

УДК 629.3.083

**Ю. Ю. Кукурудзяк, доцент, канд.техн.наук,**  
Вінницький національний технічний університет  
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021

## **МОДЕЛЬ ПІДТРИМАННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛІВ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ**

*В статті описана модель системи підтримання роботоздатності автомобілів, яка передбачає автоматизацію прийняття експлуатаційних рішень на основі моніторингу технічного стану і експлуатаційних показників автомобілів та інтеграції сучасних ІТ-технологій і елементів штучного інтелекту в організацію експлуатації автомобілів.*

**Ключові слова:** автомобільний транспорт, технічна експлуатація, моніторинг, технічний стан, система.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день процеси підтримання роботоздатності автомобілів та контролю їх технічного стану мають певні труднощі, пов'язані з рядом факторів, а саме: збільшення кількості і зменшення розмірів підприємств автомобільного транспорту значно ускладнило процес контролю їх діяльності, контролю технічного стану транспортних засобів, організацію вчасного та якісного виконання робіт з ТО і ремонту автомобілів; ускладнення конструкції автомобілів, що призводить до зміни складу необхідних профілактичних і ремонтних робіт та висуває особливі вимоги щодо спеціалізації і кваліфікації ремонтно-обслуговуючого і керівного персоналу; пристосування підприємств до умов господарювання в сучасних ринкових відносинах; ріст різномарочності та різнотипності автомобілів на підприємствах, що суттєво ускладнює організацію і планування робіт з ТО і ремонту.

Наукова проблема полягає в удосконаленні існуючої системи підтримання роботоздатності автомобілів та контролю їх технічного стану при використанні за призначенням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Діюча планово-попереджувальна система ТО і ремонту автомобілів передбачає регламентоване виконання профілактичних робіт з технічного обслуговування через визначений пробіг автомобіля незалежно від його технічного стану, що є її загальновідомим недоліком [1, 3]. Проблема підтримання роботоздатності автомобілів та визначення періодичності і доцільності виконання профілактичних чи відновлювальних робіт розглядалася в багатьох наукових працях [1, 2, 3]. В переважній більшості ці дослідження направлені на удосконалення діючої системи ТО і ремонту автомобілів і ґрунтуються на застосуванні чітких алгоритмів, що передбачає обов'язкову наявність необхідної кількості вхідної інформації. В існуючих наукових працях недостатньо висвітлені питання прийняття експлуатаційних рішень в умовах обмеженої інформації, питання автоматизованого моніторингу технічного стану транспортних засобів, а також питання інтеграції сучасних ІТ-технологій та елементів штучного інтелекту в технічну експлуатацію автомобілів.

**Мета статті.** Метою даної статті є опис узагальненої моделі системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу (АІЕМ), яка передбачає часткову автоматизацію прийняття експлуатаційних рішень щодо підтримання роботоздатного стану автомобілів на основі гібриду двох інформаційних потоків: по-перше – обробки параметричної діагностичної інформації, отриманої шляхом безперервного моніторингу технічного стану та експлуатаційних показників автомобілів, по-друге – інтеграції елементів штучного інтелекту [4] для допомоги прийняття експлуатаційних рішень в умовах обмеженої діагностичної та експлуатаційної інформації.

**Матеріали та результати досліджень.** З метою створення основ і забезпечення функціонування стратегії обслуговування автомобілів "за станом" введемо поняття системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу, яка є об'єктно-орієнтованою і поділяється на первинні елементи – об'єкти експлуатаційного моніторингу (ОЕМ). На рис. 1 показана узагальнена структура системи АІЕМ. Основними компонентами системи є перелік ОЕМ, що включає в себе самі автомобілі і всі структурні елементи підприємства які забезпечують їх функціонування та підтримання роботоздатності. Інтелектуально-інформаційна надбудова кожного ОЕМ міститься в центральному сервері з відповідним програмним забезпеченням, розділеним на функціональні модулі.

