

УДК 656.13+621.43+681.518

І.В. ГРИЦУК<sup>1</sup>, Т.П. БІЛОУСОВА<sup>2</sup>, Ю.В. ГРИЦУК<sup>3</sup>, Ю.В. ВОЛКОВ<sup>1</sup><sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет<sup>2</sup>Херсонський національний технічний університет<sup>3</sup>Донбаська національна академія будівництва і архітектури (м. Краматорськ)

## ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*В статті обґрунтований підхід до формування предметної області і інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації. Запропонований підхід дозволяє визначити вплив основних етапів обробки отриманої інформації про технічний стан транспортного засобу за допомогою інформаційного програмного комплексу. Описана система загального інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів забезпечує повноцінний збір і обробку інформації в реальному часі від бортової інформаційної системи моніторингу, а також від інших засобів про дорожні, транспортні, кліматичні умови експлуатації.*

*Ключові слова: транспортний засіб, умови експлуатації, методика, моніторинг, технічний стан, інфраструктура автомобільної дороги, корегування, параметри технічного стану*

И.В. ГРИЦУК<sup>1</sup>, Т.П. БІЛОУСОВА<sup>2</sup>, Ю.В. ГРИЦУК<sup>3</sup>, Ю.В. ВОЛКОВ<sup>1</sup><sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет<sup>2</sup>Херсонский национальный технический университет<sup>3</sup>Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (г. Краматорск)

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*В статье обоснован подход к формированию предметной области и информационной системы оценки параметров технического состояния транспортного средства в условиях эксплуатации. Предложенный подход позволяет определить влияние основных этапов обработки полученной информации о техническом состоянии транспортного средства с помощью информационного программного комплекса. Описанная система общего информационного обеспечения процессов мониторинга параметров технического состояния транспортных средств обеспечивает полноценный сбор и обработку информации в реальном времени от бортовой информационной системы мониторинга, а также от других средств о дорожных, транспортных, климатических условиях эксплуатации.*

*Ключевые слова: транспортное средство, условия эксплуатации, методика, мониторинг, техническое состояние, инфраструктура автомобильной дороги, корректировки, параметры технического состояния*

I. GRITSUK<sup>1</sup>, T. BILOUSOVA<sup>2</sup>, YU. GRITSUK<sup>3</sup>, YU. VOLKOV<sup>1</sup><sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University<sup>2</sup>Kherson National Technical University<sup>3</sup>Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture (Kramatorsk)

## FEATURES OF FORMING THE SUBJECT AREA AND THE INFORMATION SYSTEM OF EVALUATION OF THE SPECIFICATIONS OF THE VEHICLE TYPE SPECIFICATIONS IN THE CONDITIONS OF OPERATION

*The article substantiates the approach to the formation of the subject area and the information system for evaluating the parameters of the technical condition of the vehicle in the conditions of operation. The proposed approach in terms of operation allows to determine the impact of the main stages of processing the information on the technical condition of the vehicle with the help of information software complex. The described system of general information provision of monitoring processes of technical parameters of vehicles provides real-time collection and processing of information in real time from on-board information monitoring system, as well as from other means of road, transport, and climatic conditions of operation.*

*Keywords: vehicle, conditions of operation, methodology, monitoring, technical condition, infrastructure of the highway, correction, parameters of technical condition*

### Постановка проблеми

Суттєва просторова протяжність, складність і розподіленість умов експлуатації транспортних засобів (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 [1].

Більшість завдань в процесі удосконалення методів оперативного управління працездатності 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 [2, 3]. Перераховані та подібні їм завдання поки в основному вирішуються застарілими методами, які вже не забезпечують необхідної якості і ефективності [2]. 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.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

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 [1, 3]. Тому висвітлення цього питання при дистанційному визначенні умов експлуатації ТЗ в реальному часі в умовах ITS можливо вважати доцільним.

