УДК 656.13 DOI: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-15-1-23-33

В. П. Волков[1]
І. В. Грицук[1]
В. П. Кужель[2]
Т. В. Волкова[1]
Г. А. Плєхова[1]

СТАН І ВТІЛЕННЯ ІНОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕХНІЧНУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

[1]Харківський національний автомобільно-дорожній університет
[2]Вінницький національний технічний університет

Метою статті є аналіз стану автомобільного транспорту і втілення інформаційних технологій в технічну експлуатацію транспортних засобів. Проведений аналіз сучасного стану автомобільного транспорту показав, що диверсифікація підприємств автомобільного транспорту, їхнє розукрупнення, розвиток підприємництва призвели до поляризації автомобільних парків та зосередження значної кількості автомобілів в невеликих за розміром і кількістю підприємствах. Розглянуто основні системні проблеми автомобільного транспорту на сучасному етапі, які показали, що існуюча в технічній експлуатації автомобілів система технічного обслуговування і ремонту вже не відповідає сучасним вимогам до підтримки працездатності транспортних засобів. Обґрунтовано, що наявність сучасних технологій дозволяє перейти до адаптивної системи ТО і Р автомобілів, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від транспортного засобу, її обробку і вироблення коригувальних впливів. Наведено результати експериментального дослідження техніко-економічних показників легкового транспортного засобу за допомогою розробленого інформаційно-програмного комплексу «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»», який працює в умовах інтелектуальних транспортних систем. Оцінка результатів визначення техніко-економічних показників роботи і параметрів технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації проводилась за середньою швидкістю його руху і витратою палива. Оцінка умов експлуатації проводилась за значенням відносного коефіцієнта зміни швидкості руху у відповідності до положень теорії експлуатації автомобілів.

Основна частина автомобілів в Україні зосереджена в невеликих за розміром і кількістю підприємствах, результатом чого є погіршення технічного стану ТЗ. Існуюча в таких підприємствах система контролю технічного стану вже не відповідає в цілому сучасним вимогам підтримки працездатності ТЗ. Це може бути вирішено впровадженням в ТЕА принципів «адаптивної» системи управління технічним станом автомобіля, основою якої є створення інформаційних систем організаційно-функціонального контроля і підтримки процесів технічної експлуатації ТЗ.

Отримані підсумки моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, дозволяють отримати значення середніх швидкостей руху для експериментальної дільниці з урахуванням геозон, витрати палива і відносного коефіцієнта зміни швидкості руху, який є основним орієнтиром при визначенні умов експлуатації ТЗ.

Ключові слова: автомобільний транспорт, транспортний засіб, технічна експлуатація автомобілів, технічне обслуговування і ремонт, адаптивна система ТО і Р, інформаційно-програмний комплекс, умови експлуатації, середня швидкість його руху, витрата палива.

Постановка проблеми

В даний час автомобільний парк України нараховує понад 11 млн. одиниць автомобілів, структура яких виглядає таким чином [1]: вантажних автомобілів – 15,5 %, автобусів – 2,6 %, легкових автомобілів – 81,9 %.

Автомобільний транспорт (АТ) належить до галузей, з яких почалася широкомасштабна приватизація в Україні. У його середовищі були масово створені акціонерні товариства і малі підприємницькі структури, що відповідало загальним тенденціям і задачам ринкових реформ початку 90 років минулого століття. В першу чергу були приватизовані підприємства автомобільного транспорту (ПАТ), що здійснюють перевезення вантажів.

У зв'язку з цим на ринку автотранспортних послуг з'явилася велика кількість перевізників різних форм власності, які не мали досвіду організації перевезень, необхідних професійних знань, відповідної технічної бази, а їхні транспортні засоби (ТЗ) не відповідали вимогам безпеки перевезень.

В. П. Волков, І. В. Грицук, В. П. Кужель, Т. В. Волкова, Г. А. Плєхова, 2022

Державне регулювання ринку транспортних послуг здійснюється шляхом ліцензування діяльності ПАТ. До теперішнього часу кількість ліцензій, отримане юридичними і фізичними особами України становить приблизно 140 тис., а кількість використовуваних ними ТЗ – до 400 тис. од. [1]. За даними Головної держінспекції на АТ, частка перевізників, що мають в експлуатації тільки один ТЗ становить 61 %, до трьох ТЗ – 22,4 %, до п'яти ТЗ – 7 %, до десяти – 5,4 %, більше 10 ТЗ – 4,3 %.

Становлення ринкових відносин в системі автомобільного транспорту загального користування (АТЗК), приватизація ПАТ державної власності, придбання ТЗ за власні кошти або придбання їх у оренду привели до появи на ринку транспортних послуг більше 30 тис. пасажирських перевізників [2], які отримали ліцензії на право господарської діяльності з надання послуг з перевезення пасажирів. Певна частина з них мають відповідні спеціальні знання і кваліфікацію, інші або взагалі не мали відношення до пасажирського транспорту, або якщо і працювали в цій системі, але не мають відповідних знань і навичок вирішення питань організації пасажирських перевезень. Мережа автобусних сполучень за станом на сьогоднішній день включає близько 19 тис. міських, приміських, міжнародних маршрутів, на яких задіяне приблизно 50 тис. автобусів. На стадії переходу до ринкової економіки систему транспорту загального користування в Україні в різні роки обслуговували від 45 до 54 тис. автобусів, які були зосереджені в 449 спеціалізованих ПАТ державної форми власності [2].

Слід зазначити, що пасажирські автомобільні перевезення є технологічно централізованою системою, в якій кожний ТЗ має перебувати під диспетчерським контролем і управлінням. Як свідчить досвід вітчизняних і зарубіжних компаній-перевізників, найвища ефективність, якість і безпека досягаються тоді, коли ТЗ отримують необхідне технічне, а водії – медичне обслуговування, автобуси знаходяться в системі постійного спостереження, коли через певні відрізки часу система управління перевезеннями отримує інформацію про місцезнаходження автобуса і може втрутитися в процес перевезення. Крім того АТ продовжує залишатися з наземних видів транспорту найбільш ресурсномістким і небезпечним для населення і навколишнього середовища. Він витрачає більше 60 % палива нафтового походження, 70 % трудових ресурсів, викликає більше 96 % дорожньо-транспортних пригод. На АТ припадає, відповідно до оцінок, 40–50 % забруднення навколишнього середовища, в тому числі у великих містах – 60–70 %, а в мегаполісах – більше 85 %. При цьому не менше 25 % забруднень пояснюється технічним станом автомобілів і виробничою діяльністю підприємств АТ.

