

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518+629.113+656.3.44.083

**В.П. Волков<sup>1</sup>, І.В. Грицук<sup>1</sup>, Ю.В. Грицук<sup>2</sup>, Ю.В. Волков<sup>1</sup>, Є.Є. Калашніков<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Харківський національний автомобільно-дорожній університет<sup>2</sup> Донбаська національна академія будівництва і архітектури<sup>3</sup> Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ"**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОГО І ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ**

*Показано обґрунтований і запропонований підхід до формування математичних моделей оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля в умовах ITS при роботі в межах віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту. Запропоновані основні інформаційні залежності для реалізації формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS на основі дистанційно отриманої інформації про фактичні параметри їх технічного стану.*

*Ключові слова:* моніторинг, транспортний засіб, діагностика, прогнозування, параметри, технічний стан.

**В.П. Волков, И.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков, Е.Е. Калашников**  
**ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО**  
**И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**  
**АВТОМОБИЛЯ**

*Показан обоснованный и предложенный подход к формированию математических моделей оценки текущего и прогнозирования параметров технического состояния автомобиля в условиях ITS при работе в условиях виртуального предприятия по эксплуатации автомобильного транспорта. Предложены основные информационные зависимости для реализации формирования методики применения классификации условий эксплуатации транспортных средств в информационных условиях ITS на основании дистанционно полученной информации о фактических параметрах их технического состояния.*

*Ключевые слова:* мониторинг, транспортное средство, диагностика, прогнозирование, параметры, техническое состояние.

**V. Volkov, I. Gritsuk, Yu. Gritsuk, Yu. Volkov, Ye. Kalashnikov**  
**FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF ESTIMATION**  
**OF THE CURRENT AND FORECASTING TECHNICAL CONDITION PARAMETERS OF A**  
**CAR**

*The proved and offered approach to formation of mathematical models of estimation of current and forecasting of technical condition parameters of a car in conditions of ITS at work in terms of virtual enterprise on operation of motor transport is shown. The features of modern on-board systems for monitoring the technical condition of the parameters in the ITS conditions that allow identification of vehicles, continuous automatic measurement of parameters characterizing the technical condition of vehicles, diagnostics, namely the control of serviceability of vehicles and of its constituent elements, detection and prevention of failures in his work, and ultimately - to ensure the functioning of the system and repair of vehicles technical condition. The basic depending for realization of forming the method of usage the classification of vehicle operating conditions in informational terms of ITS on the basis of remotely received information about the actual parameters of their technical condition.*

*Keywords:* monitoring, vehicle, diagnosis, forecasting, parameters, technical condition.

**Вступ.** Для ефективної роботи автомобілів і в цілому транспортних засобів (ТЗ) необхідно постійно здійснювати їх конструктивну модернізацію та використовувати нові технологічні і інформаційні методи та підходи вибору стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) ТЗ. Конструктивна модернізація ТЗ, полягає у широкомасштабному використанні електронних (комп'ютерних, інформаційних) систем, які контролюють різноманітні процеси, що протікають під час виконання поставлених завдань перед ТЗ, забезпечують інформатизацію означених процесів, оптимізують та планують їх роботу, а також створюють умови для проведення моніторингу параметрів технічного стану. При цьому важливим завданням є оптимізація та обґрунтування комплексу технічних дій для поліпшення ТО або Р й забезпечення високого коефіцієнту технічної готовності ТЗ в умовах експлуатації, що змінюються у часі [1].

Використання ТЗ в нестаціонарних умовах експлуатації вимагає постійного контролю фактичного його стану, проведення необхідних технічних дій з обслуговування для забезпечення належного працездатного стану. Подібна інтерпретація умов використання ТЗ можлива лише за рахунок моніторингу технічного стану, які ґрунтуються на обробці апріорної інформації, безперервній діагностиці та прогнозуванні параметрів їх технічного стану. У зв'язку з цим перед

науковцями, що займаються питаннями експлуатації ТЗ, стоїть проблема забезпечення повноцінного зв'язку між процесами експлуатації ТЗ і параметрами умов експлуатації [2, 3], й узагальнення та удосконалення методів прогнозування технічного стану ТЗ [1]. Урахуванню та контролю параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації приділяється багато уваги, тому питання побудови систем моніторингу в різних сферах діяльності ТЗ не втрачають своєї актуальності [4].

