

УДК 629.3.083

В. П. САХНО, д-р техн. наук, проф. НТУ;*Ю. Ю. КУКУРУДЗЯК*, канд. техн. наук, доц. ВНТУ

ВРАХУВАННЯ ПОТОЧНОГО ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА В ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

В статті описана методика визначення поточного технічного стану автомобільного двигуна на основі автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу. Така методика направлена на забезпечення оперативного визначення технічного стану двигуна в процесі експлуатації та допомоги в прийнятті обґрунтованих експлуатаційних рішень щодо виконання профілактичних чи відновлювальних робіт на основі комплексних експлуатаційних показників. Приведена ієрархічна структура та методика ідентифікації типових несправностей двигуна.

Ключові слова: технічна експлуатація, моніторинг, технічний стан, несправність, діагностування, клас, параметр.

Вступ. Діюча на сьогоднішній день планово-попереджувальна система ТО і ремонту автомобілів направлена на попередження виникнення відмов або на їх усунення в разі необхідності. Дана система передбачає регламентоване виконання профілактичних робіт через визначений пробіг автомобіля незалежно від його технічного стану [7]. В основі визначення періодичності технічного обслуговування лежить техніко-економічний метод, який направлений на мінімізацію витрат при обслуговуванні і ремонті. Така система має ряд відомих недоліків [2, 6] і потребує змін.

Сучасний рівень розвитку конструкції автомобілів та рівень інформаційно-комунікаційних технологій дають можливість впровадження альтернативних стратегій підтримання роботозданого стану автомобілів. Основним напрямком є впровадження системи ТО і ремонту "за станом", яка передбачає врахування поточного технічного стану при визначенні необхідності виконання профілактичних робіт. Однак, при цьому постає проблема автоматизованого моніторингу технічного стану, удосконалення методів і способів отримання оперативної технічної та організаційної інформації.

Аналіз основних досягнень і літератури. Аналіз діючої планово-попереджувальної системи ТО і ремонту автомобілів приведений в досить великій кількості наукових робіт [2, 4, 6, 7] в яких визначено, що виконання профілактичних робіт без врахування поточного технічного стану є недоцільним, оскільки не враховуються індивідуальні особливості експлуатації окремих автомобілів. В роботах [2, 3] виконаний аналіз стану технічної експлуатації автомобілів і запропоновані методологічні основи її розвитку із застосуванням сучасних інформаційних технологій. В роботі [6] описані питання використання інформаційних ресурсів при керуванні роботоздатністю автопоїздів, а також особливості накопичення діагностичної інформації в регіональних діагностичних комплексах. В роботі [5] описана методологія застосування інтелектуальних засобів діагностики для визначення технічного стану та прогнозування надійності. На сьогоднішній день існує досить велика кількість наукових робіт пов'язаних із удосконаленням методів, засобів та технологій діагностування автомобілів [1, 4, 6, 10].

Однак, можна констатувати той факт, що на даний час не існує чіткої науково обґрунтованої методики, яка б задовольняла сучасні вимоги щодо удосконалення системи ТО і ремонту автомобілів.

Мета дослідження, постановка задачі. Метою даної роботи є визначення впливу поточного технічного стану автомобільного двигуна та інших факторів на прийняття оперативних експлуатаційних рішень щодо виконання профілактичних чи відновлювальних робіт. Основною задачею роботи є розробка методики формування базової інформації та властивостей основних класів, що є основою допомоги прийняття рішень.

Матеріали досліджень. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (АІЕМ) [8] передбачає визначення поточного стану кожного складового елемента процесу експлуатації автомобілів, як окремого об'єкта відповідного класу, що відповідає основним положенням об'єктно-орієнтованого аналізу. Основним структурним елементом системи є об'єкт експлуатаційного моніторингу (ОЕМ).