Основними системними проблемами АТ на сучасному етапі є [2]:

- втрата адміністративних важелів управління АТ як повністю приватизованого;
- зниження обсягів транспортної роботи;
- збитковість діяльності пасажирського транспорту на автобусних маршрутах загального користування;
- масове старіння ТЗ та невідпрацьованість механізмів його заміни;
- невідповідність структури вантажного і пасажирського парку попиту на його послуги;
- незадовільний рівень безпеки автомобільних перевезень і значне екологічне навантаження на навколишнє середовище.

Технічна експлуатація автомобілів (ТЕА), за визначенням [3, 4] є однією з найважливіших підсистем АТ, яка, в свою чергу, є підсистемою транспорту в структурі досить складної транспортно-комунікаційної програми держави. В цілому до 50 % собівартості перевезень прямо або побічно залежить від якості і ефективності ТЕА. Найважливішою ланкою ТЕА є вибір системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) ТЗ, яка регулюється комплексом взаємопов’язаних положень і норм, що визначають порядок, організацію, зміст і нормативи проведення робіт із забезпечення працездатності парку автомобілів. Важливість ТЕА підтверджується тим, що наприклад на підтримку автомобілів в працездатному стані в США витрачається приблизно 30 млрд доларів на рік, а в усьому світі на ТЕА в рік витрачається приблизно 100 млрд доларів. У США на експлуатацію одного автомобіля на рік витрати становлять 1800–1900 доларів [4]. Крім того, відмічається, якщо взяти витрати на виготовлення і підтримку працездатності автомобіля за весь життєвий цикл за 100 %, то на виготовлення автомобіля витрачається приблизно 1,5 %, а на підтримку його працездатності – 98,5 %.

Основна особливість сучасної системи ТЕА на автомобільному транспорті загального користування (АТЗК) пострадянських країн [2] це:

- відсутність нормативної бази щодо обов’язковості кожним власником рухомого складу (РС), проводити певний комплекс технічних впливів, які забезпечують працездатність і безпеку ТЗ, результатом чого є втрата на АТЗК механізму управління рівнем технічного стану автомобільного парку через гнучку систему ТО і Р;

- відсутність необхідної інформаційної бази галузі у вигляді мережі опорних підприємств, що дозволяло АТЗК раніше, по-перше, контролювати реалізовані показники якості і надійність ТЗ в експлуатації і, по-друге, пред'являти обґрунтовані вимоги заводам-виробникам автомобілів;

- неефективність запропонованої державою системи сертифікації послуг ТО і Р.

В результаті АТЗК і, перш за все, малі підприємства автомобільного транспорту (МПАТ) галузі, виявилися в складних умовах, тому що вони [1, 2]:

- зобов'язані забезпечити технічний стан ТЗ згідно з державними вимогами безпеки руху та екологічної безпеки транспорту;

- не мають умов (бази, обладнання, персоналу) для підтримки працездатності і необхідного технічного стану ТЗ;

- не мають чітко взаконених зобов'язань застосовувати систему ТО і Р і виконувати такий мінімальний обсяг робіт ТО і Р, який може забезпечити необхідну працездатність і безпеку ТЗ.

Створений організаційний і технологічний вакуум привів до практично неконтрольованої експлуатації ТЗ в більшості МПАТ, що спричинило різке погіршення технічного стану автомобільного парку, збільшило кількість ДТП, викликаних несправністю автомобілів, і забруднення навколишнього середовища [1, 2, 4].

Метою статті є аналіз стану автомобільного транспорту і втілення інформаційних технологій в технічну експлуатацію транспортних засобів.

Втілення інформаційних технологій в технічну експлуатацію транспортних засобів

У нас в країні була прийнята планово-попереджувальна система ТО і Р автомобілів. Принципові основи цієї системи підтримки автомобілів в технічно справному стані практично сформувалися на початку 30-х років XX століття. Сутність системи полягає в тому, що технічне обслуговування носить профілактичний характер і здійснюється за планом, а ремонт – за потребою.

Вперше нормативні документи з ТЕА з'явилися в 1929–1933 рр. у вигляді розробки та реалізації системи планово-попереджувальних ремонтів на АТ, що передбачають чотири види обслуговування і попереджувальний ремонт. Далі з'явився нормативний документ «Положення про профілактичне обслуговування автомобілів», який коректувався в 1947, 1949, 1954, 1963, 1974, 1984–1994, 1998 роках з урахуванням досвіду його застосування, зміни умов експлуатації, вдосконалення конструкції автомобіля і виконаних науково-дослідних робіт.

С 1998 року по 2013 рік «Положення …» [5], доповнювалося і змінювалося правилами і наказами Міністерства інфраструктури, постановами КМУ та законами України зберігаючи в основному принципи планово-попереджувальної системи ТО і Р автомобілів.

У 2013 наказом № 550 Міністерства інфраструктури були введені «Правила експлуатації колісних транспортних засобів» [6], які зберегли базові принципи «Положення …» [5]. Ці «Правила …» визначають механізм організації безпечного утримання колісних транспортних засобів протягом експлуатаційного життєвого циклу (ЖЦ) перевізником і застосування підприємствами автомобільного сервісу. Там же зазначено, що після гарантійного періоду на ТЗ, перевізник забезпечує функціонування системи ТО і Р ТС в повному обсязі або отримує відповідні послуги.

Діюча система ТО і Р обґрунтовується на нормах [6] і реалізується технічним відділом перевізника, які мають більше 15 од. ТЗ, і які дислокуються в одному населеному пункті в підприємстві, що має окрему територію. Перевізник, який має менше 15 од. РС вирішує відповідні питання без створення технічного відділу, а самозайнятий автомобільний перевізник замовляє послуги на станціях технічного обслуговування або виконує такі роботи самостійно.

