЕСУД при різних стратегіях її технічного обслуговування і пов'язаних з цим витрат на їх усунення. Обсяг вибірки досліджень склав 30 автомобілів марки МАН обладнаних ЕСУД 1.6 VTi Tiptronic (88 кВт) та 1.6 TNP Turbo Tiptronic (110 кВт).

Досліджувані автомобілі, що знаходяться у власності комерційних організацій м. Києва і області, які проходять ТО на базі дилерського центру ТОВ «АВАНТІ ГРУП» м. Києва, були розділені на дві групи по 15 одиниць в кожній.

Розкид середньорічних пробігів досліджуваних автомобілів лежав в інтервалі від 155 до 167 тис.км. Спостереження за автомобілями проводилися протягом двох років (з 2014 по 2016р.) з моменту початку експлуатації нового автомобіля і до досягнення нею напрацювання 200 тис.км. Перша група автомобілів проходила технічне обслуговування у відповідність з регламентом, встановленим заводом-виробником, друга – відповідно до розробленої системи забезпечення працездатності ЕСУД.

В процесі проведення ТО автомобілів першої групи відповідно до встановленого регламентом проводилося зчитування кодів помилок, що зберігаються пам'яті електронного блоку управління і при їх наявності проводилися діагностичні роботи відповідно до технічної документації заводу-

виготовлювача. При відсутності кодів несправностей в пам'яті блоку ЕСУД признає справною і готовою до подальшої роботи.

При виконанні регламентного ТО автомобілів другої групи крім введення кодів помилок проводилися вимірювання значень діагностичних параметрів, які оцінюють технічний стан підсистем ЕСУД, і за допомогою розробленої комп'ютерної програми визначалися її залишкові ресурси. У тому випадку, коли діагностичні параметри не перевищують допустимих значень і залишковий ресурс $t_{ост} \geq t_{то}$, ЕСУД визнавалася справною. В іншому випадку, приймалося рішення про необхідність проведення поглибленого діагностування підсистеми з метою виявлення в ній прихованих несправностей.

Річні обсяги діагностичних робіт ЕСУД за різними стратегіями обслуговування складуть:

$$T_{P1} = 6,52 \cdot 415 = 2705,8 \text{ чол. - год}; T_{P2} = 8,15 \cdot 415 = 3382,25 \text{ люд.-год.}$$

Вартість виконання обсягу цих робіт визначається з виразу:

$$B_p = T_p \cdot B_{н.г.}$$

де $B_{н.г.}$ - вартість одного нормативного години діагностичних робіт, грн. (З прайс-листа ТОВ «АВАНТІ ГРУП» на 01.11.2021 $B_{н.г.} = 750$ грн.).

$$\text{тоді } B_{p1} = 2705,8 \cdot 750 = 2029350 \text{ грн.}; 3_{дг.2} = 3382,25 \cdot 750 = 2536875 \text{ грн.}$$

Річний прибуток підприємства розраховується за формулою:

$$\Pi_p = B_{д.р.} - 3_{п.}$$

де $B_{д.р.}$ - річна вартість діагностичних робіт, грн.; $3_{п.}$ - витрати пов'язані з роботою постів діагностування, грн.

Економічний ефект отримується підприємствами автосервісу при застосуванні розробленої системи, визначається за формулою:

$$E = \Pi_{дв} - \Pi_{пв}$$

де $\Pi_{дв}$ і $\Pi_{пв}$ - прибуток підприємства до і після впровадження розробленої системи забезпечення праездатності ЕСУД відповідно.

Результати розрахунку економічної ефективності від впровадження розробленої системи забезпечення працездатності ЕСУД представлені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6.