Автомобільний двигун є найбільш складним об'єктом моніторингу, який потребує особливих методів і способів контролю його технічного стану. Властивості класу "Технічний стан" характеризують належність поточного стану двигуна до певного виду у визначеному періоді експлуатації. Технічний стан двигуна може бути справним, роботоздатним або правильно функціонуючим [9]. Перевірка справності двигуна виконується, як правило, при його виробництві. Справний двигун відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації. Справний стан являє собою тільки один окремих об'єкт класу "Технічний стан". У процесі моніторингу постає задача перевірки роботоздатності двигуна. Це стан при якому двигун здатен виконувати роботу за призначенням на всіх режимах роботи, але може не відповідати деяким вимогам нормативно-технічної документації [9]. Роботоздатних і нероботоздатних станів може бути певна кількість – множина об'єктів. Кожен об'єкт цієї множини у своїх властивостях має різні відхилення від вимог справності. Кількість елементів цієї множини може бути досить великою, але у процесі моніторингу доцільно враховувати тільки ті стани, які мають вплив на показники експлуатації двигуна і можуть бути ідентифіковані з достатнім рівнем достовірності. Стани які неможливо ідентифікувати відносяться до множини невизначених.

Найбільш доцільним способом контролю поточного технічного стану двигуна (рис. 1) є автоматизований моніторинг певної множини діагностичних параметрів, що складають "моніторингову групу". Якщо інформаційний вектор цієї групи дає можливість визначення наявності чи відсутності типових несправностей, то ідентифікується технічний стан і приймається експлуатаційне рішення.

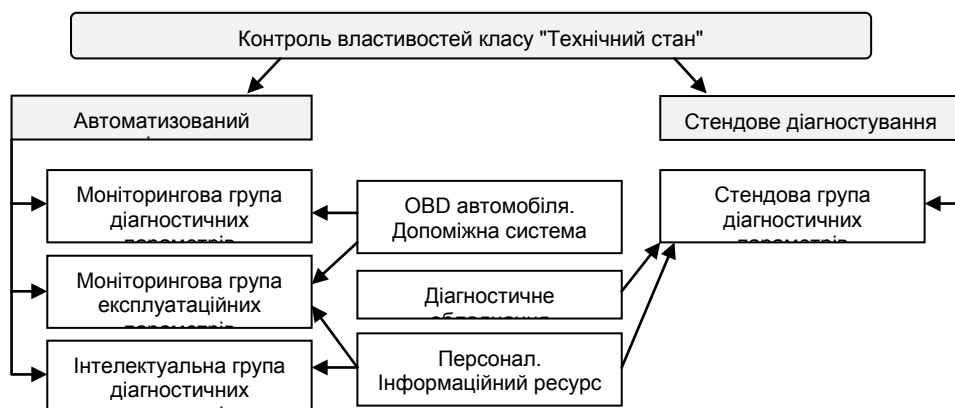


Рисунок 1 – Контроль поточного технічного стану

В багатьох випадках моніторингової інформації недостатньо (умови обмеженої інформації). Тоді застосовуються інтелектуальні методи, що базуються на інформаційному ресурсі бази знань, експертних знаннях, методах інтелектуальної обробки знань. Визначаються діагностичні параметри "інтелектуальної групи".

Наступним можливим етапом є стендове діагностування на посту діагностики із застосуванням стаціонарного чи переносного діагностичного обладнання і визначенням діагностичних параметрів "стендової групи". Таке діагностування повинно виконуватись тільки за необхідності, при недостатній достовірності результатів моніторингу.

Якщо несправності не можливо ідентифікувати описаними групами діагностичних параметрів або вони відсутні, то експлуатаційне рішення про необхідність виконання профілактичних робіт приймається на основі параметрів "експлуатаційної групи", які є властивостями класу "Експлуатаційний фактор" і накопичують інформацію про умови експлуатації та режими роботи двигуна протягом певного періоду.