Для контролю та забезпечення технічного стану ТЗ дотримуються планового ТО згідно з нормами і нормативами його виготовлювача, встановленими для нормальних умов експлуатації, з урахуванням інформації системи OBD, зокрема інформації, отриманої скануванням пам'яті бортового комп'ютера РС спеціальними технологічними засобами [6].

Слід зазначити, що сучасна структура АТЗК – це сукупність окремих перевізників і ПАТ у вигляді МПАТ, які є новими утвореннями для галузі, де діють три групи способів виконання ТЕА [7].

Перша група – ТЕА власними силами. Для того щоб організувати окремий структурний підрозділ, що займається виключно ТЕА необхідно зробити значні початкові вкладення, підтримувати штат кваліфікованих фахівців і мати добре організоване складське господарство. Для більшості сучасних МПАТ (90 %), що є в Україні, такі витрати є нераціональними.

Друга група – ТЕА за допомогою підрядних організацій. Це організації, які мають постійний штат кваліфікованих фахівців і необхідну виробничу технічну базу. Раніше це був найбільш поширений шлях вирішення завдання з підтримання необхідного рівня технічного стану ТЗ. Однак до його

очевидних недоліків відноситься відсутність системного підходу до організації ТЕА, тому що у «разового» фахівця часто немає можливостей судити про те, які події в динаміці відбуваються на ТЗ.

Третя група – системи ТЕА у вигляді сервісного гарантійного та післягарантійного обслуговування. У цьому випадку відносини зі спеціалізованими сервісами зав'язуються вже при покупці нового ТЗ, при початку його експлуатації в рамках гарантійного терміну. Відмінною особливістю фірмового сервісу є те, що саме тут найбільш яскраво виражені можливості і переваги ІПВ / CALS / PLM-технологій, оскільки агрегат, вузол, система, ТЗ в цілому знаходяться під пильною увагою фахівців безпосередньо від складального конвеєра до місця експлуатації. При цьому способі реалізації умов ТЕА можуть існувати два рівні організації сервісу: фірмовий і авторизований, де обов'язковою складовою є підключення ТЗ до Інтернету. Цим забезпечується можливість контролю і управління надійністю ТЗ, в рамках інформаційного забезпечення ЖЦ виробу, на основі збору інформації про надійність агрегатів, вузлів, систем і ТЗ в цілому (відмови, ремонти, аварійні та надзвичайні ситуації, вплив робіт при ТО і Р на надійність). При цьому забезпечується подальший аналіз і прогноз роботи ТЗ.

Існуюча система ТО і ремонту сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури: автомобіль в основному працює з прив'язкою до власного підприємства. При цьому вся обслуговуюча і ремонтна база була зосереджена в рамках конкретного ПАТ і всі види технічних впливів здійснювалися ним самим. У існуючої системи ТО і ремонту негнучкість в частині забезпечення безвідмовної роботи автомобіля на лінії проявляється в одноманітності підходу до автомобілів різного віку: перелік операцій і періодичність ТО ідентичні і для нового автомобіля, і для автомобіля перед його капітальним ремонтом і списанням.

Суть існуючої системи полягає в тому, що технічні впливи проводяться для виробів лише при досягненні ним контрольованих параметрів свого критичного рівня, тобто гранично допустимого стану. На практиці для реалізації такої системи ТО і Р необхідно спеціальне контрольно-діагностичне обладнання і в цілому вміння фахівців автоматизовано системи управління інженерно-технічної служби (ІТС), вимірювати безперервно або періодично контрольовані (діагностичні) параметри виробу. Сьогодні такі системи, внаслідок глобалізації технічного діагностування (ТД) і неруйнівного контролю, успішно впроваджуються в світі техніки багатьма зарубіжними фірмами. Там вони отримали назву «*Condition Monitoring*» [4].

Поступовий розвиток нових видів перевезень призводило до збільшення часу перебування ТЗ далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищувалася роль профілактичного ТО автомобілів. Тому створення гнучкої «адаптивної» системи контролю та управління технічним станом автомобіля з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля в наступному стало першочерговим завданням [7].

Під адаптивною системою ТО і Р автомобілів розуміється система, яка, завдяки зміні своєї структури і значень параметрів, може пристосовуватися до зміни внутрішніх і зовнішніх умов. Рівень, якого досягла сучасне ТД, дозволяє при ТЕА реалізувати практично будь-які завдання з виявлення та прогнозування технічного стану автомобілів. Так, наприклад, адаптивна система, яка запропонована в роботі [7], передбачає необхідність проведення ТО і Р за індивідуальною програмою. Таке ТО і Р умовно називають індивідуальним технічним обслуговуванням (ІТО). Вид робіт в цьому випадку призначають на основі індивідуальних діагностичних даних.

Базовими принципами ІТО є [7]:

- планово-запобіжний принцип визначення і усунення несправностей і проведення технічних впливів;
- оперативне управління працездатністю автомобіля на основі прогнозування стану з використанням інформаційних технологій в ТД;
- індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного конкретного автомобіля;
- індивідуальне прогнозування періодичності ТО і технічного стану автомобіля.

Впровадження в ТЕА базових принципів «адаптивної» системи управління технічним станом автомобіля з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля вимагає оперативного контролю технічного стану автомобіля, розробки багатофакторних моделей прогнозування і створення баз даних, що дозволяють застосовувати сучасні інформаційно-аналітичні технології в ТД.

Раніше в ПАТ інформаційні системи і технології використовувалися в основному для удосконалення документообігу. Так наприклад, на ПАТ з парком 100 автомобілів щомісяця оброблялося до 3 тисяч подорожніх листів, 700–800 заявок на запчастини, 250–300 листів обліку ТО і Р й інших документів, а документообіг тільки технічної служби ПАТ включав понад 120 документів.