#### **Мета дослідження**

Для здійснення дистанційного моніторингу і визначення умов експлуатації транспортних засобів у складі бортового інформаційного комплексу, доцільно адаптувати методику застосування класифікації умов експлуатації ТЗ до інфраструктури автомобільних доріг і інформаційних умов ITS. Для цього необхідно визначити, узагальнити наявні відомості, обґрунтувати особливості, функції і зв'язки основних елементів для здійснення дистанційного інформаційного обміну при виконанні моніторингу і визначення умов експлуатації ТЗ у відповідності до розроблених структур і систем, що працюють в умовах ITS. У зв'язку з цим, виникає важлива науково-технічна задача створення інформаційної системи моніторингу параметрів стану ТЗ для керування класифікацією умов експлуатації ТЗ в інформаційних умовах ITS.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Для визначення предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації при проведенні його моніторингу будемо використовувати діаграми потоків даних (DFD – Data Flow Diagramm) [4 - 7]. Розроблена діаграма (рис. 1) потоків даних (DFD) являє собою самий верхній описовий рівень системи моніторингу ТЗ. Подальше уточнення моделі потоків даних здійснюється шляхом декомпозиції об'єктів, які складають її. Джерелами первинної інформації про технічний стан ТЗ в системі моніторингу технічного стану (рис. 1) виступають «Учасники процесу моніторингу ТЗ (користувачі), засоби моніторингу», «Процес експлуатації ТЗ в умовах експлуатації», «Умови експлуатації ТЗ в процесах моніторингу» тощо, що вважаємо «зовнішніми сутностями» [8 - 10]. До функціональних завдань інформаційної системи моніторингу ТЗ відносимо ідентифікацію, моніторинг параметрів і діагностування технічного стану ТЗ та оцінка умов експлуатації ТЗ засобами ITS.

Потоками даних в системі моніторингу ТЗ, що розглядається, будуть дані, які одержуються від учасників процесу моніторингу ТЗ, від відповідних засобів моніторингу, від учасників експлуатації ТЗ про умови експлуатації ТЗ і процеси експлуатації ТЗ під час моніторингу, які в подальшому обробляються, передаються і зберігаються, а також команди і запити, що циркулюють між комунікаційним обладнанням учасників процесу моніторингу. У загальному випадку згідно нотації «Йордона - Де Марко» [11] схема функціонування інформаційної системи моніторингу ТЗ представлена на рис. 1. Згідно вимог і завдань до інформаційної системи в частині програмного забезпечення (ПЗ), вона реалізує вирішення наступних задач моніторингу ТЗ: збирання даних з ТЗ; зберігання даних; ідентифікація ТЗ у просторі і в системі моніторингу; побудова функціональних залежностей у часі; моніторинг параметрів технічного стану ТЗ з можливостями їх прогнозування; ідентифікація умов експлуатації; діагностування стану ТЗ і перевірка відповідності стану ТЗ отриманим параметрам моніторингу за визначеними параметрами.

В межах розробленої DFD-діаграми [12], розроблено структуру моделі інформаційного забезпечення системи моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, яка показана на рис. 2. При її формуванні в умовах ITS, для проведення формалізації основних процесів, застосовано методологію структурного аналізу і проектування SADT (Structured Analysis and Design Technique). Вихідними даними для проведення моніторингу технічного стану ТЗ, у відповідності до положень методології IDEF0, особливостей конструктивного виконання ТЗ і особливостей умов експлуатації, є інформація про технічний стан ТЗ, що отримується дистанційно. На рис. 2 показана розроблена структурована інформаційна модель ППК «IdenMonDiaOperCon (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) «HNADU-16»».

Основними етапами обробки інформації про технічний стан ТЗ в ІПК є ідентифікація ТЗ в просторі, системі моніторингу і нестационарних умовах експлуатації; збирання вихідних даних про параметри технічного стану ТЗ, в умовах експлуатації; прогнозування параметрів стану ТЗ; ідентифікація умов експлуатації; діагностування стану, збирання повідомлень і даних діагностування ТЗ; перевірка відповідності дійсного стану ТЗ отриманим параметрам і умовам експлуатації, в процесі моніторингу.

Інформаційна система моніторингу (ІСМ) стану і умов експлуатації ТЗ включає в себе сукупність стаціонарних і мобільних (бортових щодо ТЗ) систем збору і передачі інформації. 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 контрольно-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) [2]. Ядром розподіленої ІСМ 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.

