

**Ю. Ю. Кукурудзяк, к.т.н., доцент кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент"
Вінницького національного технічного університету**

АВТОМОБІЛЬ ЯК СИСТЕМА ОБ'ЄКТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Описано загальну послідовність формування системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу. Визначено загальну структуру даної системи як об'єктно-орієнтованої та властивості її складового елемента – об'єкту експлуатаційного моніторингу. Описано принципи особливості розподілу автомобіля, як технічної одиниці, на об'єкти експлуатаційного моніторингу.

Постановка проблеми. Діюча планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту автомобілів базується на стратегії обслуговування "за напрацюванням". Вона має ряд загально-відомих недоліків, в основі яких лежить невідповідність нормативів періодичності обслуговування і реального технічного стану автомобіля, що негативно впливає на ступінь використання ресурсу, трудові затрати та безпеку дорожнього руху. Науково-прикладна проблема полягає в удосконаленні системи ТО і ремонту автомобілів. **Метою даної роботи** є загальний опис системи, ідея якої направлена на створення умов оптимізації основних положень технічної експлуатації автомобілів на основі автоматизованого моніторингу параметрів технічного стану та експлуатаційних показників автомобіля, якості обробки і аналізу оперативної експлуатаційної інформації, застосування новітніх інформаційних та інтелектуальних технологій для прийняття коректних оперативних рішень щодо експлуатації автомобілів.

Матеріали і результати дослідження. Сучасний автомобіль являє собою динамічну складну технічну систему в якій сумісно функціонує і взаємодіє між собою деяка кількість підсистем. Класична теорія технічної діагностики [3] передбачає поняття об'єкту діагнозу (ОД). Стосовно автомобіля об'єктом діагнозу можна вважати будь-яку його систему, агрегат, вузол, механізм відносно яких доцільна постановка питання визначення технічного стану. В планово-попереджувальній системі кількість об'єктів діагнозу, яка безпосередньо впливає на трудомісткість діагностичних робіт, є досить відносною величиною. Вона залежить як від конструктивних особливостей автомобіля так і від методів, способів і засобів діагностування які можливі та існують на підприємстві. Отже, в такій системі попередній точний розподіл автомобіля на окремі об'єкти діагнозу і визначення їх кількості практично дуже ускладнений і не має особливого сенсу. Перелік елементів автомобіля, яким необхідно виконати поглиблене діагностування та кількість вимірюваних діагностичних параметрів, можуть уточнюватись в процесі діагностування.

Введемо поняття системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (АІЕМ), основним призначенням якої є забезпечення функціонування стратегії обслуговування автомобілів "за станом". В основі розробки системи АІЕМ лежать підходи, які дають можливість максимально-го використання сучасних передових інформаційних технологій, інтелектуальних методів обробки інформації та сучасних способів передачі інформації.

Система АІЕМ є об'єктно-орієнтованою [2], а її складовими елементами є об'єкти експлуатаційного моніторингу (ОЕМ), властивості яких дещо ширші в порівнянні з об'єктами діагнозу класичної теорії технічної діагностики. Система АІЕМ передбачає обов'язковий попередній розподіл на окремі ОЕМ. Такими об'єктами повинні бути як самі автомобілі так і всі структурні та виробничі підрозділи підприємства.

Підходи щодо визначення технічного стану автомобіля і підтримання його в роботоздатному стані можуть бути різними як за способами і методами так і за рівнем складності [1]. Стратегія обслуговування автомобілів "за станом" на відміну від стратегії "за напрацюванням" повинна включати в себе механізм постійного контролю – моніторингу. В системі АІЕМ передбачається кілька рівнів моніторингу:

1) *Моніторинг діагностичних параметрів* – передбачає постійний потік інформації про поточні значення діагностичних параметрів того чи іншого ОЕМ. Результатом є відповідь про те чи виходить вимірюваний параметр за допустимі межі. Моніторинг діагностичних параметрів не дає однозначної відповіді про поточний технічний стан ОЕМ. Вихід того чи іншого параметра за допустимі межі може перевести ОЕМ в інший технічний стан, але не зрозуміло в який.