**Актуальність досліджень.** Ефективність функціонування ТЗ, як складної технічної системи залежить від його технічного стану [1]. У зв'язку з цим впливає проблема керування технічним станом ТЗ в експлуатації на основі даних, отриманих в процесах моніторингу технічного стану та при прогнозуванні основних параметрів стану. Розв'язанню цієї проблеми присвячені численні роботи Барзиловича Є.Ю. [5], Міхліна В.М. [6], Полянського А.С [7], Бажинова А.В. [8], Волкова В.П. [9], Кравченка О.П. [10], Сухарева Є.А. [10], Ауліна В.В. [12, 13], Грицука І.В. [14, 15] Матейчика В.П. [16], Гутаревича Ю.Ф. [17] тощо.

**Постановка задачі.** Задача визначення особливостей розробки математичних моделей оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля може бути вирішена використанням бортового інформаційного програмно-діагностичного комплексу і інфраструктури автомобільних доріг (автотранспорту), для чого необхідно обґрунтувати особливості, функції і зв'язки основних його елементів для здійснення інформаційного обміну при виконанні моніторингу та визначити інформаційні складові загального процесу.

**Результати досліджень.** Процеси моніторингу параметрів стану тракують як систему заходів спостереження та контролювання, що проводяться для оцінювання стану об'єкту дослідження, аналізу процесів, що відбуваються, та своєчасного виявлення тенденцій його зміни [4]. Основним принципом організації системи моніторингу є безперервність пооб'єктного контролю та облік інформації для забезпечення ефективного контролю та прийняття рішень щодо першочерговості впровадження заходів реагування, вирішення завдань транспортного менеджменту. Моніторинг є одним з елементів системи управління ТЗ в умовах експлуатації, особливості якої (цілі, завдання, об'єкти) зумовлюють додаткові вимоги до способу виконання моніторингу та системи оцінюючих показників. Створення інформаційного простору моніторингу ефективності експлуатації ТЗ з урахуванням ієрархічності та багатооб'єктності умов експлуатації є важливим завданням. [4, 18 - 20]

Моніторинг ТЗ - одна з функцій менеджменту стану і умов експлуатації ТЗ, заснована на зборі інформації про об'єкт дослідження та спрямована на дотримання режимів функціонування, встановлених значень показників використання та виконання запланованих заходів. Це комплекс заходів для реалізації основних функцій: спостереження, оцінювання технічного стану об'єкту, прогнозування та контролювання, конкретизованих специфікою об'єкту дослідження та поставленими задачами. Це певним чином організований інструмент інформаційного забезпечення управління експлуатації ТЗ для контролювання, оцінювання, аналізування і прогнозування технічного стану об'єкта управління на основі безперервного процесу збору, обробки, відображення інформації про параметри технічного стану об'єкту дослідження та його показники використання [4].

Моніторинг параметрів технічного стану транспортних засобів автомобільного транспорту - це постійне і синхронізоване спостереження за їх технічним станом за множиною фіксованих технічних параметрів. Сучасні бортові системи моніторингу параметрів технічного стану в умовах ITS дозволяють здійснювати ідентифікацію ТЗ, безперервне автоматичне вимірювання параметрів, що характеризують технічний стан ТЗ, діагностування, а саме контроль справності ТЗ і його складових елементів, розпізнавання і запобігання розвитку відмов у його роботі і в кінцевому рахунку – забезпечення функціонування системи ТО і ремонту ТЗ за технічним станом [21 – 24, 9].

Процеси технічної експлуатації сучасних ТЗ доцільно розглядати як складну динамічну систему, функціонування якої відбувається при дії різних випадкових факторів як зі сторони внутрішніх процесів в їх агрегатах та системах так і при дії процесів (умов) зовнішнього середовища [1, 3]. Дослідниками виявлено [1, 13], що зовнішнє середовище може вносити невизначеність та випадковість вихідних даних і ситуацій, та випадковим чином змінювати характер взаємодії між складовими частинами агрегатів та систем ТЗ. В таких динамічних системах можуть виникнути випадкові збурення, що являють собою помилки вимірювання діагностичних параметрів та похибки при перетворенні інформації, дії різного роду перешкод, внаслідок появи неврахованих, але об'єктивно діючих причин [1].