**Модуль інтерфейсу спілкування** передбачає механізм отримання постійного потоку різного роду параметричної та експлуатаційної інформації від ОЕМ. Ця інформація надходить від штатної вбудованої системи бортової діагностики автомобіля (OBD) та допоміжної моніторингової системи. Допоміжна система являє собою визначений набір сенсорів, розташованих в характерних точках автомобіля та мікропроцесорного блоку, який в автоматичному режимі отримує інформацію від діагностичних сенсорів та зберігає її у вбудованій енергонезалежній пам'яті, яка організована у форматі кільцевого буфера. Збережена інформація автоматично передається в центральний сервер системи АІЕМ через інтерфейс WiFi

(Bluetooth) при попаданні автомобіля в зону покриття центрального сервера. Це можливо при виїзді автомобіля з підприємства або його поверненні. Окрім цього в центральний сервер вручну заноситься оперативна інформація про функціональні та експлуатаційні показники інших OEM, що забезпечують функціонування і підтримання робоздатності автомобілів.

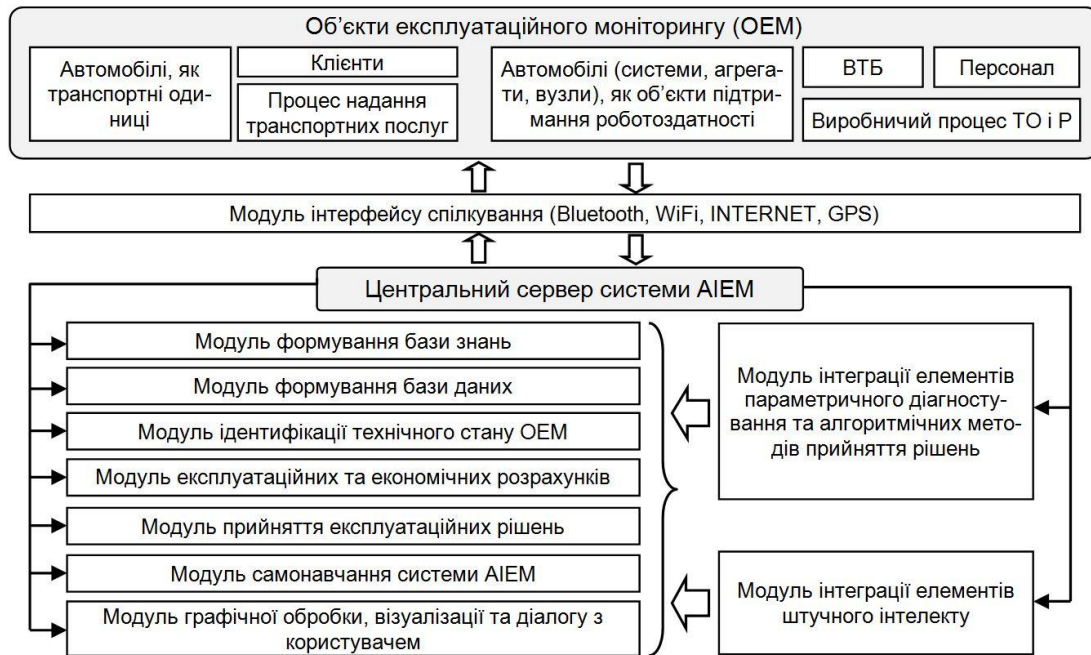


Рис. 1 – Узагальнена структура системи АІЕМ

**Модуль формування бази знань системи АІЕМ.** База знань містить постійну, попередньо опрацьовану інформацію. Ефективність бази знань характеризується її повнотою та можливістю коригування і поповнення. База знань складається з двох основних частин: по-перше, це знання, які містять інформацію про систему АІЕМ в цілому; по-друге, це індивідуальні знання кожного OEM системи АІЕМ. Загальна структура бази знань системи АІЕМ показана на рис. 2.