2) *Моніторинг технічного стану* – передбачає наявність модулів автоматизованої ідентифікації виду технічного стану ОЕМ. Робочі модулі моніторингу технічного стану ОЕМ базуються на індивідуальних діагностичних моделях враховуючи інформацію моніторингу діагностичних параметрів, інфо-

рмацию індивідуальних баз знань та застосовуючи інтелектуальні методи обробки інформації, особливо в умовах обмеження цієї інформації.

3) *Експлуатаційний моніторинг* – передбачає не тільки контроль технічного стану автомобілів, а і контроль всіх експлуатаційних та економічних показників їх функціонування, а також діяльності всіх служб, які це забезпечують. Оперативні експлуатаційні рішення можуть прийматись тільки при наявності: оперативної інформації про технічний стан автомобілів; інформації про готовність технічних служб виконати певний обсяг робіт; інформації про технічну, економічну та експлуатаційну доцільність виконання певного комплексу робіт, часу та черговості виконання цих робіт; інформації про оперативну зайнятість автомобілів при виконанні транспортної роботи; інформації про оперативне матеріально-технічне забезпечення та ін.

Нижче описані принципи особливості формування системи АІЕМ з точки зору розподілу цієї системи на її складові – об’єкти експлуатаційного моніторингу, а також особливості розподілу автомобіля на об’єкти нижчих рівнів.

Враховання основних положень об’єктно-орієнтованого аналізу. Створення системи АІЕМ передбачає кілька етапів на яких формуються об’єкти експлуатаційного моніторингу та визначається їх взаємодія між собою (рис. 1). Масив OEM повинен мати ієрархічну багаторівневу структуру.

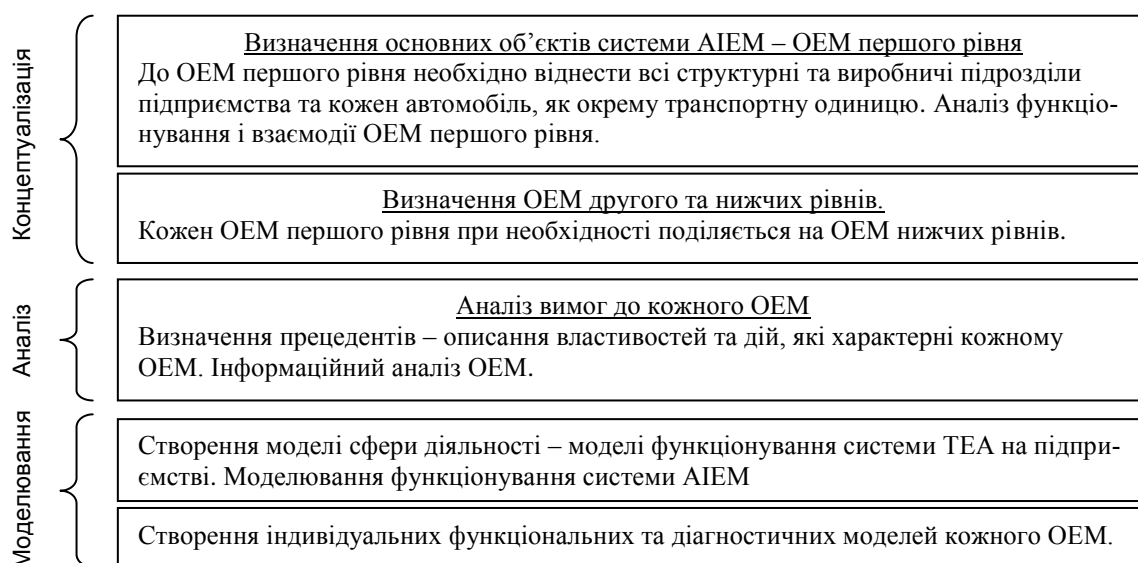


Рис. 1 – Порядок створення системи АІЕМ на основі об’єктно-орієнтованого аналізу

Першим етапом є концептуалізація, яка передбачає визначення основних OEM першого рівня. На цьому етапі необхідно виконати аналіз всього підприємства і визначити основну ідею системи та загальні вимоги до неї, проаналізувати діяльність системи в цілому. В процесі розробки системи можуть змінюватись деякі підходи та деталі, але основна концепція повинна залишатись незмінною. На цьому ж етапі виконується розподіл системи на OEM другого та нижчих рівнів.