Суттєва просторова протяжність, складність і розподіленість умов експлуатації ТЗ та транспортної інфраструктури зі своїми особливостями і різноманіттям можуть вважатися об'єктом автоматизації сучасних інформаційних систем в умовах інтелектуальних транспортних систем (ITS).

Знання основ теорії експлуатації транспортних засобів є фундаментом при розробці прогресивних систем нормування і планування на транспорті за допомогою сучасних інформаційних систем [25]. Більшість завдань в процесі удосконалення методів оперативного управління роботоздатності автомобіля, які вирішують технічні служби експлуатації ТЗ, мають інформаційну складову оцінювання: дорожніх умов експлуатації ТЗ в частині висоти дороги над рівнем моря, прокольного профілю (рельєфу місцевості), типу і стану дорожнього покриття; ремонту, будівництва і обслуговування об'єктів дорожньої інфраструктури; їх моніторинг; прогнозування можливих аварійних ситуацій, транспортних умов в частині насиченості і інтенсивності руху ТЗ, особливостей вантажу, режиму і швидкості руху; атмосферно-кліматичних умов, культури експлуатації ТЗ тощо [26, 2 - 3]. Перераховані та подібні їм завдання поки в основному вирішуються застарілими методами, які вже не забезпечують необхідної якості і ефективності [26]. Оцінка умов експлуатації, аналіз планів і профілів автомобільних доріг, як правило, складаються вручну в паперовому вигляді, оновлення карт і схем здійснюється вкрай рідко, дані про стан більшості об'єктів не систематизовані і, відповідно, важкодоступні. Така ситуація ускладнює завдання керування класифікацією умов експлуатації ТЗ в інформаційних умовах ITS.

На основі виконаних в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті досліджень розроблена єдина експлуатаційна класифікація умов роботи ТЗ, що базується на офіційних документах. Класифікація успішно використовується для любых експлуатаційних розрахунків і має пряме відношення до технічної експлуатації автомобілів, тому що визначає навантажувальні, швидкісні і температурні режими роботи агрегатів ТЗ [25, 2]. Тому висвітлення і розвиток цього питання при дистанційному визначенні умов експлуатації ТЗ в реальному часі в умовах ITS при здійсненні дистанційного моніторингу параметрів технічного стану ТЗ можливо вважати доцільним. Система моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації складається з великої кількості елементів, які характеризуються відповідними вихідними умовами, знаходяться на різних ієрархічних рівнях і мають свої особливості функціонування. Це є складна динамічна система із чітко впорядкованою ієрархічною структурою, розгалуженою мережею взаємозв'язків між її елементами, яка розвивається в просторі та часі. Діяльність складної виробничої системи визначається технологічними процесами, які реалізують її суб'єкти відповідно до цільової спрямованості в рамках предметної області. Кожен суб'єкт моніторингу має властиві процедури – алгоритми функціонування, розрахунку, результати яких використовуються в алгоритмах суб'єктів різних ієрархічних рівнів. Після завершення процедур управління та удосконалення відповідних технологічних процесів відбувається зміна стану предметної області, тобто зміна (підвищення) рівня оцінки роботоздатності об'єкту дослідження. У цілому модель функціонування суб'єктів моніторингу ефективності функціонування може бути представлена як сукупність таких компонентів: моделі об'єктів, що беруть участь в структурних зв'язках; моделі параметрів, що визначають результати функціонування суб'єктів; моделюючих алгоритмів, що встановлюють правила функціонування об'єктів і зміни значень їх параметрів тощо. Така модель є динамічною і відображає не лише поточний стан об'єктів, але й зміну їх стану в часі.

У загальному розумінні процес моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації є процесом трансформації інформації стану і процесів функціонування ТЗ та умов його експлуатації. Формально [18, 27 - 29], це відображення має вигляд:

$$\begin{array}{ccc}
 \Omega_{TC} & \xrightarrow{F_{TC \rightarrow TCUE}} & \Omega_{TCUE} \\
 \Omega_{UE} & \xrightarrow{F_{UE \rightarrow TCUE}} & \Omega_{TCUE}
 \end{array} \quad (1)$$

де  $\Omega_{TC}$  - множина моделей параметрів технічного стану ТЗ;  $\Omega_{UE}$  – множина моделей параметрів умов експлуатації ТЗ;  $\Omega_{TCUE}$  – множина моделей параметрів технічного стану ТЗ у відповідних

умовах експлуатації;  $F_{TC \rightarrow TCVE}$  – функціональне відображення моделей параметрів технічного стану ТЗ;  $F_{VE \rightarrow TCVE}$  – функціональне відображення моделей параметрів умов експлуатації ТЗ.