Економічна ефективність впровадження системи забезпечення працездатності ЕСУД в ТОВ «АВАНТІ ГРУП»

| Показник | Значення показника | |
|---|-------------------------|----------------------------|
| | до впровадження системи | після впровадження системи |
| Річний обсяг діагностичних робіт ЕСУД на один автомобіль, люд.-год. | 6,52 | 8,15 |
| Річна кількість обслуговуваних автомобілів, од. | 415 | 415 |
| Річний обсяг діагностичних робіт ЕСУД, люд.-год. | 2705,8 | 3382,25 |
| Вартість одного нормативного години діагностичних робіт, грн. | 1550 | 1550 |
| Річна вартість діагностичних робіт підсистем ЕСУД, грн. | 2029350 | 2536875 |
| Витрати пов'язані з роботою поста діагностування ЕСУД, грн. | 443020 | 1014750 |
| Прибуток від роботи поста діагностування ЕСУД, грн. | 1522125 | 1586330 |
| Економічний ефект від роботи поста діагностування, грн. | | 64205 |
| Витрати на впровадження системи, грн. | | 26800 |
| Загальний ефект від впровадження системи, грн. | | 706437 |

Таким чином, середній річний економічний ефект від впровадження розробленої системи забезпечення працездатності ЕСУД в виробничий процес дилерського центру ТОВ «АВАНТІ ГРУП» склав 64205 тис. грн.

ВИСНОВКИ

4. Обґрунтовано діагностичні параметри, що оцінюють технічний стан підсистем ЕСУД (подачі повітря, живлення паливом, зниження токсичності відпрацьованих газів, регулювання фаз газорозподілу) і визначені їх нормативні значення. Відхилення нормативів за межі допуску, визваних виникненням в елементах системи різного роду пошкоджень, служить основою для прийняття рішення про проведення необхідних технічних впливів.

5. Виконані експериментальні дослідження показали, що найбільш серйозний вплив на техніко-економічні характеристики двигуна мають вплив відмови датчиків положення колінчастого вала, паливного насоса низького тиску і електронного блоку управління, які призводять до 100% втрати двигун працездатності. Найменш надійним є підсистема живлення паливом, на частку якої припадає до 24,5% всіх відмов ЕСУД.

6. Розроблено та апробовано методика виявлення конструктивних елементів, що лімітують надійність ЕСУД з урахуванням ступеня впливу їх відмов на техніко-економічні характеристики двигуна і витрат на відновлення його працездатності. Наявність такої інформації є основою системи підтримки ЕСУД в працездатному стані.

7. Розроблено та експериментально підтверджено математичну модель визначення ймовірності безвідмовної роботи ЕСУД на базі діагностичної інформації про технічний стан її підсистем. Модель дозволяє оцінити значення ймовірності виникнення відмови ЕСУД на доробку між черговими ТО для кожного конкретного автомобіля.

8. На основі теоретичних передумов і результатів експериментальних досліджень експлуатаційної надійності ЕСУД розроблені алгоритми прихованих несправностей конструктивних елементів підсистем ЕСУД, дозволяє знизити трудомісткість діагностичних робіт на 25-30%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Подригало М. А., Шуляк М. Л. Основи випробування техніки : конспект лекцій. Харків. ХНТУСГ імені Петра Василенка, 2018. 60 с.

2. Артюх О. М., Дударенко О. В., Сосик А. Ю., Щербина А. В. Дослідження та випробування технічних систем. Частина 1. Практичні заняття. Запоріжжя. ЗНТУ. 2019. 66 с.

3. Беляев В. П. Испытания автомобилей, учебное пособие. Челябинск. ЮУрГУ. 2021. 293 с.

4. Кушвид Р. П. Испытания автомобиля : учебник. Москва. МГИУ. 2011. 351 с.

5. Рудзінський В. В. Сертифікація та методи випробувань на автомобільному транспорті. Київ. НТУ. 2012. 160 с.

6. Наказ Міністерства інфраструктури України «Про затвердження Порядку затвердження конетрукції транспортних засобів, їх частин та обладнання та Порядку ведення реєстру сертифікатів типу транспортних засобів та обладнання і виданих виробниками сертифікатів відповідності транспортних засобів або обладнання» від 17.08.2012 № 521.

7. ISO 3795. Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry. Determination of burning behaviour of interior materials 2018. 32 p.