Ідентифікація поточного технічного стану двигуна здійснюється шляхом порівняння властивостей поточного об'єкту класу "Технічний стан", визначених засобами моніторингу, із властивостями об'єктів, що містяться в базі знань.

Автомобільний двигун є об'єктом експлуатаційного моніторингу 1-го рівня, який поділений на OEM 2-го і 3-го рівнів. Кожний окремих OEM певного рівня характеризується множиною несправностей та множиною структурних параметрів цього рівня. Несправності автомобільного двигуна, як і будь-якої іншої технічної системи, являють собою зміну множини структурних параметрів. Певні властивості класу "Несправність" та класу "Структурний параметр" взаємозалежні.

Базовий клас "Несправність" (рис. 2) має успадковані класи "Несправність одинична", "Несправність кратна" та "Несправність комплексна".

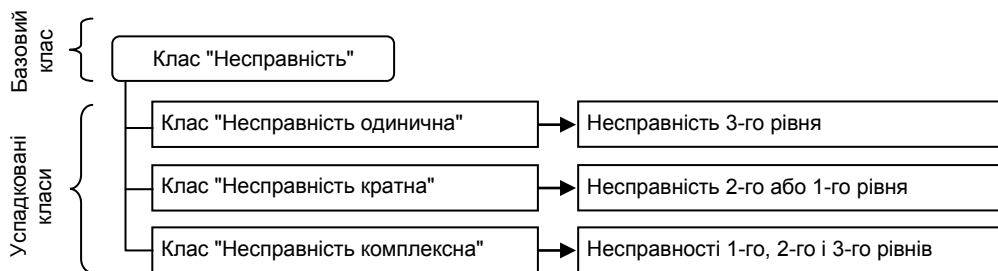


Рисунок 2 – Формування класів "Несправність"

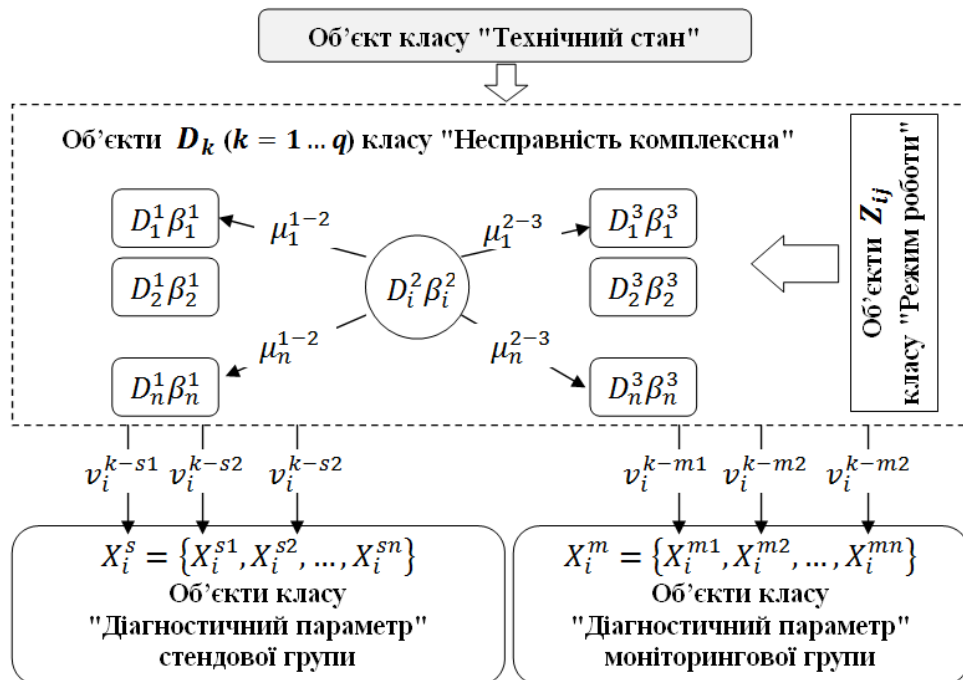
1 рівень – кратні несправності, які пов'язані зі зміною структурних параметрів та зміною зовнішніх ознак, що характеризують технічний стан двигуна в цілому (OEM 1-го рівня). Наприклад, зменшення потужності двигуна, збільшення витрати палива та ін.