Однією із складових дослідження можливості дистанційного отримання інформації про умови експлуатації ТЗ в умовах ITS є формування і дослідження методики застосування класифікації умов експлуатації ТЗ. Розглянемо основні питання створення методики застосування класифікації умов експлуатації в інформаційних умовах ITS на прикладі руху окремого ТЗ при взаємодії з інфраструктурою автомобільних доріг в реальних умовах експлуатації.

Система моніторингу умов експлуатації в частині дорожніх і транспортних умов повинна відстежувати кожен несправність шляху з прив'язкою до місця розташування і в її розвитку, включаючи аналіз всіх можливих причин її виникнення, періодичність виникнення, повторюваність тощо, а також особливості розташування об'єктів інфраструктури автомобільних доріг.

Моніторинг і аналіз умов експлуатації ТЗ неможливо повноцінно забезпечити без формування системної взаємодії із інфраструктурою автомобільних доріг. Функціонування системи моніторингу умов експлуатації ТЗ неможливо без використання існуючих і розробки спеціального програмного забезпечення сучасних інформаційно-програмних комплексів. Для вирішення поставленої задачі потрібно забезпечення системного поєднання: інформаційної структури моніторингу технічного стану ТЗ, дослідження умов експлуатації ТЗ і розробка предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану і умов експлуатації ТЗ в процесах дистанційного моніторингу в умовах ITS. Означені системи являють собою складний комплекс бортових і стаціонарних технічних та програмних засобів. Створена система моніторингу з використанням інформаційних технологій дозволяє здійснювати дистанційний збір, обробку та надання оперативної інформації в реальному часі, відображати стан шляху на карті, використовувати статистичні дані всіх проїздів, автоматично виявляти і відзначати критичні місця, що дозволяє швидко приймати рішення і оперативно реагувати на нештатні ситуації тощо (рис. 1).

Інформаційна система моніторингу (ICM) стану і умов експлуатації ТЗ включає в себе сукупність стаціонарних і мобільних (бортових щодо ТЗ) систем збору і передачі інформації. Схеми інформаційного обміну між елементами ITS, а саме ТЗ і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації показана на рис. 2.

Система збору є телекомунікаційною мережею обміну даними, яка може використовувати всі способи передачі даних. Стаціонарні пости виконують комунікаційні функції і найпростіші функції контролю. Ці функції забезпечують отримання контрольовано-вимірювальної і технологічної інформації від бортових систем, контроль часу руху ТЗ в заданих пунктах, збір інформації про комунікації і споруди, передачу даних в інформаційний програмний комплекс (ІПК) [26].

Ядром розподіленої ICM є робоче місце мережі моніторингу ТС, яке будується на базі інформаційно-обчислювальної системи з використанням розробленого інформаційного програмного комплексу з використанням базового і розробленого програмного забезпечення.

Основний принцип інформаційного обміну між елементами ITS, а саме ТЗ і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації та побудови ICM полягає в тому, що в ній ТЗ є не тільки об'єктом контролю і управління, але також джерелом постійно поновлюваної інформації про стан умов його експлуатації. Тобто вона є сучасною контрольовано-вимірювальною системою, яка накопичує і зберігає інформацію про технічний стан ТЗ, умови його експлуатації в межах ділянки руху, а також приймає рішення при виявленні небезпечної, аварійної ситуації або несправності ТЗ.

До складу інформаційного забезпечення системи входять наступні складові:

- система збору, накопичення і розповсюдження інформації про технічний стан ТЗ в умовах експлуатації;
- автоматизовані інструментальні засоби діагностики технічного стану ТЗ і автомобільних доріг;
- база географічних даних про стан дороги та об'єкти інфраструктури автомобільних доріг;
- система збору та передачі даних;
- комплекс завдань контролю стану і планування умов експлуатації ТЗ;
- засоби візуалізації результатів моніторингу шляху і зв'язку з водієм і іншими учасниками руху.