Новим прийомом для АТЗК в сфері технічного контролю стану ТЗ є створення інформаційних систем і технологій організаційно-функціональної підтримки процесів їхньої експлуатації за допомогою інформаційної інтеграції: по-перше стадій ЖЦ ТЗ, по-друге систем його технічного контролю (контролю і діагностуванні стану ТЗ). Однак, в ході практичного застосування таких рішень, зустрічаються суттєві інформаційно-технологічні труднощі. Трудність перша – це закритість для фахівців ТЕА більшості інформаційних процесів, що здійснюються бортовими комп'ютерами ТЗ, що обумовлено частковою (що вкрай рідко) або повної «недоступністю» фахівців ТЕА і, перш за все, вільних механіків до цієї інформації. Причина «недоступності» – інтереси як розробників, так і виробників ТЗ. Трудність друга – це сучасні системи автоматичного управління (САУ) робочими процесами вузлів і агрегатів ТЗ, що мають вбудовані системи контролю і діагностування, і сучасні системи організаційно-функціональної підтримки процесів експлуатації ТЗ зі своїми індивідуальними системами. Оперативного технічного контролю стану ТЗ, які розробляються автономно.

Однак, поява на транспорті, наприклад, в авіації «систем з повною відповідальністю», типу *FADEC* (Full Authority Digital Electronic Control system) [7], дозволяє нейтралізувати труднощі. Сьогодні це електронні САУ, які досить поширені в авіації, де електроніка здійснює управління двигуном на всіх етапах і режимах польоту. Концепція *FADEC* спрямована на створення єдиної структури з бортових систем управління робочими процесами вузлів і агрегатів, систем контролю і діагностування, систем організаційно-функціональної підтримки процесів експлуатації ТЗ, що дозволяє формувати інформаційні системи організаційно-функціональної підтримки (збору, аналізу та управління потоками інформації) процесів експлуатації, тобто дозволяє реалізувати на практиці ІПВ / CALS / PLM-технології.

ІПВ / CALS / PLM-технології, тобто інформаційна підтримка поставок і ЖЦ продукції (або виробів), це сучасний підхід до проектування, виробництва і експлуатації високотехнологічної та наукомісткої продукції, що полягає у використанні комп'ютерної техніки і сучасних інформаційних технологій на всіх стадіях ЖЦ виробів [8]. У сфері транспортних компаній АТЗК інтегроване інформаційне середовище ІПВ / CALS / PDM-технологій тільки впроваджується. Прикладом може бути програма Torque, як основа «автомобільної» концепція *FADEC*, що представляє собою перший крок до системи *FRACAS* і, відповідно ІПВ / CALS / PLM-технологій, які призначені для отримання і відображення діагностичної інформації бортової системи самодіагностики. Сьогодні вона вже «вміє» відображати поточні параметри роботи двигуна, інших систем, вузлів і агрегатів, відображати і розшифровувати «коди помилок», «стирати помилки» з електронного блоку управління (ЕБУ), автоматично відправляти значення величин параметрів, що контролюються датчиком, в інтегрований електронний інформаційний метапростір, де протягом півроку можна подивитися не тільки поточні значення контрольованих величин в різний час, але і побачити на карті весь маршрут ТЗ за цей період [8].

Не менш значущими для ІПВ / CALS / PLM-технологій на АТЗК є такі найпростіші (з точки зору вирішуваних на АТ завдань) електронні інформаційні системи, як:

- GPS-Trace Orange, що надає на базі комерційної системи моніторингу транспорту «Wialon» послуги супутникового спостереження і контролю через Web-інтерфейс за ТЗ, оснащеним трекером або будь-якими іншими комунікаторами з модулем GSM [9];
- M2M (Machine-to-Machine) взаємодія, що створює технології, які дозволяють досить просто, надійно і вигідно забезпечити передачу даних між «розумними» пристроями, що представляють собою електронні машини, здатні взаємодіяти між собою [9];
- СКРТ (Система контролю витрати палива), що представляє набір сучасних «інструментів» управління ТЗ, заснований на базі супутникової навігації моніторингу транспорту, що забезпечує контроль витрати палива, навантаження на осі, часу роботи ТЗ та їхніх параметрів експлуатації [9];
- Teletrack, що представляє спеціалізований програмно-апаратний комплекс для супутникового моніторингу, який складається з бортового сканер – комунікатора (контролер – комунікатор, різні датчики, що забезпечують відкриту архітектуру, масштабованість, гнучкість системи моніторингу), ПЗ (серверного, диспетчерського «Track Control») і що дозволяє інтегрувати дане рішення для моніторингу транспорту в будь-яку керуючу систему підприємства, вирішуючи складні і нестандартні задачі [9];
- Dynafleet®, що є шведською транспортно-інформаційною системою або єдиним телематичним продуктом для тягачів (наприклад, Scania), яка працює на всій території ЄС.

Сукупність на АТЗК традиційних підприємств і абсолютно нових утворень (наприклад, GPS-Trace Orange, M2M, СКРТ та ін.), що представляють електронні інформаційні системи і технології, формує на АТЗК і АТ в цілому абсолютно нові принципи технічної експлуатації ТЗ. Під одним з таких принципів розуміється адаптивна система підтримки технічного стану ТЗ [7, 8], ключовим моментом

якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від ТЗ [10] і її обробку, а також вироблення коригувальних впливів.

Для реалізації завдань щодо втілення в ТЕА адаптивної системи ТО і Р в ХНАДУ розроблено і експериментально перевірено такі інформаційно-програмні комплекси (ІПК): «Віртуальний механік «HADI-12»», «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12»», «MonDiaFor «HADI-15»», «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»». ІПК працюють в умовах інтелектуальних транспортних систем (*ITS*) і мають організаційно-функціональні можливості для управління роботою ПАТ, оцінювання впливу умов експлуатації на технічний стан і екологічну безпеку ТЗ, поточний і прогнозний робочий стан ТЗ. Техніко-економічних показників ТЗ.

Можливості роботи ІПК розглянемо на прикладі «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»». В основу його моделі дистанційного контролю параметрів технічного стану ТЗ покладено загальний підхід до системи «автомобіль – водій – умови експлуатації – інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна і автомобільних доріг)» (АВУІТА), який включає в себе системну взаємодію складових компонентів моніторингу: автомобіль (ТЗ) з водієм і бортовим інформаційним комплексом (БінК); умов експлуатації ТЗ (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці) [11]; транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг (рис. 1).