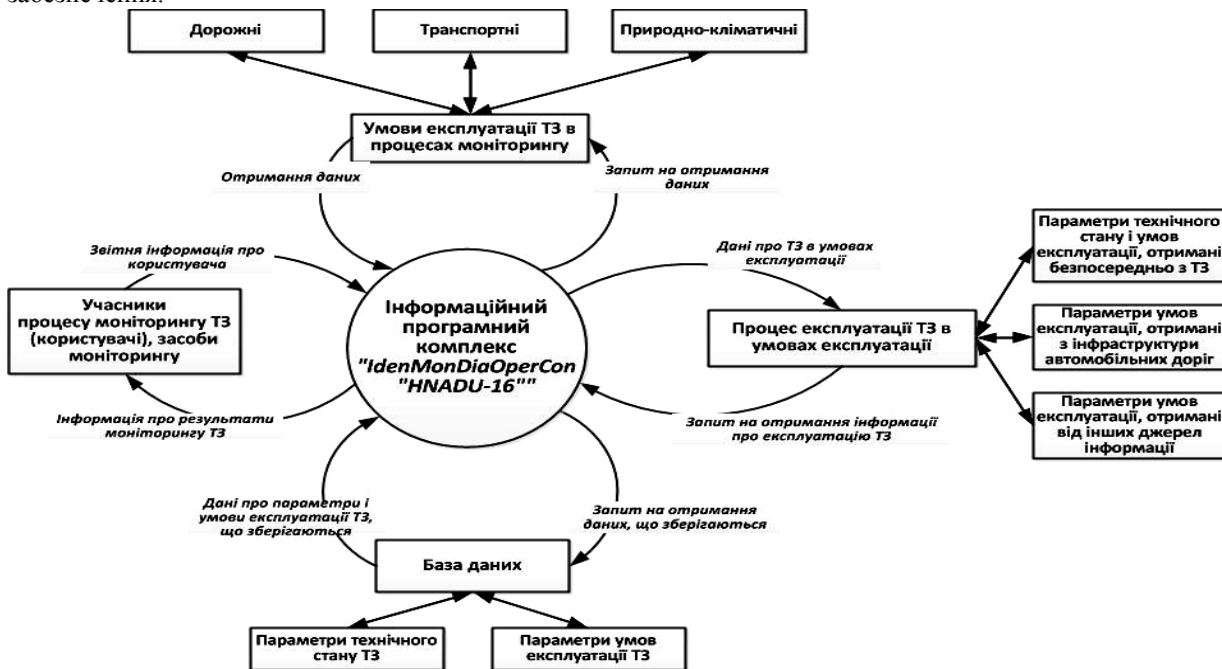


Рис. 1. DFD-діаграма функціонування інформаційної системи моніторингу ТЗ

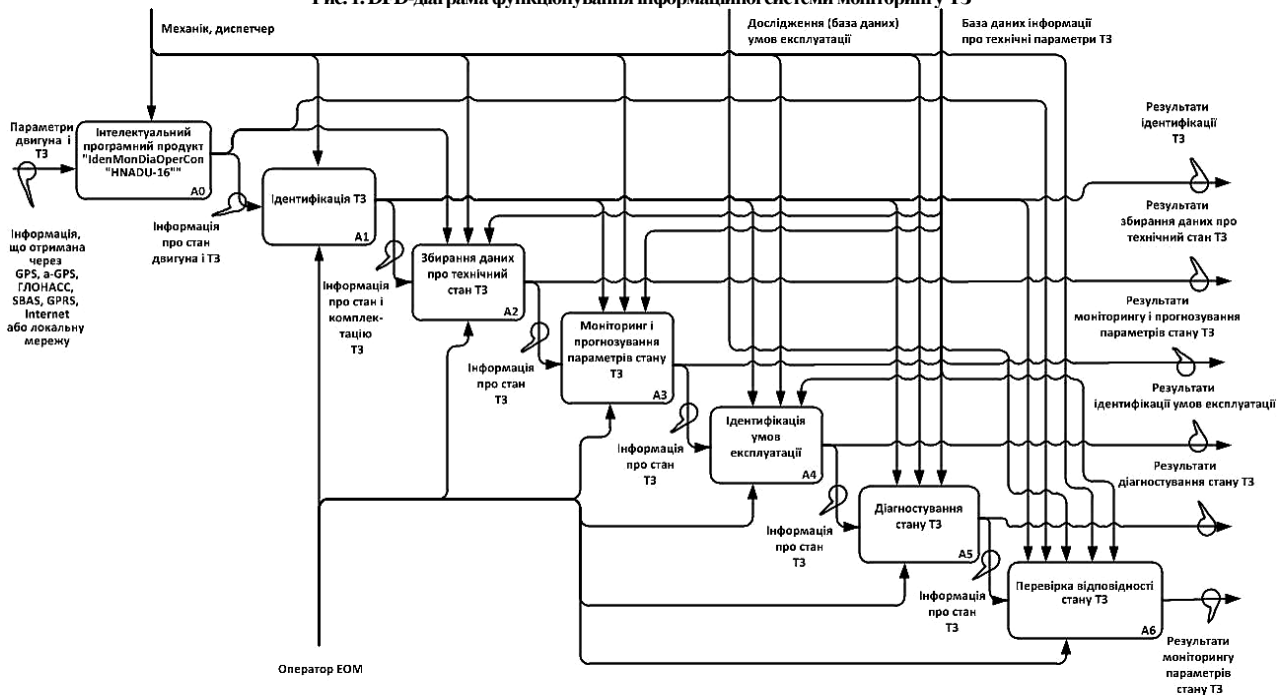


Рис. 2. Структурована інформаційна модель ІПК "IdenMonDiaOperCon (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) "HNADU-16""

Основний принцип інформаційного обміну між елементами ITS, а саме ТЗ і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації та побудови ІСМ 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 контрольно-вимірною 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. 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 параметрів технічного стану

$$\left\{ \begin{aligned} &F_{ts}(\overline{H}_t, t, \Delta t, \overline{X}_i(t), \overline{X}_i(t - \Delta t), \dots, \overline{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{S_i}, K_{t_i}) \Rightarrow S_{y.e.T3} \\ &\Omega_l^{m_j}(e_{y.e.T3}, r)^J = \Omega_l^{m_j} \left( \begin{matrix} e_{y.e.T3.mp} \\ e_{y.e.T3.dop} \\ e_{y.e.T3.ak} \\ e_{y.e.T3.ke} \end{matrix} \right), r = S_{y.e.T3} \end{aligned} \right. \quad (1)$$

б) в процесах прогнозування параметрів технічного стану

$$\left\{ \begin{aligned} &F_{(t+k\Delta t)} \left( \begin{matrix} \overline{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, k, \overline{X}_i(t+k\Delta t), \overline{X}_i(t+(k-1)\Delta t), \dots, \\ \overline{X}_i(t+(k-n)\Delta t), DTC_{S_i}, K_{t_i(t+k\Delta t)} \end{matrix} \right) \Rightarrow S_{y.e.T3}(t+k\Delta t) \\ &\Omega_l^{m_i}(e_{y.e.T3(t+k\Delta