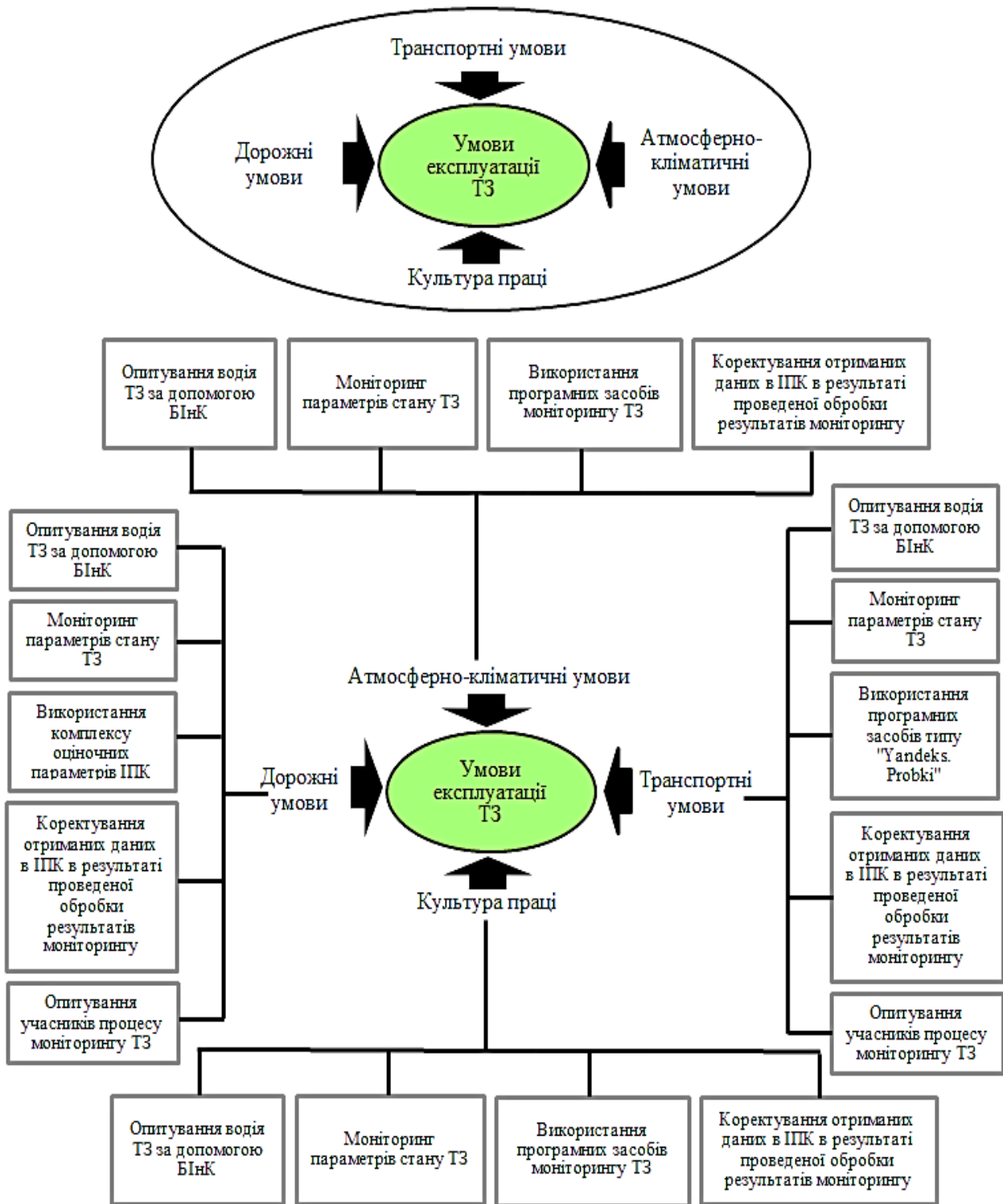
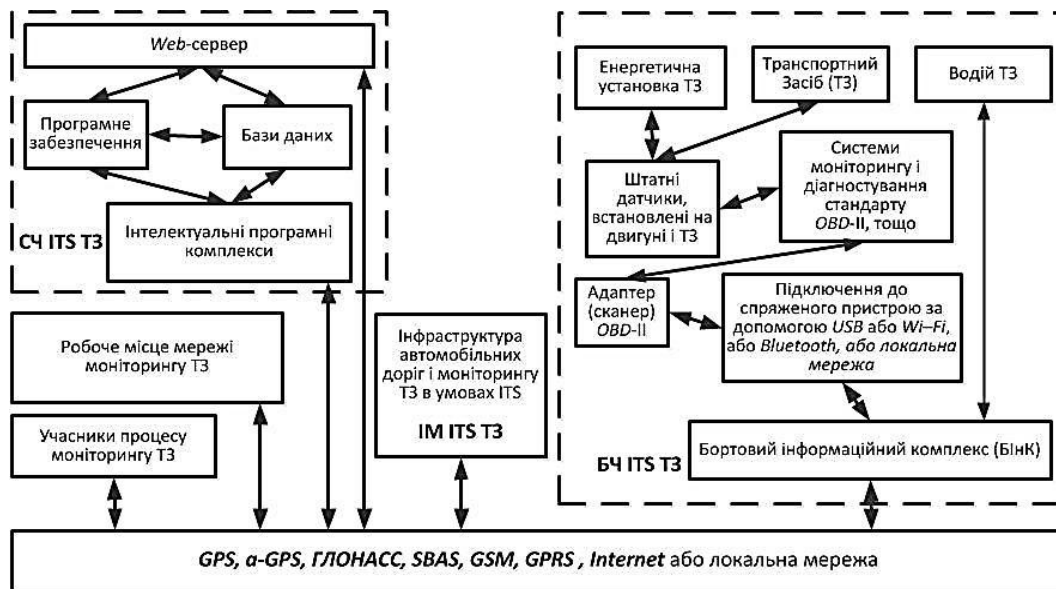