Процес дистанційного контролю технічного стану ТЗ в умовах експлуатації є процесом формування єдиної інформаційної функції, що описує взаємодію у вигляді параметрів технічного стану ТЗ, отриманих за допомогою БінК, і водія, та яка пов’язана з процесом трансформації інформації про параметри технічного стану і процесами, що залежать від фізіологічних можливостей водія, технічних даних ТЗ і ступеня їхньої протидії негативним впливам зовнішнього середовища; умов експлуатації (УЕ) ТЗ та взаємодії моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг [11].

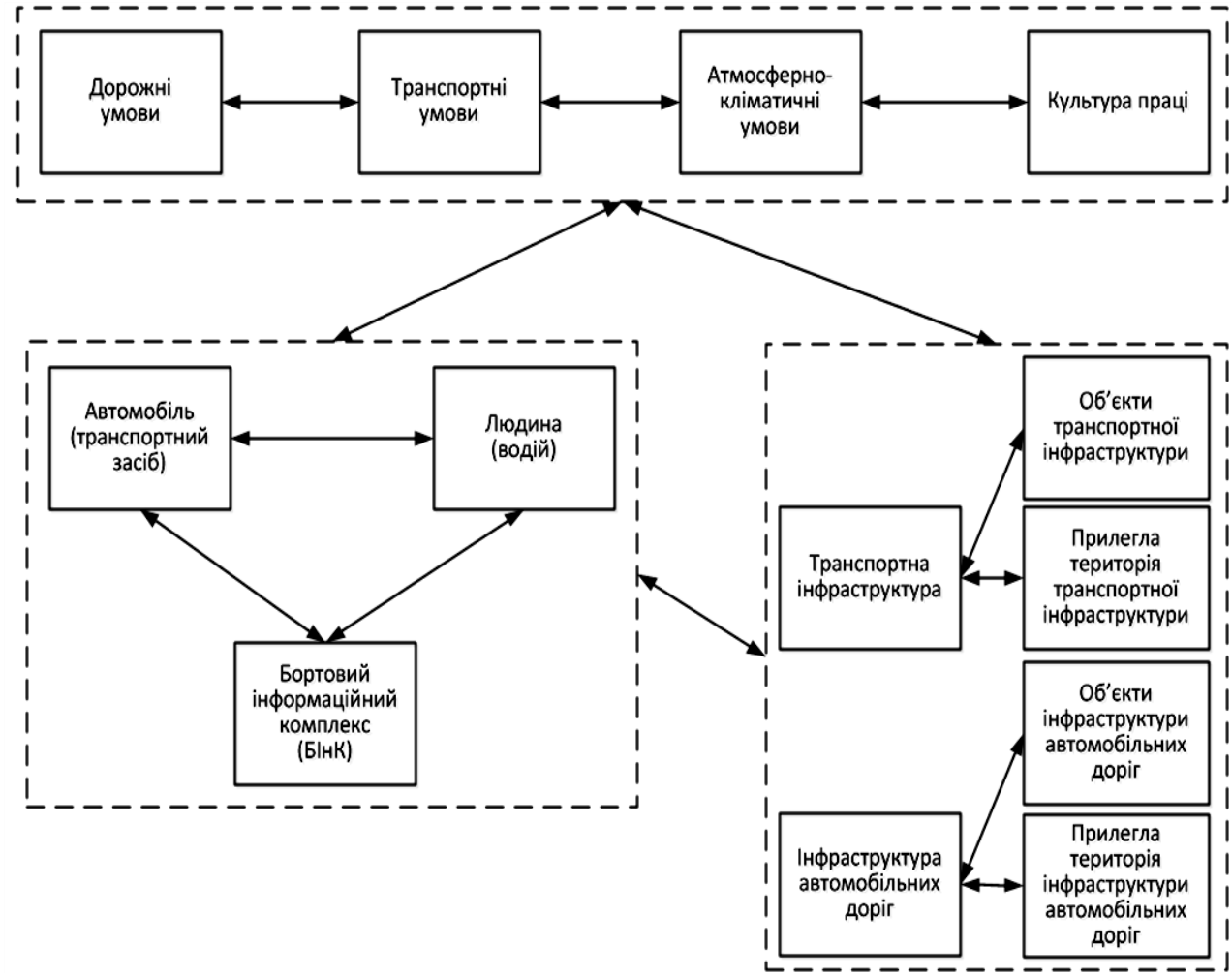
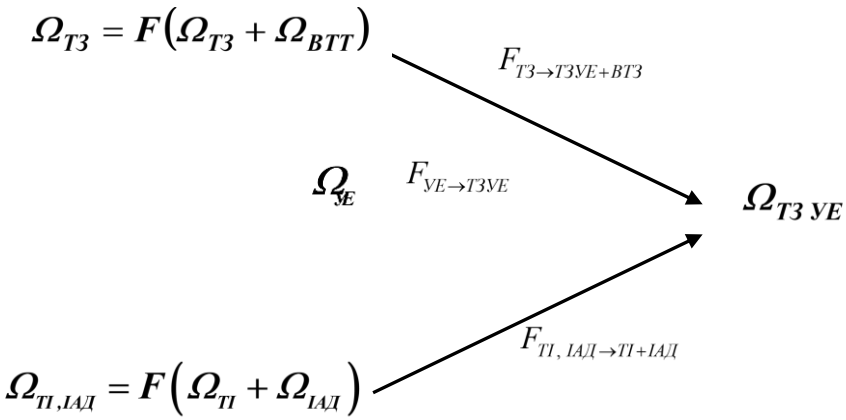


Рис. 1. Загальна схема системної взаємодії системи АВУІТА в умовах ITS

Формально [8, 12, 13], це відображення має вигляд:

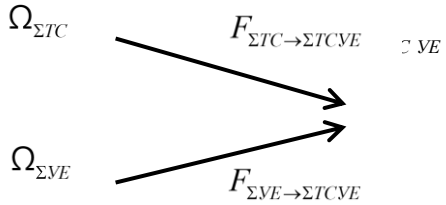


(1)