Рис. 2 – Узагальнена структура бази знань системи АІЕМ

Першочерговим кроком формування бази знань є розподіл системи на структурні елементи – об'єкти експлуатаційного моніторингу. Розглядаючи підприємство автомобільного транспорту (ПАТ) як систему призначену для надання транспортних послуг можна виділити деяку кількість первинних елементів системи: клієнти, автомобілі, персонал та ін. При цьому вважається, що автомобіль є неподільним первинним елементом. Розглядаючи ПАТ як систему, що забезпечує робоздатність рухомого складу можна виділити дещо інший перелік первинних елементів. В цьому випадку автомобіль необхідно поді-

лити на OEM нижчих рівнів (системи, агрегати, вузли). Окрім цього об'єктами експлуатаційного моніторингу є всі первинні елементи, що забезпечують виробничий процес ТО і ремонту автомобілів.

Найбільш важливою складовою бази знань є блок формування індивідуальних діагностичних моделей OEM, які повинні описувати справний технічний стан OEM. Окрім цього в базі знань міститься методика формування діагностичних моделей, що описують будь-який інший стан OEM, відмінний від справного. В залежності від інформативної наповненості діагностичні моделі кожного OEM можуть ґрунтуватись тільки на параметричній інформації або містити елементи штучного інтелекту.

**Модуль формування бази даних системи АІЕМ.** База даних на відміну від бази знань містить оперативну поточну інформацію, яка необхідна для роботи із системою АІЕМ на деякому визначеному проміжку часу. Зібрана поточна інформація в першу чергу містить значення моніторингової групи параметрів, отриманої через модуль інтерфейсу спілкування. Окрім параметричної інформації, що характеризує технічний стан окремих OEM, в пам'ять центрального сервера поступає поточна експлуатаційна, виробнича та економічна інформація. Таким чином, у центральному сервері системи АІЕМ постійно знаходиться оперативна інформація, яка є базою для визначення поточного технічного стану будь-якого OEM та прийняття оперативних експлуатаційних рішень. У структурі бази знань можна виділити такі блоки: збору поточної інформації, розширення поточної інформації, формування діагностичних моделей поточного технічного стану OEM, систематизації поточної інформації всієї системи АІЕМ.

Частина пам'яті центрального сервера системи АІЕМ, виділена для поточної оперативної інформації, організована у форматі кільцевого буфера. Після її обробки і використання вона може автоматично вилучатись. Але тут слід відмітити наступне. Особливістю системи АІЕМ є те, що вона самонавчається. Під час експлуатації автомобілів та виконання робіт з ТО і ремонту створюється потік цінної інформації і знань, які можуть використовуватись у майбутньому як статистичні або для самонавчання інтегрованого модуля штучного інтелекту. Таким чином, частина інформації, яка складає певний інтерес для подальшого використання, передається в модуль формування бази знань та модуль самонавчання системи АІЕМ.

**Модуль ідентифікації технічного стану OEM.** Вид технічного стану кожного OEM визначається системою АІЕМ в автоматизованому режимі. Система АІЕМ не передбачає періодичних разових діагностувань. Для кожного OEM постійно контролюються значення параметрів моніторингової групи, на основі чого формуються діагностичні моделі поточного технічного стану. В умовах обмеженої параметричної інформації (для окремих OEM) інтегруються методи інтелектуальної діагностики [4].

Згідно класичної теорії технічної діагностики [3], об'єкт діагностування є роботоздатним на інтервалі від справного до граничного технічного стану. Але при цьому не враховується те, що роботоздатний технічний стан в дійсності являє собою цілу множину технічних станів з різними параметрами, що змінюються на інтервалі від справного до граничного стану. Основною метою ідентифікації виду технічного стану в системі АІЕМ є визначення експлуатаційного діапазону в який попадає OEM з роботоздатним технічним станом. Такий підхід дає змогу максимально збільшити коефіцієнт використання ресурсу та врахувати вплив даного OEM на безпеку руху та екологічну безпеку.

Для визначення виду технічного стану окремого OEM параметри діагностичної моделі поточного стану порівнюються з параметрами діагностичної моделі справного технічного стану даного OEM, які є в базі знань. Визначається сукупність відхилень, на основі чого робиться висновок про поточний технічний стан OEM. Ідентифікований образ виду технічного стану для даного OEM заноситься в базу знань.