Рис. 1. Загальна схема способів отримання і формування інформації про стан і умови експлуатації ТЗ в умовах ITS



**Рис. 2. Схема інформаційного обміну між елементами ITS транспортного засобу і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації, де СЧ ITS ТЗ – серверна частина ITS ТЗ; ІМ ITS ТЗ – інфраструктура моніторингу ITS ТЗ; БЧ ITS ТЗ – бортова частина ITS у складі бортового інформаційного комплексу (БІНК) ТЗ**

Загальна задача формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS, як складної системи, базується на отриманні інформації про фактичний технічний стан, методи і засоби її реалізації при вирішенні конкретних науково-технічних задач, оцінки, перевірки відповідності встановленим обмеженням, засобам для його забезпечення, критеріям оцінювання отриманих показників та визначення взаємозв'язку між ними.

Задачу забезпечення формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS на основі інформації про фактичні параметри їх технічного стану можливо виразити як побудову функції:

а) в процесах моніторингу і діагностування технічного стану

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ts}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{sj} K_{ii}) \Rightarrow S_{y.e.T3} \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.T3}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{array}{l} e_{y.e.T3, tp} \\ e_{y.e.T3, dop} \\ e_{y.e.T3, ak} \\ e_{y.e.T3, ke} \end{array} \right), r \end{array} \right. = S_{y.e.T3} \quad (2)$$

б) в процесах прогнозування технічного стану

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{(t+k\Delta t)} \left( \begin{array}{l} \bar{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, k, \bar{X}_i(t+k\Delta t), \bar{X}_i(t+(\kappa-1)\Delta t), \dots \\ \bar{X}_i(t+(\kappa-n)\Delta t), DTC_{sj} K_{ii(t+k\Delta t)} \end{array} \right) \\ \Rightarrow S_{y.e.T3}(t+k\Delta t) \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.T3}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{array}{l} e_{y.e.T3, mp(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3, dop(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3, ak(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3, ke(t+k\Delta t)} \end{array} \right), r \end{array} \right. = S_{y.e.T3}(t+k\Delta t) \quad (3)$$