2 рівень – несправності, в основі формування яких лежить правильність функціонування окремої системи, механізму чи вузла двигуна (OEM 2-го рівня). Вважається, що OEM або не виконує свої функції за призначенням взагалі, або виконує з певними відхиленнями від технічних вимог. Наприклад, відсутність іскрового розряду, зменшення герметичності з'єднання "Поршень-гільза" та ін.

3 рівень – несправності, що характеризують безпосередньо зміну структурних параметрів певних деталей, спряжень деталей чи окремих елементів двигуна (OEM 3-го рівня) які призвели до появи несправностей вищих рівнів. Наприклад, обрив паса ГРМ, збільшення діаметра гільзи циліндрів та ін.

Кожен об'єкт класу "Несправність комплексна" формується виходячи з можливості ідентифікації цієї несправності інформаційним вектором стенової X_i^s або моніторингової X_i^m групи параметрів. Формування об'єкту класу "Технічний стан" передбачає ідентифікацію одного або деякої множини об'єктів класу "Несправність комплексна". Порядок формування описаний нижче.

Одним об'єктом класу "Несправність комплексна" вважається певна комбінація об'єктів успадкованих від класу "Несправність" з відповідним ступенем β . Одному об'єкту $D_i^2 \beta_i^2$ класу "Несправність кратна" 2-го рівня ставиться у відповідність множина об'єктів $\sum D_{1...n}^3 \beta_{1...n}^3$ класу "Несправність одинична" 3-го рівня. Цій послідовності відповідає множина об'єктів $\sum D_{1...n}^1$ класу "Несправність кратна 1-го рівня". Сформованому об'єкту класу "Несправність комплексна" ставиться у відповідність множина об'єктів $\sum Z_{ij}$ класу "Режим роботи", на яких проявляється дана несправність.



q – кількість об'єктів класу "Несправність комплексна";

β_i^p – ступінь несправності. Характеризує ступінь зміни структурного параметра відповідного рівня;

μ_n^{x-y} – ваговий коефіцієнт. Характеризує ймовірність наявності одиничної несправності нижчого (3-го) рівня при наявності кратної несправності вищого (2-го) рівня. Також ймовірність наявності несправності 2-го рівня при наявності несправності 1-го рівня;

v_i^{k-s}, v_i^{k-m} – вагові коефіцієнти. Характеризують ступінь залежності (ступінь впливу) комплексної несправності D_k на кожний з параметрів X_i^s або X_i^m , що входять до складу стенової чи моніторингової групи при певному режимі роботи Z_{ij} .

Рисунок 3 – Формування об'єкту класу "Технічний стан"

База знань містить повну множину об'єктів класу "Експлуатаційне рішення", яка

охоплює всі роботи, що можуть виконуватись з автомобільним двигуном у процесі експлуатації. На вибір експлуатаційного рішення окрім поточного технічного стану двигуна впливає певна група факторів, які виражені у властивостях класів "Експлуатаційний фактор", "Організаційний фактор" та "Економічний фактор" (рис. 4). Аналіз цих факторів дає можливість визначення комплексних експлуатаційних показників (КЕП), які характеризують необхідність, оперативну можливість та доцільність виконання певних профілактичних чи відновлювальних робіт.