Рис. 3 – Ідентифікація технічного стану OEM

*Модуль експлуатаційних та економічних розрахунків* призначений для обробки інформації, що характеризує ефективність експлуатації автомобілів, а саме: оперативна трудомісткість необхідних профілактичних та відновлювальних робіт, оперативна тривалість відновлення роботоздатності OEM, оперативне співвідношення витрат на профілактичні і відновлювальні роботи, втрати від простою автомобіля за час відновлення OEM, прогнозовані втрати з причини низького коефіцієнта використання ресурсу OEM та ін.

*Модуль прийняття експлуатаційних рішень.* Під терміном "експлуатаційне рішення" будемо розуміти: по-перше, прийняття рішення щодо оптимальної експлуатації автомобілів при використанні їх за призначенням з максимальним прибутком, по-друге, прийняття рішення щодо необхідності технічних втручань з метою підтримання автомобілів в роботоздатному стані при мінімальних затратах і простоях.

Прийняття оперативних експлуатаційних рішень передбачає ціленаправлену дію, яка змінює параметри системи. Інакше кажучи, експлуатаційне рішення переводить систему із одного стану в інший на основі обробки інформації про стан системи на даний час [2]. Проблеми і задачі при прийнятті поточних експлуатаційних рішень можна поділити на два напрямки: 1) задачі з чітко вираженими і відомими умовами, для яких можуть застосовуватись чіткі алгоритми і які мають однозначне і чітке вирішення; 2) задачі, при вирішенні яких немає можливості врахувати усі наявні умови, від яких залежить результат, а можна лише виділити приблизний набір найбільш важливих вхідних параметрів, у зв'язку з чим частина параметрів не враховується і результат має неточний, приблизний характер, а алгоритм вирішення такої задачі не може бути однозначно сформульований. Задачі другої групи потребують застосування елементів штучного інтелекту.

*Модуль самонавчання* забезпечує адаптацію системи до структурних змін та удосконалення інформаційної бази знань з метою підвищення достовірності діагностичних висновків та прийняття рішень.

*Модуль графічної обробки і візуалізації* забезпечує діалог з користувачем системи АІЕМ.

**Висновки.** Описана узагальнена модель системи автоматизованого інтелектуально-експлуатаційного моніторингу, яка передбачає підтримання роботоздатного стану автомобілів. Новизною даного напрямку наукового дослідження є розробка основ для впровадження в технічну експлуатацію автомобілів стратегії обслуговування "за станом" та системи допомоги прийняття оперативних експлуатаційних рішень в умовах обмеженої інформації. Такий підхід ґрунтується на поєднанні (гібриді) різних інформаційних потоків: параметричної інформації, отриманої шляхом безперервного моніторингу технічного стану і експлуатаційних показників автомобілів та розширення інформаційного поля на основі інтеграції методів штучного інтелекту і сучасних ІТ-технологій.

#### *Бібліографічний список використаної літератури*

1. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів.: Авто-реф. дис. ... док. техн. наук: 05.22.20. – Харків, 2007. – 38 с.
2. Кузнецов Е. С. Управление техническими системами: Учебное пособие/МАДИ(ТУ) -М.,2003. 247с.
3. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. – К. : Знання, 2004. – 478 с.
4. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2008.- 341 с.

#### **Кукурудзяк Ю. Ю. Модель підтримання работоспособности автомобилей на основе системы автоматизированного интеллектуально-эксплуатационного мониторинга.**

В статье описана модель системы поддержания работоспособности автомобилей, которая предусматривает автоматизацию принятия эксплуатационных решений на основе мониторинга технического состояния и эксплуатационных показателей автомобилей и интеграции современных ИТ-технологий и элементов искусственного интеллекта в организации эксплуатации автомобилей.

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, техническая эксплуатация, мониторинг, техническое состояние, система.

#### **Kukurudzyak Yu. The model of maintain automobiles' functionality on the base of automated intellectually-operational monitoring.**

This article describes a model of the system to maintain cars' functionality, which provides the automation of operational decision-making on the basis of monitoring technical conditions and the vehicle's performance and the integration of modern IT-technologies and artificial intelligence elements in the organization of the operation of automobiles.

**Keywords:** motor transport, technical maintenance, monitoring, technical state, system.