де  $F_{ts}$  – інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації у відповідний момент часу;  $Ht$  – вектор органа(ів) керування енергетичної установки ТЗ (координата датчика(ів) органа керування) в часі  $t$ ;  $t$  – поточний час процесу моніторингу;  $\Delta t$  – інтервал часу між вимірюваннями в процесах моніторингу;  $X_i(t)$  при  $i = 1, \dots, m$  – характеристики технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, що виміряні і входять в перелік ретроспективних впливових факторів (основні параметри технічного стану ТЗ в умовах експлуатації);  $n$  – кількість інтервалів (число вимірювань) у минулі періоди моніторингу;  $m$  – кількість вимірюваних характеристик (параметрів) технічного стану ТЗ;  $DTC_{si}K_{ti}$  – результати моніторингу кодів ( $DTCs$  (діагностичних кодів) несправностей ТЗ;  $\Omega$  – оператор відображення;  $S_{y.e.T3}$  – система визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ (в представленому випадку система  $S_{y.e.T3}$  являє собою відображення властивостей підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації  $e_{y.e.T3}$  ТЗ та їх відношень  $r$  для  $m_i$  по  $J$  в  $l$ );  $m_i$  – кількість засобів отримання інформації (засобів спостереження) в (для) ТЗ;  $l$  – зв'язки між засобами спостереження і підоб'єктами визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ;  $e_{y.e.T3}$  – множина підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ ( $e_{y.e.T3,mp}$  – транспортні;  $e_{y.e.T3,dop}$  – дорожні;  $e_{y.e.T3,a,k}$  – атмосферно-кліматичні;  $e_{y.e.T3,ke}$  – культура експлуатації);  $r$  – множина відношень між основними умовами експлуатації ТЗ;  $J$  – завдання визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ;  $F_{(t+k\Delta t)}$  – прогнозована інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідний момент часу в процесі виконання своїх функцій (в процесі роботи ТЗ за призначенням) в майбутньому на інтервалі упередження довжиною  $(t + k\Delta t)$  в залежності від відомих значень у минулому, в заданому інтервалі прогнозування  $\delta$  с заданою довірчою ймовірністю  $p$ ;  $k$  – кількість (число) інтервалів прогнозованих значень параметрів технічного стану у майбутньому, визначає тип прогнозу – короткотерміновий, середьотерміновий тощо при прогнозованих умовах експлуатації відповідно ( $e_{y.e.T3(t+k\Delta t)}$ ).

**Висновок.** Обґрунтований і запропонований підхід до формування математичних моделей оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля в умовах ITS при роботі в межах віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту і запропоновані інформаційні залежності для її реалізації.

### Список використаних джерел:

1. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів / А.В. Гриньків // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. 29, 2016, С. 25 - 32
2. Говорущенко Н.Я. Системотехніка автомобільного транспорту (расчетные методы исследований): монографія / Н.Я.Говорущенко. Харьков: ХНАДУ, 2011. – 292 с.
3. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / [Н.Я.Говорущенко]. - Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 312 с.
4. Давиденко Л.В. Побудова інформаційного простору моніторингу ефективності енергоспоживання в системах комунального водопостачання /Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. 29, 2016, С. 178 – 184
5. Барзилович Е.Ю. Эксплуатация авиационных систем по состоянию: монография / Е.Ю. Барзилович, В.Ф. Воскобоев. - М.: Транспорт, 1981. - 197с.
6. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М.Михлин. - М.: Колос, 1984. - 335с.
7. Полянський А.С. Підвищення точності прогнозування надійності агрегатів і систем техніки на стадії проектування / А.С. Полянський // Вісник ХТУ (ХП): сб науч. тр. - 2002. - №10, Т.1. - С. 130 - 134.
8. Бажинов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса автомотора: монография / А.В. Бажинов. - Х.: ХГАДГУ, 2001. - 96с.
9. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуре и прогрессе интеллектуальной транспортной системы: монография / В.П.Волков, В.П.Матейчик, П.Б.Никонов [и др.]; Под. ред. В.П.Волкова - Донецк: Изд-во "Ноудмедж" (Донецкое отделение), 2013 - 398 с.
10. Кравченко О.П. Прогнозування фактичного терміну експлуатації та призначення нормального ресурсу шин вантажних автомобілів / О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В.Лучіков // Вісник ДААТ. - 2011. - №4. - С.89-95.
11. Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надежности машин: монография / Э.А. Сухарев. - Ровно: издательство УГАВХ, 1997. - 162с.
12. Аулін В.В. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості / В.В. Аулін, А.В. Ериньків, Т.М. Замота // Вісник Інженерної академії України. - 2015. - №.3. - С. 66-73
13. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегії технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Ериньків // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування. - 2015. - № 28. - С. 126-132.
14. Грицук И.В. Особенности мониторинга, диагностирования и прогнозирования параметров технического

состояния транспортных средств в процессе эксплуатации в условиях ITS / И.В. Грицук // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: междунар.науч.-техн.конф., 24-25 вересня 2015 р.: сб. материалов. - Херсон: Херсонська державна морська академія. 2015 – С. 54-55.