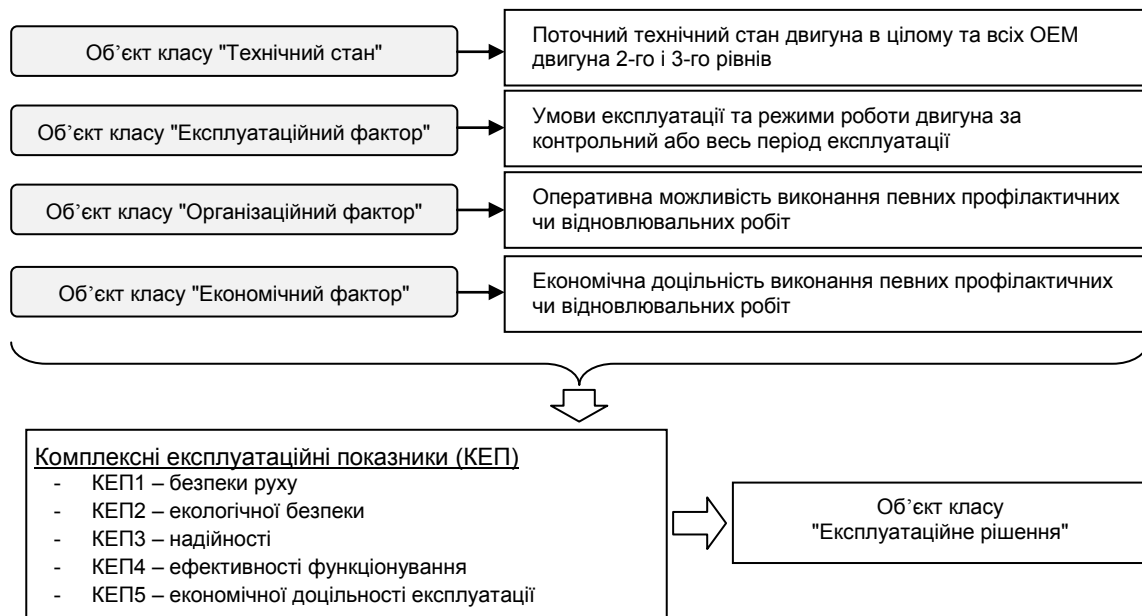


Рисунок 4 – Формування об'єкту класу "Експлуатаційне рішення"

Результати досліджень. Основними результатами даної роботи є методика формування об'єктів класу "Несправність комплексна", які є основою ідентифікації поточного технічного стану. Врахування поточного технічного стану, а також експлуатаційних, організаційних та економічних факторів виражені у формуванні об'єкту класу "Експлуатаційне рішення" через комплексні експлуатаційні показники.

Висновки. Автоматизований експлуатаційний моніторинг передбачає прийняття рішень щодо виконання профілактичних чи відновлювальних робіт у процесі експлуатації автомобільного двигуна. Методика визначення взаємозв'язку між діагностичними параметрами, типовими несправностями та технічним станом автомобільного двигуна дає можливість формування базової інформації, яка є основою системи ТО і ремонту "за станом".

Список літератури: 1. Аулін В.В., Панарін Д.Є. Комплексний підхід в оптимізації та плануванні процесів експлуатації ремонту автомобілів з використанням телеметричних систем дистанційної електронної діагностики / Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки: №2 (69). 2014 р. С. 29-33. 2. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Под редакцией В.П. Волкова; В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов, П.Б. Комов, И.В. Грицук, Ю.В. Волков, Е.А. Комов. – Донецк: Изд-во "Ноулидж" (донецкое отделение), 2013. – 398 с. 3. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б. Ретроспективний аналіз, стан та перспективи