де $\Omega_{ТЗ}$ – множина моделей параметрів технічного стану ТЗ, як $\Omega_{ТЗ} = F(\Omega_{ТЗ} + \Omega_{ВТЗ})$ системна взаємодія параметрів технічного стану ТЗ і водія (людини), що, в свою чергу, пов'язана з процесом трансформації інформації про параметри технічного стану ТЗ і процесами, що залежать від фізіологічних можливостей людини, технічних даних ТЗ і ступеня їхньої протидії негативним впливам зовнішнього середовища; $\Omega_{ВТЗ}$ – множина моделей стану людини (водія) ТЗ; $\Omega_{УЕ}$ – множина моделей параметрів умов експлуатації ТЗ; $\Omega_{ТІ,\ ІАД} = F(\Omega_{ТІ} + \Omega_{ІАД})$ – множина моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг; $\Omega_{ТЗ\ УЕ}$ – множина моделей параметрів технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації; $F_{ТЗ \to ТЗУЕ\ +\ ВТЗ}$ – функціональне відображення моделей параметрів технічного стану ТЗ і водія ТЗ; $F_{ТЗ \to ТЗУЕ}$ – функціональне відображення моделей параметрів технічного стану ТЗ; $F_{ТІ,\ ІАД \to ТІ\ +\ ІАД}$ – функціональне відображення моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг.

При цьому вважаємо доцільним поєднати в множину моделей $\Omega_{ТЗ}$ параметри технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, а саме $\Omega_{ТЗ}$ у взаємодії з $\Omega_{ВТЗ}$. При цьому, у відповідності до положень [11], виходимо з того, що функціонування єдиної системи ТЗ і людини (водія) $F(\Omega_{ТЗ} + \Omega_{ВТЗ})$ змінюється в умовах експлуатації у вигляді техніко-економічних показників ТЗ. При цьому розуміємо, що система адаптується до різних умов експлуатації, змінюючи свої експлуатаційні властивості. Також, вважаємо доцільним, поєднати всі впливи оточуючого середовища на ТЗ у вигляді зміни моделей умов експлуатації, моделей параметрів транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг у вигляді множини моделей $\Omega_{УЕ}$ параметрів УЕ ТЗ.

На основі викладеного, у загальному уніфікованому вигляді процес дистанційного контролю технічного стану ТЗ в УЕ є процесом трансформації інформації стану і процесів функціонування ТЗ та УЕ. Формально [12, 13] означене відображення має вигляд:



(2)

де $\Omega_{\Sigma ТС}$ – множина сукупних моделей параметрів технічного стану ТЗ; $\Omega_{\Sigma УЕ}$ – множина сукупних моделей параметрів УЕ ТЗ; $\Omega_{\Sigma ТС\ УЕ}$ – множина сукупних моделей параметрів технічного стану ТЗ у відповідних УЕ; $F_{\Sigma ТС \to \Sigma ТСУЕ}$ – функціональне відображення сукупних моделей параметрів технічного стану ТЗ; $F_{\Sigma УЕ \to \Sigma ТСУЕ}$ – функціональне відображення сукупних моделей параметрів УЕ ТЗ.

Основними етапами обробки отриманої інформації про технічний стан ТЗ в ІПК є ідентифікація ТЗ в просторі, системі моніторингу і нестаціонарних умовах експлуатації; збирання вихідних даних про параметри технічного стану і положення у просторі 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.

Роботу ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16» розглянемо на прикладі визначення двох основних техніко-економічних показників легкового ТЗ сегменту С: середньої технічної швидкості ТЗ і середніх показників витрати палива для певної дільниці дослідного відрізку шляху. Кількісні показники середньої технічної швидкості необхідні для визначення відносного коефіцієнта зміни швидкості руху (ВКЗШР) ТЗ, який використовується при визначенні групи УЕ і корегування міжсервісного інтервалу при ТО. Для визначення швидкості ТЗ в умовах експлуатації засобами *ITS* використовували декілька етапів. Розглянемо підсумкові результати на прикладі одного маршруту з електронним звітом результатів проведеного дослідження. В даному випадку процес визначення швидкості ТЗ здійснювався в цілому для всієї дільниці дослідного відрізку шляху. Для цього скористались результатами – електронним звітом, отриманим за допомогою ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16» (рис. 2). Виходячи з положень технічної експлуатації отримали: загальна відстань (пробіг) – S = 172,6 км; загальний час в русі – $t_{рух}$ = 2,23 год; загальний час знаходження автомобіля на лінії $t_{лін}$ = 2,63 год. Для формування підсумкового звіту про рух ТЗ і визначення умов експлуатації ТЗ за швидкістю проводили аналіз і визначення техніко-економічних показників роботи та параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації в результаті моніторингу засобами ITS. Результати детального аналізу умов руху ТЗ і визначення початкових даних для подальшого розрахунку параметрів представляли за допомогою порівняння результатів моніторингу і даних отриманого звіту. В результаті обробки протоколу дослідження (звіту) було отримано зміну швидкості руху ТЗ в залежності від положення дільниці, відстані шляху і часу руху. Значення $V_{сер}$ на рис. 3 були отримані з таких залежностей (розрахунок за наведеними залежностями):

$$V_{сер} = S_{\Sigma i} / t_{\Sigma рух\ i}; \tag{3}$$

$$V_{сер} = S_{\Sigma i} / (t_{рух} + t_{ст})_{\Sigma i}; \tag{4}$$

$$V_{сер} = \Sigma\left(S_i / t_{рух\ i}\right)_i / n_i; \tag{5}$$

$$V_{сер} = \Sigma(S_i / (t_{рух} + t_{ст})_i)_i / n_i; \tag{6}$$

$$V_{сер} = \Sigma V_{GPS сер i} / n_i; \tag{7}$$

$$V_{сер} = \Sigma V_{OBD сер i} / n_i, \tag{8}$$

де $V_{сер}$ – середня швидкість руху ТЗ в межах відстані руху; $S_{\Sigma i}$ – сума відстаней i дільниць; $t_{\Sigma рухі}$ – сума часу руху ТЗ на i дільницях в межах відстані руху; $(t_{рух} + t_{ст})_{\Sigma i}$ –сума часу руху ТЗ і зупинки, стоянки на i дільницях в межах відстані руху; n_i – кількість дільниць; $V_{GPS сер i}$ – середня GPS швидкість руху ТЗ в межах кожної i -ї дільниці, що були отримані зі звіту; V_{OBDi} – середня OBD швидкість руху ТЗ в межах кожної i -ї дільниці, що були отримані зі звіту.