15. Грицук І.В. Особливості структури інформаційного програмного комплексу моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану транспортного засобу в умовах ITS / І.В.Грицук // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті: междунар.науч.-техн.конф., 15-16 жовтня 2015 р.: сб. материалов. - Харків. ХНАДУ, Харків, 2015. – С.123-125.

16. Матейчик В.П. Контроль роботи транспортного двигуна з використанням інформаційних технологій / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ «ХПИ». – 2013. – №2. – С. 27-31.

17. Гутаревич Ю.ф. Обґрунтування структури вимірального комплексу для дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу з системою прогріву й тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву / Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, Д.С. Адров, А.П. Комов, Д.М. Тріфонов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – № 10 (1053). –170 с. – 2014.– с.55-62.

18. Троицкий-Марков Т.Е., Сенновский Д.В. Принципы построения системы мониторинга энергоэффективности / Т.Е. Троицкий-Марков, Д.В. Сенновский // Мониторинг. Наука и безопасность. - 2011. - № 4. - С. 34-39.

19. Давиденко Л.В. Функції енергетичного моніторингу складних виробничих систем та їх завдання для підвищення рівня енергоефективності / Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко, Н.В. Коменда, Н.В. Ярмольська // Вісник ХНТУСЕ. Технічні науки. Випуск 153 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. - Харків: ХНТУСЕ, 2014. - С.125-127.

20. Розен В.П. Формування інформаційного поля для оцінювання рівня енергоефективності систем комунального водопостачання / В.П.Розен, Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. - Кременчук: КДПУ. -2010. - Вип. №4 (63). - С. 50-53..

21. Волков В.П. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / В.П. Волков, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Вісник Національного транспортного університету. – 2014. – Вип. 30. – С. 51–62.

22. Ахмедов Т.Н. Основы системы контроля состояния транспортного средства в процессе выполнения перевозок / Т.Н. Ахмедов, С.В. Жанказиев, А.Е.Финкель / Научные аспекты развития транспортно-телематических систем - М.: МАДИ, 2010 - с. 138 – 164.

23. Ахмедов Т.Н. Принципы определения статусов неисправностей в телематической системе контроля технического состояния автомобиля в реальном времени / Т.Н. Ахмедов / Научные аспекты развития транспортно-телематических систем - М.: МАДИ, 2010 - с. 165 – 180.

24. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). с.138-144.

25. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.

26. Алексеев В.В. ГИС мониторинга транспортных сетей / В.В. Алексеев, Н.И. Куракина, Н.В. Орлова, А.А. Минина // Data+. Геоинформационные системы для бизнеса и общества. №2 (69). 2014 [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://www.dataplus.ru/news/arcview/detail.php?ID=17802&SECTION\\_ID=1058](https://www.dataplus.ru/news/arcview/detail.php?ID=17802&SECTION_ID=1058).

27. Анпілогов П.І. Принципи створення автоматизованої системи експертної оцінки тарифів на послуги водопостачання та водовідведення / П.І. Анпілогов, В.М. Михайленко // Системні дослідження та інформаційні технології. - 2008. - №3. - С. 44-51.

28. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении / Анфилатов В.С., Смельянов А.А., Кукушкин А.А.; Под ред. А.А. Смельянова. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 268 с.

29. Борукаев З.Х. Компьютерная модель мониторинга энергоэффективности: аспекты информационного моделирования / З.Х. Борукаев, К.Б. Остапенко, Л.И. Ерицук // Энергетика та електрифікація. - 2007. - №1. - С.3-7.

## РЕЦЕНЗЕНТИ:

**Мигаль В.Д.**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харків, Україна.

**Левківський О.П.**, доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2017