t)}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{matrix} e_{y.e.T3.mp(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3.dop(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3.ak(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3.ke(t+k\Delta t)} \end{matrix} \right), r = S_{y.e.T3}(t+k\Delta t) \end{aligned} \right. \quad (2)$$

де  $F_{ts}$  – інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації у відповідний момент часу;  $\overline{H}_t$  – 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 процесів моніторингу;  $\overline{X}_i(t)$  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;  $DTC_{S_i}, K_{t_i}$  – 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  $m_i$  за  $J$  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 ( $e_{y.e.T3mp}$  – транспортні;  $e_{y.e.T3dop}$  – дорожні;  $e_{y.e.T3ak}$  – атмосферно-кліматичні;  $e_{y.e.T3ke}$  – 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 ( $e_{y.e.T3(t+k\Delta t)}$ ).

Загальне інформаційне забезпечення системи  $S_{y.e.\Sigma T3_i}(t)$ , побудовано на основі серверних рішень  $S_{y.e.\Sigma T3_i}(t)$  за положеннями М.Я. Говорущенко [1, 3], локального джерела інформації  $S_{y.e.Vd_i}(t)$  і мережевих баз даних  $S_{y.e.Net_i}(t)$ .

$$S_{y.e.\Sigma T3_i}(t) = (S_{y.e.T3_i}(t), S_{y.e.Vd_i}(t), S_{y.e.Net_i}(t)) \quad (3)$$

Це забезпечує можливість створення єдиного централізованого сховища розподіленої у просторі інформації, підтримки багатокористувацької середовища отримання інформації (редагування), можливість доступу віддалених користувачів, систематизації інформації та її наочного відображення в єдиному комплексі.