Всі отримані результати зміни параметрів в звіті в частині середніх швидкостей руху ТЗ наведені на рис. 3. ВКЗШР ТЗ визначали за формулами:

$$K_{v\ p} = S_{дільниці\ i} / (t_{рух} \cdot V_{а\ сер.дільниці\ i}), \tag{9}$$

$$K_{v\ p+ст} = S_{дільниці\ i} / ((t_{рух} + t_{ст}) \cdot V_{а\ сер.дільниці\ i}), \tag{10}$$

де $K_{v\ p}$ $K_{v\ p}$ – ВКЗШР для ТЗ тільки в русі; $S_{дільниці\ i}$ – відстань руху ТЗ на i -й дільниці шляху; $V_{а\ сер.дільниці\ i}$ – середня швидкість ТЗ на i -й дільниці шляху; $K_{v\ p+ст}$ – ВКЗШР для ТЗ в русі з урахуванням стоянки і зупинки; $t_{ст}$ – час зупинки, стоянки. Всі отримані результати зміни параметрів витрати палива ТЗ наведені на рис. 4.

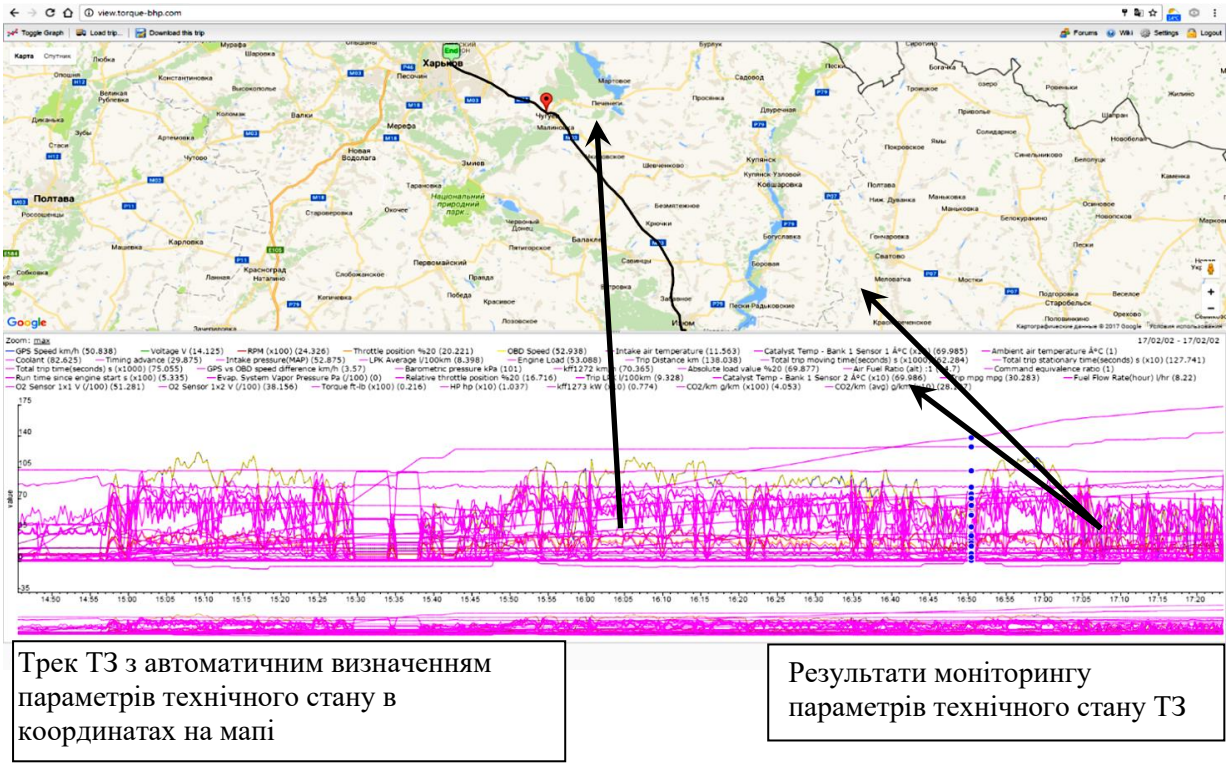


Рис. 2. Робоче вікно *Torque* з параметрами моніторингу технічного стану ТЗ

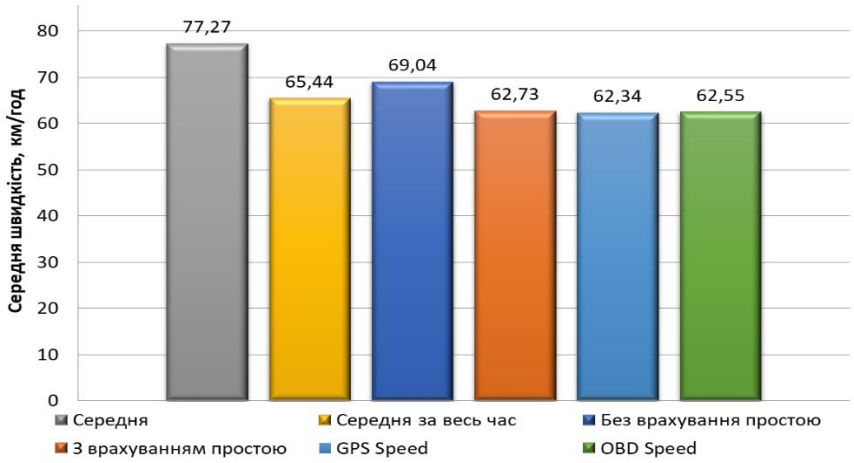


Рис. 3. Результати визначення зміни середньої швидкості руху ТЗ

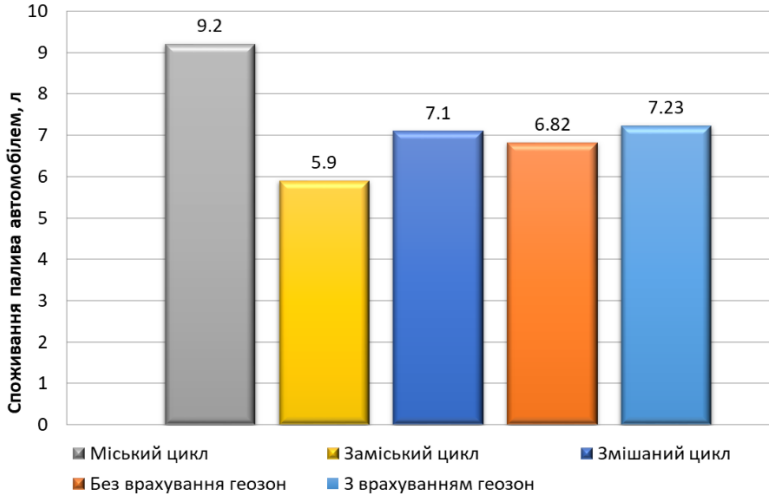


Рис. 4. Результати визначення зміни витрати палива ТЗ в процесі руху

В результаті було отримано середню витрату палива ТЗ на всю відстань руху з урахуванням геозон, яка дорівнює $G_{сер.}$ = 7,23 л/год. Це значення обираємо, як фактично отриману витрату палива ТЗ.

Висновки

Аналіз сучасного стану АТ і її підсистеми – ТЕА виявив, що основна частина автомобілів в Україні зосереджена в невеликих за розміром і кількістю підприємствах, результатом чого є погіршення технічного стану ТЗ. Існуюча в таких підприємствах система контролю технічного стану вже не відповідає в цілому сучасним вимогам підтримки працездатності ТЗ. Це може бути вирішено впровадженням в ТЕА принципів «адаптивної» системи управління технічним станом автомобіля, основою якої є створення інформаційних систем організаційно-функціонального контролю і підтримки процесів технічної експлуатації ТЗ.

Для реалізації адаптивної системи управління технічним станом автомобіля розроблено чотири організаційно-функціональних ІПК, один з яких – ««IdenMonDiaOperCon» «HNADU-16»» використовувався для дистанційного моніторингу ТЗ між бортовим інформаційним комплексом і елементами ITS, що дозволяє забезпечити визначення положення і моніторинг параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, вирішення задачі допомоги водієві ТЗ в процесі експлуатації ТЗ і забезпечення транспортної безпеки ТЗ.

Отримані підсумки моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, дозволяють отримати значення середніх швидкостей руху для експериментальної дільниці з урахуванням геозон, витрати палива і відносного коефіцієнта зміни швидкості руху, який є основним орієнтиром при визначенні умов експлуатації ТЗ. В результаті було отримано середню витрату палива ТЗ (на прикладі легкового автомобіля сегменту С) яка дорівнює 7,23 л/км. На тій же дільниці руху ТЗ отримано значення відносного коефіцієнта зміни швидкості руху $K_{v\,p}$ = 0,94, що відноситься до першої групи умов експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] *Транспорт і зв'язок України за 2014 рік*. – К.: Консультант, 2015. – 222 с.

[2] *Автомобільний транспорт України*: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; Ред. А. М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005, 400 с.