Другим етапом є аналіз кожного OEM системи. Результатом аналізу повинні бути чітко визначені вимоги до кожного компонента системи. Такі вимоги можуть бути реалізовані у вигляді аналізу прецедентів. Прецедент являє собою описання властивостей і дій, які характерні для окремого об’єкту системи. На цьому етапі досить важливим є те, щоб різні об’єкти не дублювали одні і ті ж дії, особливо, якщо вони можуть викликати протиріччя одне одному. Стосовно автомобіля, для кожного OEM необхідно визначити і проаналізувати всі вихідні дані, необхідні для створення функціональних та діагностичних індивідуальних моделей. Це конструктивні особливості OEM, повний перелік діагностичних та структурних параметрів, перелік ознак і причин несправностей, рекомендації заводу-виробника, експертні знання та ін.

Третій етап найбільш складний. Він передбачає створення індивідуальних функціональних та діагностичних моделей кожного OEM, кінцевою метою яких є прийняття коректних експлуатаційних рішень щодо необхідності виконання профілактичних чи відновлювальних робіт або подальшої експлуатації.

Автомобіль в цілому вважається OEM першого рівня. Основні агрегати та системи автомобіля є OEM нижчого другого рівня. Розподіл агрегатів і систем на окремі елементи утворює OEM третього рівня. Загальна кількість та номенклатура OEM, глибина рівнів OEM повинні бути індивідуальними для різних моделей автомобілів.

Врахування можливості створення інтелектуально-інформаційної надбудови. OEM являє собою сукупність двох складових: безпосередньо фізичного об'єкту та інтелектуально-інформаційної надбудови. Кожен OEM необхідно розглядати як окремий інтелектуальний об'єкт, який має індивідуальну базу знань, індивідуальні функціональну та діагностичну моделі, оперативну та постійну пам'ять. Такий об'єкт повинен мати технічну, інформаційну та інтелектуальну можливість автоматизованої ідентифікації виду технічного стану, автоматизованого "спілкування" з центральним сервером системи АІЕМ, визначення доцільності і можливості подальшої експлуатації, визначення необхідності та доцільності технічних втручань та ін. Виконання цих функцій забезпечується інтелектуально-інформаційною надбудовою.

Врахування можливості створення інтерфейсу спілкування. Інтерфейс спілкування OEM повинен мати технічну можливість оперативної і постійної передачі необхідної інформації в автоматичному режимі без цілеспрямованого разового діагностичного втручання. Для цього передбачені основні входи і виходи, а при необхідності – забезпечуються додаткові. При плануванні і створенні інтерфейсу спілкування для кожного OEM необхідно врахувати дві групи факторів. По-перше, конструктивні особливості кожного автомобіля підприємства. Для частини OEM інтерфейс спілкування може повністю забезпечуватись штатною бортовою системою діагностики (OBD). Інша частина OEM потребує монтування додаткових технічних пристроїв, які повинні виконувати функцію контролю діагностичних параметрів, зберігання та передачі інформації. По-друге, технічна оснащеність системи АІЕМ повинна забезпечувати оперативну обробку та обмін інформацією між різними OEM. Інтерфейс спілкування може бути як провідним так і безпроводним (наприклад WiFi).

Врахування можливості створення індивідуальних діагностичних моделей для ідентифікації виду технічного стану. Кінцевою метою створення діагностичної моделі OEM є ідентифікація виду технічного стану (ТС). Ця інформація є основою для прийняття коректних експлуатаційних рішень щодо необхідності і доцільності технічних втручань.

Для ідентифікації виду технічного стану необхідно сформулювати інформаційний вектор ТС, який характеризується набором параметрів, що можуть контролюватись у процесі експлуатації. Кожен параметр інформаційного вектора характеризується діагностичною цінністю. Діагностична цінність параметра вважається максимальною у тому випадку, якщо при виключенні цього параметра ідентифікація ТС стає неможливою. Діагностична цінність самого вектора ТС максимальна тоді, коли до його складу входять параметри з високою діагностичною цінністю. Отже в основі формування інформаційного вектора ТС повинен лежати принцип зменшення кількості діагностичних параметрів і водночас збільшення їх діагностичної цінності.