розвитку технічної експлуатації автомобілів / Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 135/2012. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2012. С. 164-169. **4.** *Говорущенко Н. Я.* Системотехніка транспорту (на прикладах автомобільного транспорту). В 2-х частинах / *Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко.* – Харків : РІО ХГАДТУ, 1998. – Т.1 – 255 с.; – Т.2 – 219 с. **5.** *Дубровин В.И.* Интеллектуальные средства диагностики и прогнозирования надежности авиадвигателей: Монография.- Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2003.- 279 с. **6.** *Кравченко О.П.* Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів.: Автореф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2007. – 38 с. **7.** *Кузнецов Е.С.* Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1991.– 413 с. **8.** *Кукурудзяк Ю.Ю.* Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників автомобілів / Вісник Східноукраїнського національного університету / Науковий журнал. – Луганськ: СНУ ім. Володимира Даля. – 2012. – №9(180), частина 1. – С. 136–140. **9.** Основы технической диагностики. Кн. 1: Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / Под ред. *П.П. Пархоменко.* – М. : Энергия, 1976. – 464 с. **10.** *Титаренко В.Є., Шумляківський В.П.* Вібродіагностика в системі технічного обслуговування автомобіля / Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки: №2 (69). 2014 р. С. 190-198.

Bibliography (transliterated): **1.** *Aulin V.V., Panarin D.Ie.* Kompleksnyi pidkhid v optymizatsii ta planuvanni protsesiv ekspluatatsii remontu avtomobiliv z vykorystanniam teletremetrychnykh system dystantsiinoi elektronnoi diahnostryky / Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky: No2 (69). 2014. p. 29-33. **2.** *Volkov V.P.* Yntehratsiia tekhnicheskoi ekspluatatsyy avtomobylei v struktury y protsesy ynte-lyektualnykh transportnykh system: monohrafiya / Pod redaktsyei *V.P. Volkova; V.P. Volkov, V.P. Mateichyk, O.Ia. Nykonov, P.B. Komov, Y.V. Hrytsuk, Iu.V. Volkov, E.A. Komov.* – Donetsk: Yzd-vo "Noulydzh" (donetskoe otdelenye), 2013. – 398 p. **3.** *Volkov V.P., Mateichyk V.P., Komov P.B.* Retrospektyvnyi analiz, stan ta perspektyvy rozvytku tekhnichnoi ekspluatatsii avtomobiliv / Visnyk SevNTU: zb. nauk. pr. Vyp. 135/2012. Serii: Mashynopryladobuduvannia ta transport. – Sevastopol, 2012. p. 164-169. **4.** *Hovorushchenko N. Ia.* Systemotekhnika transporta (na prymerakh avtomobylnoho transporta). V 2-kh chastiakh / *N. Ia. Hovorushchenko, A. N. Turenko.* – Kharkov : RYO KhHADTU, 1998. – Т.1 – 255 .; – Т.2 – 219 p. **5.** *Dubrovyn V.Y.* Yntellektualnye sredstva dyahnostryky y prohnozyrovanyia nadezhnomy avyadvyhatelei: Monohrafiya.-Zaporozhe: ОАО «Мотор-Сич», 2003.- 279 p. **6.** *Kravchenko O.P.* Naukovi osnovy upravlinnia efektyvnistiu ekspluatatsii avtomobilnykh poizdiv.: Avtoref. dys. ... dok. tekhn. nauk: 05.22.20. – Kharkiv, 2007. – 38 p. **7.** *Kuznetsov E.S.* Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobylei. – Moscow.:Transport, 1991.– 413 p. **8.** *Kukurudziak Iu.Iu.* Systema avtomatyzovanoho intelektualno-ekspluatatsiinoho monitorynhu tekhnichnoho stanu ta ekspluatatsiinykh pokaznykiv avtomobiliv / Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu / Naukovyi zhurnal. – Luhansk: SNU im. Volodymyra Dalia. – 2012. – No9(180), chastyna 1. – p. 136–140. **9.** Osnovi tekhnicheskoi dyahnostryky. Kн. 1: Modely ob'ektov, metody y alhorytmy dyahnoza / Pod red. *P.P. Parkhomenko.* – Moscow. : Enerhiya, 1976. – 464 p. **10.** *Tytarenko V.Ie., Shumliakivskiy V.P.* Vibrodiahnostryka v systemi tekhnichnoho obsluhovuvannia avtomobilia / Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky: No2 (69). 2014 yr. p. 190-198.

Надійшла (received) 19.02.2015