УДК 004.9:629.3.083:614.846

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ

Віталій ЛАПІН, Роман ГОЛОВАТИЙ
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Анотація. Розглянуто побудову автоматизованої системи моніторингу технічного стану пожежно-рятувальних автомобілів на основі даних бортової мережі CAN за стандартом SAE J1939 і додаткових датчиків спеціального обладнання. Запропоновано перехід від регламентного до обслуговування за фактичним станом з виявленням аномалій та інтегральним показником готовності автомобіля.
Ключові слова: пожежно-рятувальний автомобіль, технічний стан, телематика, SAE J1939, обслуговування за станом, виявлення аномалій, готовність.

Abstract. The development of an automated system for monitoring the technical condition of fire and rescue vehicles based on CAN bus data according to SAE J1939 and additional sensors of special equipment is considered. A transition from scheduled to condition-based maintenance with anomaly detection and an integral vehicle readiness indicator is proposed.
Keywords: fire and rescue vehicle, technical condition, telematics, SAE J1939, condition-based maintenance, anomaly detection, readiness.

Готовність пожежно-рятувальних підрозділів до реагування безпосередньо залежить від справності техніки: несправність насоса, акумуляторної батареї чи системи охолодження двигуна, виявлена лише під час виїзду, може зірвати виконання завдання. В умовах війни інтенсивність експлуатації техніки зросла, а її поповнення ускладнене, тому ефективне управління ресурсним забезпеченням рятувальних підрозділів, зокрема в територіальних громадах, потребує інформаційних технологій оперативного обліку стану техніки [1]. Традиційне технічне обслуговування виконується за регламентом – після певного пробігу чи проміжку часу – і не враховує фактичних умов експлуатації: тривалої роботи насоса на пожежі, роботи двигуна на місці без руху, сезонних навантажень.

Альтернативою є обслуговування за фактичним станом, за якого рішення про обслуговування ухвалюються на основі безперервного моніторингу параметрів і діагностики та прогнозування несправностей [2]. Загальну структуру обробки даних у таких системах – від отримання сигналів до оцінки стану та формування рекомендацій – визначає стандарт ISO 13374-1 [3]. Сучасні вантажні автомобілі, на шасі яких будуються пожежні автоцистерни, мають бортову мережу CAN з протоколом SAE J1939 [4], через яку доступні основні параметри двигуна й трансмісії та коди несправностей.

Метою роботи є розроблення архітектури автоматизованої системи моніторингу технічного стану пожежно-рятувальних автомобілів. Контрольовані параметри наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Контрольовані параметри та реакція системи

Параметр	Джерело даних	Реакція системи
Моторні години, пробіг, робота двигуна на місці	CAN (SAE J1939), GPS	Планування обслуговування за фактичним напрацюванням
Температура охолоджувальної рідини, тиск оливи	CAN (SAE J1939)	Попередження при виході за допустимі межі або аномальній динаміці
Активні коди несправностей	CAN (повідомлення DM1 SAE J1939)	Автоматичне створення заявки на ремонт, зміна статусу готовності

Параметр	Джерело даних	Реакція системи
Напруга акумуляторної батареї в режимі очікування	Окремий датчик	Прогноз ризику незапуску двигуна, особливо в холодний період
Напрацювання та тиск пожежного насоса	Датчики насоса	Виявлення зниження тиску за тих самих обертів як ознаки зношення
Рівень води та піноутворювача	Датчики рівня	Сповіщення про неповну заправку після повернення з виклику

Бортовий телематичний модуль зчитує параметри з мережі CAN і датчиків спеціального обладнання та передає їх на сервер через мобільну мережу, а за її відсутності накопичує дані до відновлення зв'язку. На сервері дані зберігаються в базі часових рядів і обробляються модулем виявлення аномалій. Для цього доцільно використовувати моделі машинного навчання для потокових даних, зокрема гібридні нейромережеві моделі, які виявляють ранні ознаки відхилень у часових рядах [5]. Подібний підхід – безперервний моніторинг технологічного процесу нейромережею з автоматичним виявленням відхилень – показав ефективність і в системах контролю якості 3D-друку [6]. Аномалією вважається не лише вихід параметра за межі, а й нетипова динаміка, наприклад повільне зростання температури двигуна в однакових умовах роботи, що свідчить про погіршення роботи системи охолодження.

Для кожного автомобіля обчислюється інтегральний показник готовності з трьома рівнями: «готовий» – параметри в нормі; «готовий з обмеженнями» – виявлено відхилення, що не перешкоджають виїзду, але потребують обслуговування найближчим часом; «не готовий» – критична несправність. Статус готовності відображається черговому диспетчеру разом з місцем розташування автомобіля, а начальнику підрозділу та службі технічного забезпечення надсилаються рекомендації щодо обслуговування з пріоритетом. Накопичені дані про напрацювання та несправності дають змогу обґрунтовувати потребу в запасних частинах і плани заміни техніки.

Оскільки система має доступ до бортової мережі спеціального автомобіля, телематичний модуль повинен працювати лише в режимі читання з мережі CAN, а передавання даних – здійснюватися захищеним каналом з автентифікацією пристроїв, щоб унеможливити втручання в роботу автомобіля.

Висновки. Запропонована система поєднує зчитування параметрів через бортову мережу за протоколом SAE J1939 з датчиками спеціального обладнання та виявленням аномалій методами машинного навчання, що дає змогу перейти від регламентного обслуговування пожежно-рятувальних автомобілів до обслуговування за фактичним станом і виявляти несправності до виїзду на виклик. Подальша робота передбачає реалізацію прототипу телематичного модуля та серверної частини для автомобілів навчальної пожежно-рятувальної частини.

Література

1. Головатий Р., Гоцій Н. Інформаційні технології управління ресурсним забезпеченням рятувальних підрозділів об'єднаних територіальних громад в умовах війни. *Інформаційна безпека та інформаційні технології* : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. (Львів, 27 листоп. 2025 р.). Львів : ЛДУ БЖД, 2025. С. 65–66.

2. Jardine A. K. S., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2006. Vol. 20, № 7. P. 1483–1510. DOI: 10.1016/j.ymssp.2005.09.012.

3. ISO 13374-1:2003. Condition monitoring and diagnostics of machines – Data processing, communication and presentation – Part 1: General guidelines. Geneva : ISO, 2003.

4. SAE J1939. Serial Control and Communications Heavy Duty Vehicle Network – Top Level Document. Warrendale : SAE International.

5. Шопський О. М., Головатий Р. Р. Застосування моделей машинного навчання для раннього виявлення надзвичайних ситуацій на основі потокових великих даних. *Системні технології*. 2025. № 4(159). С. 85–98. DOI: 10.34185/1562-9945-4-159-2025-09.

6. Лин А., Головатий Р. Ера інтелектуального виробництва: розробка адаптивної нейромережевої системи Zero-Defect для моніторингу та самокорекції 3D-друку. *Інформаційна безпека та інформаційні технології* : зб. тез доп. VII Всеукр. наук.-практ. конф. (Львів, 27 листоп. 2025 р.). Львів : ЛДУ БЖД, 2025. С. 138–140.