Найбільша складність ідентифікації технічного стану OEM виникає у випадках обмеженої інформації, коли інформаційний вектор ТС сформувати неможливо, або він формується тільки частково. Кількість параметрів які можна контролювати в автоматизованому режимі обмежена і за їх значеннями неможливо точно ідентифікувати вид ТС. В такому випадку діагностична модель передбачає застосування методів інтелектуальної діагностики із використанням індивідуальних баз знань. Вид технічного стану OEM визначається комплексним параметром технічного стану W_i , метою якого є визначення експлуатаційного діапазону в який на даний час (визначений пробіг) попадає OEM. Діагностична модель враховує як параметричну інформацію, отриману шляхом моніторингу діагностичних параметрів так і експертну інформацію що міститься в індивідуальних базах знань.

Отже, розподіл автомобіля на OEM нижчих рівнів повинен супроводжуватись аналізом кожної групи параметрів, характерних для даного OEM (рис. 2).



Рис. 2 – Групи діагностичних параметрів об'єкту експлуатаційного моніторингу

Врахування доцільності подальшого розподілу на OEM нижчих рівнів. Діагностична модель OEM передбачає описання можливих несправностей цього об'єкту, зовнішніх ознак несправностей та ін.

Типовий перелік несправностей OEM можна поділити на одиничні та кратні. Одиничними вважаються елементарні несправності, які не можуть бути представлені сукупністю інших несправностей. Кратна несправність являє собою сукупність декількох одиничних несправностей. Таким чином множина одиничних несправностей є підмножиною сукупності одиничних і кратних несправностей.

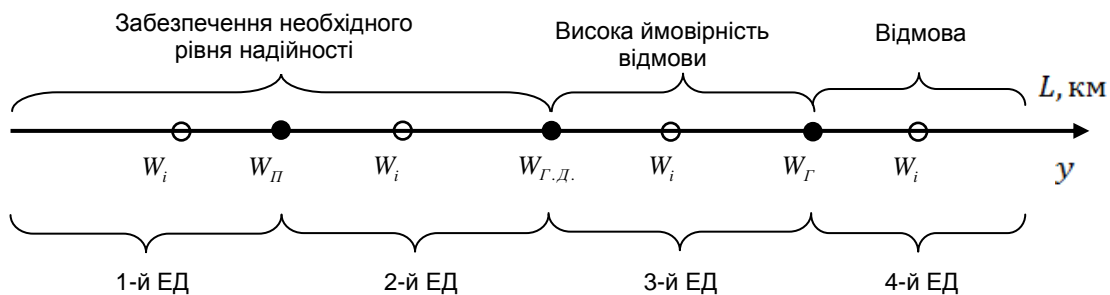
Одиничні несправності визначаються шляхом елементарних перевірок. Як правило, це здійснюється незалежно від усієї системи. Наприклад такі елементи як сенсори, форсунки та ін. можуть демонтуватись для перевірки або перевірятись безпосередньо на двигуні. В багатьох випадках перевірку необхідно здійснювати тестовим способом. Такий підхід дає найбільш достовірний діагностичний висновок, але він найбільш трудомісткий і, саме основне, його не можливо автоматизувати.

Основна задача правильного розподілу на OEM різних рівнів полягає в зменшенні кількості (або повному виключенні) визначення одиничних несправностей. Кожний OEM вищого рівня характеризується властивістю появи або не появи кратної несправності, яка може дати однозначну відповідь про відсутність деякої кількості одиничних несправностей, а відповідно може включити деяку кількість елементарних перевірок. Отже, OEM найнижчого рівня повинен мати технічну можливість ідентифікації виду технічного стану в автоматизованому режимі через моніторинг діагностичних параметрів.

Врахування рангу OEM. Визначення рангу OEM залежить від формування експлуатаційних діапазонів та безпосередньо впливає на ступінь використання ресурсу OEM. Метою розподілу OEM на ранги є: по-перше – економічний ефект від збільшення коефіцієнту використання ресурсу OEM; по-друге – підвищення безпеки руху за рахунок вчасного проведення профілактичних робіт для OEM, технічний стан яких безпосередньо впливає на безпеку руху.

У планово-попереджувальній системі ТО і ремонту передбачається, що профілактичні роботи включають в себе дві складові [1]: контрольну (діагностування) та виконавчу (обслуговування). Контрольна частина профілактичних робіт передбачає вимірювання або розрахунок певної кількості діагностичних параметрів u_i та порівняння їх з граничними u_c або гранично допустимими значеннями $u_{c,d}$, на основі чого робиться висновок про технічний стан або рішення про необхідність технічних втручань.