В процесі розробки інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з урахуванням умов експлуатації були зібрані наявні джерела інформації в частині координат ТЗ на місцевості в реальному часі, модель автомобільної дороги, моделі об'єктів інфраструктури доріг, територіальних природних і техногенних систем, отримані результати трекінгу ТЗ. Для більш зручної візуалізації результатів аналізу в систему додані фрагменти растрів досліджуваних ділянок автомобільних шляхів. Джерела інформації для інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ з урахуванням умов експлуатації показані в [13].

#### Висновки

Сформульований підхід дозволяє визначити вплив основних етапів обробки отриманої інформації про технічний стан ТЗ в ПК, а саме ідентифікацію ТЗ в просторі, систему моніторингу і нестационарних умов експлуатації; збирання вихідних даних про параметри технічного стану і положення у просторі ТЗ, в умовах експлуатації; прогнозування параметрів стану ТЗ; ідентифікацію умов експлуатації; діагностування стану, збирання повідомлень і даних діагностування ТЗ; перевірку відповідності дійсного стану ТЗ отриманим параметрам і умовам експлуатації, в процесі моніторингу. Система загального інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів забезпечує повноцінний збір і обробку інформації в реальному часі від бортової інформаційної системи моніторингу, розміщеної на транспортному засобі, і від системи збору інформації, що працює у взаємодії із водієм та інфраструктурою транспорту на основі поточного стану дорожніх, транспортних, кліматичних умов експлуатації і технічних споруд, в процесах порівняння з нормативними даними і даними попереднього контролю; відображення обстановки на ділянці руху автомобіля і результатів аналізу в реальному часі і за відповідними запитами; ідентифікацію предаварійного і аварійного станів шляху; архівування результатів моніторингу; розроблення рекомендацій щодо швидкісного режиму на ділянках руху транспортних засобів за результатами аналізу.

#### Список використаної літератури

1. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта)/ Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
2. 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/arcreview/detail.php?ID=17802&SECTION\\_ID=1058](https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=17802&SECTION_ID=1058).
3. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / [Н.Я.Говорущенко]. - Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 2004. – 312 с.
4. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс: Учеб. Пособие. / Н.А. Гайдамакин – М.: Гелиос АРВ, 2002. - 368 с.
5. Мауэргауз Ю.Е. Информационные системы промышленного менеджмента. / Ю.Е. Мауэргауз – М.: Филинь, 1999.
6. Кулешов А.П. Информационная модель как основа проектирования корпоративных автоматизированных информационных систем / А.П. Кулешов // Информационные технологии.- 2006. - № 3. - С. 26-30.
7. Атрощенко В.А. К вопросу выбора алгоритмов решения задачи синтеза оптимальных структур распределенных баз данных на предприятиях хлебопекарной промышленности / В.А. Атрощенко, Д.В. Тишковский // Пищевые технологии КубГТУ. 2009. - №4.
8. Тишковский Д.В. Особенности методики создания информационной системы предприятий хлебопекарной промышленности/ Д.В. Тишковский // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4; URL: [www.science-education.ru/104-6824](http://www.science-education.ru/104-6824) (дата обращения: 10.10.2012).
9. Атрощенко В.А. Технические возможности повышения ресурса автономных электростанций энергетических систем. Монография. / В.А. Атрощенко, Ю.Д. Шевцов, П.В. Яцынин, Р.А. Дьяченко, М.Н. Педько. – Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2010. - 192 с.
10. Махаммад М.Д. Разработка информационной системы для дизельных электростанций с возможностями прогноза их технического состояния: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.01 / Махаммад Мааз Джасем Махаммад; ГОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар, 2009. – 23 с.
11. Современные методологии описания бизнес-процессов – просто о сложном / Методология DFD в нотациях Гейна-Сарсона и Йордана-Де Марко [Электронный ресурс] / Vetek К вершинам мастерства – Режим доступа: <http://www.betek.ru/index.php?id=6&sid=29> – 04.12.2016 г.
12. Волков В.П. Формування предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков// Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці. Збірник наукових праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, ХНАДУ, 2017. – С. 33 – 35.
13. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В. Особливості формування інформаційної системи класифікації умов експлуатації транспортних засобів. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 30. К.: ДЕТУТ, 2017. 288 с.