8. Налобіна О. О. Випробування, сертифікація і стандартизація машин : навчальний посібник. Рівне. НУВГП. 2018. 261 с.

9. United Nations Environment Programme. The Global Fuel Economy Initiative, from <http://www.unep.org/>, accessed on 2021-07-10.

10. International Energy Agency. Homologation test cycles worldwide, from <https://www.iea.org>, accessed on 2015-05-20.

11. United Nations Economic Commission for Europe. Vehicle Regulations, from <http://www.unece.org>, accessed on 2021-07-10.

12. United Nations Economic Commission for Europe. Development of a World-wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC), from <http://www.unece.org>, accessed on 2021-07-10.

13. Automobile Catalog. Specifications, from <http://www.automobile-catalog.com>, accessed on 2021-07-10.

14. Light Vehicles Test Procedures on an Automated Engine Test Bed. Available from: https://www.researchgate.net/publication/321484119_Light_Vehicles_Test_Procedures_on_an_Automated_Engine_Test_Bed [accessed Aug 10 2021].

15. Engine Testing: 5th Edition - Electrical, Hybrid, IC Engine and Power Storage Testing and Test Facilities. October 2020. Edition: Fifth Publisher: Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780128212264. 460 p.

16. Engine testing theory and practice. 3rd edition by a J. Martyr and M. A. Plint. London. 2020. 459 p.

17. Jeremy Diez. Advanced vehicle testing & evaluation. NY. 2015. 224 p.

18. Орлов Л.Н., Тумасов А.В. Применение программного комплекса ABAQUS в учебном процессе при изучении расчетных методов оценки прочности и пассивной безопасности кузовных конструкций. Нижний Новгород. 2021. 141 с.

19. <http://prokat-avtomashin.ru/text/929>. 2021

20. <http://www.twirpx.com/> 19. ЦНЭАТ (www.cneat.ru), 2021.

21. О. К. Гришук . Автодром // Энциклопедія Сучасної України: електронна версія [веб-сайт] / гол. редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін.; НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2021. URL: http://esu.com.ua/search_articles.php?id=42424.

22. Rogovskii I L, Delembovskyi M M, Voinash S A, D V Koloshein, I A Teterina Modeling of criteria of reliability of vibrating platforms for compaction of construction mixtures IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2021 Vol 1079 062018 doi:10.1088/1757-899X/1079/6/062018

23. I L Rogovskii, L L Titova, S A Voinash, L V Berezova, E V Timofeev, A F Erk, A A Luchinovich, M N Kalimullin and V A Sokolova Conceptual bases of system technology of designing of logistic schemes of harvesting and transportation of grain crops IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 Vol 723 032032 doi:10.1088/1755-1315/723/3/032032

24. I L Rogovskii, L L Titova, S A Voinash, V A Sokolova, G S Tarandin and O A Polyanskaya Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 Vol 677 022100 doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100

25. I L Rogovskii, I M Sivak, S A Voinash, V A Sokolova, T G Garbuzova and A A Rzhavtsev Research of microdeformation and stress in details of agricultural

machines by implementing holography IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 Vol 677 032038 doi:10.1088/1755-1315/677/5/032038

26. Rogovskii I L, Voinash S A, Sokolova V A, Krivonogova A S Research on fuel consumption for different values of capacity factor of engine IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021 Vol. 666. 032093. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/3/032093/pdf>

doi:10.1088/1755-1315/666/3/032093

27. I L Rogovskii, M M Delembovskiy, S A Voinash, A P Scherbakov, I A Teterina and V A Sokolova Reliability indexes of vibrating platforms for compaction of construction mixtures IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1047. 012026. doi:10.1088/1757-899X/1047/1/012026. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1047/1/012026/pdf>

28. I. Nazarenko, O. Dedov, I. Beryk, I. Rogovskii, A. Bondarenko, A. Zapryvoda, L. Titova Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71-79. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217747.

29. Yu. Tsapko, I. Rogovskii, L. Titova, R. Shatrov, A. Tsapko, O. Bondarenko, S. Mazurchuk. Establishment of heat transfer laws through protective structure product to wood. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 6 (10-108). P. 65-71. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.217970.