Система експлуатаційного моніторингу не передбачає періодичних разових діагностичних втручань, тому поняття контрольної частини профілактичних робіт дещо нівелюється, а виконавча частина профілактичних робіт виконується в залежності від технічного стану OEM. Ідентифікація виду технічного стану виконується постійно в автоматизованому режимі. Кількісно технічний стан оцінюється комплексним параметром технічного стану W_i . Експлуатаційні рішення про необхідність і зміст виконавчої частини профілактичних робіт приймається на основі умови попадання поточного значення комплексного параметра W_i в один з експлуатаційних діапазонів (ЕД) (рис. 3).



$W_П$ – значення комплексного параметра, при якому виконання профілактичних робіт стає економічно доцільним;

$W_{Г.д.}$ – гранично допустиме значення;

$W_Г$ – граничне значення.

Рис. 3 – Розподіл експлуатаційних діапазонів (ЕД)

Перший ЕД ($W_i < W_П$) характеризується високою ймовірністю безвідмовної роботи. Виконання будь-яких профілактичних робіт на даному етапі є недоцільним з причини низького коефіцієнта використання ресурсу.

Другий ЕД ($W_П < W_i < W_{Г.д.}$) характеризується допустимим значенням ймовірності безвідмовної

роботи та більшим коефіцієнтом використання ресурсу. В цьому діапазоні виконання профілактичних робіт є економічно доцільним.

Третій ЕД ($W_{г.д.} < W_i < W_{г.}$) характеризується низькою ймовірністю безвідмовної роботи та максимальним коефіцієнтом використання ресурсу. Виконання профілактичних робіт в цьому діапазоні є найбільш вигідним економічно.

Четвертий ЕД ($W_i > W_{г.}$) не передбачає виконання профілактичних робіт. Експлуатація здійснюється до появи відмови, після чого виконуються відновлювальні роботи.

Розподіл OEM на ранги передбачає наступне. До OEM першого рангу необхідно віднести об'єкти, яким профілактичні роботи обов'язково виконуються в другому експлуатаційному діапазоні. Це об'єкти, які безпосередньо впливають на безпеку руху та об'єкти, поява відмов в яких призводить до значних матеріальних втрат. До OEM другого рангу відносяться об'єкти яким можна виконувати профілактичні роботи як в другому так і в третьому ЕД. До OEM третього рангу можна віднести тільки ті об'єкти яким профілактичні роботи не передбачені взагалі. Відмови в таких об'єктах є незалежними, а їх заміна доцільна тільки після повного вичерпання ресурсу. Таким чином, врахування рангу OEM дозволяє збільшувати кількість OEM одночасного обслуговування, що зменшує час простою автомобіля.

Висновки. Система автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (АІЕМ) та її складові – об'єкти експлуатаційного моніторингу (ОЕМ) дають можливість повноцінного застосування сучасних інформаційних, комунікаційних, організаційних та інтелектуальних технологій і можуть бути основою удосконалення існуючої системи обслуговування та ремонту автомобілів..

Література

1. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
2. Ларман Крег Применение UML и шаблонов проектирования. 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002, 624 с.
3. Основы технической диагностики. Кн. 1: Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / Под ред. П.П. Пархоменко. – М. : Энергия, 1976. – 464 с.

Кукурудзяк Ю. Ю. Автомобиль как система объектов автоматизированного интеллектуально-эксплуатационного мониторинга.

Описана обшая последовательность формирования системы автоматизированного интеллектуально-эксплуатационного мониторинга. Определены обшая структура данной системы как объектно-ориентированной и свойства ее составного элемента - объекта эксплуатационного мониторинга. Описаны принципиальные особенности распределения автомобиля, как технической единицы, на объекты эксплуатационного мониторинга.

Kukurudzyak Yu. Vehicle as a system of objects automated intellectual-operating monitoring.

A general sequence of formation of automated intellectual and operational monitoring. The general structure of the system as object-oriented and properties of its components - object operational monitoring. We describe the principal features of the distribution of the car as technical unit, the objects operational monitoring.