30. I L Rogovskii, O S Zapadlovsij, S A Voinash, K Yu Maksimovich, V A Sokolova, S V Alekseeva and M V Taraban 2020 Research of vibroacoustic signals in diagnostics of technical condition of engines of beet harvesters combines. Journal of Physics: Conference Series 1679 042032. Scopus. WoS.

31. I L Rogovskii, L L Titova, S A Voinash, V A Sokolova, Yu L Pushkov, A S Krivonogova and G E Kokieva 2020 Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening Journal of Physics: Conference Series 1679 042069 Scopus. WoS.

32. I L Rogovskii, K V Borak, E Yu Maksimovich, V A Smelik, S A Voinash, K Yu Maksimovich and V A Sokolova Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes T-series Journal of Physics: Conference Series 1679 042084 Scopus. WoS.

33. Tsapko Yu., Rogovskii I., Titova L., Bilko T., Tsapko A., Bondarenko O., Mazurchuk S. Establishing regularities in the insulating capacity of a foaming agent for

localizing flammable liquids. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 5 (10(107)). 51–57. doi/ 10.15587/1729-4061.2020.215130 <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/215130/215347> Scopus.

34. Rogovskii I. L., Palamarchuk I. P., Kiurchev S. V., Verkholantseva V. O., Voinash S. A., Sokolova V. A., Gogolevski A. S. Mathematical modeling of the impulse bubbling process of bulk mass by the coolant flow. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. vol. 919, 052026. doi:10.1088/1757-899X/919/5/052026. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/919/5/052026/pdf>. Scopus. WoS. Q3.

35. Rogovskii I. L., Kalivoshko S. M., Voinash S. A., Korshunova E. E., Sokolova M. A., Obukhova I. A., Kebko V. D. Research of absorbing properties of carbon sorbents for purification of aquatic environment from oil products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. 062040. doi:10.1088/1755-1315/548/6/062040. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/548/6/062040/pdf>. Scopus. WoS.

36. Kresan Tetiana, Pylypaka Serhii, Ruzhylo Zynovii, Rogovskii Ivan, Trokhaniak Oleksandra. External rolling of a polygon on a closed curvilinear profile. Acta Polytechnica. 2020. Vol. 60, no 4, p. 313–317. <https://doi.org/10.14311/AP.2020.60.0313>. <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap/article/view/6637>.

37. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 3 (5 (105)). P. 19–29. doi: 10.15587/1729-4061.2020.206073. Scopus.

38. Rogovskii I. L., Titova L. L., Davydenko O. O., Trokhaniak V. I., Trokhaniak O. M. Technology of producing reinforced concrete columns of circular cross-sectional and investigation of their strain-stress state at transverse-longitudinal bending. Acta Polytechnica. 2019. Vol. 59, no 5. P. 510–517. DOI:10.14311/AP.2019.59.0510. <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/ap>. Scopus. WoS.

39. Rogovskii Ivan, Titova Liudmyla, Novitskii Andriy, Rebenko Victor. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Proceedings of 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 22-25, 2019, Latvia University of Agriculture.

Faculty of Engineering. Vol. 18, pp. 291–298. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N451. Scopus. WoS.

40. Voinalooych Oleksandr, Hnatiuk Oleg, Rogovskii Ivan, Pokutnii Oleksandr. Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. Proceedings of 18th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 22-25, 2019, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 18, pp. 563–269. DOI: 10.22616/ERDev2019.18.N245. Scopus. WoS.

41. Aulin V., Hryniv A., Lysenko S., Rohovskii I., Chernovol M., Lyashuk O., Zamota T. Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019, Vol. 1, № 1/6 (97). P. 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156150>. Scopus.

42. Gorobets V. G., Trokhaniak V. I., Rogovskii I. L., Titova L. L., Lendiel T. I., Dudnyk A. O., Masiuk M. Yu. The numerical simulation of hydrodynamics and mass transfer processes for ventilating system effective location. INIMATEH. Agricultural Engineering. Bucharest. 2018. Vol. 56. No 3. P. 85–192. Scopus. WoS.

43. Wittenburg, P., et al. The FAIR Funder pilot programme to make it easy for funders to require and for grantees to produce FAIR. 2019. Data. arxiv:1902.11162. URL: <http://arxiv.org/abs/1902.11162>

44. Wilson, R. H.A Scientific Routine for Stock Control. Harvard Business Review. 1934. 13: 116-128.

45. Wladimir E. Soto-Silva, Marcela C. González-Araya, Marcos A. Oliva-Fernández, Lluís M. Plà-Aragonés, Optimizing fresh food logistics for processing: Application for a large Chilean apple supply chain, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 136, 2017, 42-57.

46. World's Biggest Cold Storage Supplier Could Reach Full UK Capacity in Three Weeks. By Reuters, Wire Service Content April 24, 2020. URL. <https://money.usnews.com/investing/news/articles/2020-04-24/worlds-biggest-cold-storage-supplier-could-reach-full-uk-capacity-in-three-weeks>

47. Worldwide Markets for Smart Packaging 2018-2023 – Oxygen Scavenger Technology Expected to Lead the Market. URL. <https://www.financialbuzz.com/worldwide-markets-for-smart-packaging-oxygen-scavenger-technology-expected-to-lead-the-market-1266026/>

48. Xu G., Yu G. On convergence analysis of particle swarm optimization algorithm. Journal of Computational and Applied Mathematics 2018 URL.: <https://proxy.library.spbu.ru:2069>

49. Xu L., Chen L., Gao Z., Chang Y., Iakovou E., Shi W. Binding the physical and cyber worlds: a Blockchain approach for cargo supply chain security enhancement. IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST), Woburn, 2018. 1-5.

50. Yager R. Families of OWA Operators Fuzzy Sets and Systems, 59, 1993. 125-148.

51. Yiyan Qin, Jianjun Wang, Caimin Wei, Joint pricing and inventory control for fresh produce and foods with quality and physical quantity deteriorating simultaneously, International Journal of Production Economics, Volume 152, 2014, 42-48.

52. Zadeh L. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. Fuzzy sets and systems, 1997. Vol. 90, No. 2. 111-127.

53. Zagurskiy O., Ohienko M., Pokusa T., Zagurska S., Pokusa F., Titova L., Rogovskii I. Study of efficiency of transport processes of supply chains management under uncertainty. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020. 162 p.

54. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Rogovskii I., Titova L. Global supply chains in the context of a new model of economic growth // Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Edited by Alona Ohienko Tadeusz Pokusa Opole. The Academy of Management and Administration in Opole, 2019. 64-74.

55. Zagurskiy O., Titova L. Problems and Prospects of Blockchain Technology Usage in Supply Chains. Journal of Automation and Information Sciences, 2019. Volume 11. 63-74.

56. Zagurskiy O., Rogach S., Titova L., Rogovskii I., Pokusa T. «Green» supply chain as a path to sustainable development // Mechanisms of stimulation of socio-economic development of regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2019. 199-213.

57. Zagurskiy O., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Of blockchain technology usage in supply chains / Socio-economic development of the regions in conditions of

transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020. 13-22.

58. Zagurskiy O. M., Zhurakovska T. S. Optimization of transport processes in supply chains of epicenter hypermarket network. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 3, 55-60.

59. Zhang G., Habenicht W., Spie W. E. L. Improving the structure of deep frozen and chilled food chain with tabu search procedure. Journal of Food Engineering, 2003, 60(1), 67-79.

60. Zhang Y., Qian C. Modeling of an IoT-enabled supply chain for perishable food with two-echelon supply hubs. Industrial Management & Data Systems 2017. Vol. 117, Issue 9. URL: <https://proxy.library.spbu.ru:2156>

61. Zou X. Design and realization of pork anti-counterfeiting and traceability IoT system Acta Technica CSAV (Ceskoslovensk Akademie Ved), 61 (4), 2016, 281-289.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України