[3] Н. Я. Говорущенко, *Техническая эксплуатация автомобилей*. Х.: Вища школа, 1984, 312 с.

[4] Е. С. Кузнецов и др. *Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов*, 4-е изд., перераб. и дополн. М.: Наука, 2001, 535 с.

[5] Правила експлуатації колісних транспортних засобів. Про затвердження Правил експлуатації колісних транспортних засобів. Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 № 550. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/go/z1453 – 13.

[6] *Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Міністерство транспорту України*, 1998, 16 с. (Нормативний документ Мінтранспорту України. Положення).

[7] В. П. Волков и др., *Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем.* Донецк: Ноулидж, 2013, 398 с.

[8] В. П. Волков и др., *Интеллектуальные и телематические технологии на транспорте*. Шымкент: Изд-во ЮКГУ им. М. Ауэзова, 2016, 504 с

[9] В. П. Волков та ін., *Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів.* Харків: ФОП Панов А.М., 2018, 299 с.

[10] В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов, И. В. Грицук, А. П. Комов, Ю. В. Волков, «Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортового діагностичного комплексу», *Науковий журнал Управління проектами, системний аналіз і логістика*, вип. 13, с. 126-138, 2014.

[11] Н.Я.Говорущенко, *Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований)*. Харьков: ХНАДУ, 2011, 292 с.

[12] В. П. Волков и др., *Интеллектуальные транспортные системы в технической эксплуатации автомобилей.* Баку: АПОСТРОФ-А, 2019, 490 с.

[13] V. Volkov, I. Gritsuk, T. Volkova, "Energy Approach to the Formation of Braking Properties of Vehicles", *SAE Technical Paper*, 9 p, 2020-01-5115, doi:10.4271/2020-01-5115.

Волков Володимир Петрович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: volf-949@ukr.net

Грицук Ігор Валерійвич **–** д-р техн. наук, професор, професор кафедри кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

Волкова Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: wolf949@ukr.net

Плєхова Ганна Анатоліївна – канд. техн. наук, доцент кафедри інформатики та прикладної математики, e-mail: plehovaanna11@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Кужель Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kuzhel2017@gmail.com

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

V. Volkov[1]
I. Gritsuk[1]
V. Kuzhel[2]
T. Volkova[1]
G. Pliekhova[1]

State and implementation of innovative technologies in technical operation of vehicles

[1]Kharkiv National Automobile and Road University
[2]Vinnytsia National Technical University

The purpose of the article is to analyze the state of road transport and the implementation of information technology in the technical operation of vehicles. The analysis of the current state of road transport showed that the diversification of road transport enterprises, their unbundling, business development have led to the polarization of car fleets and the concentration of a significant number of cars in small in size and number of enterprises. The main systemic problems of road transport at the present stage are considered, which showed that the existing system of maintenance and repair of cars in the maintenance of cars no longer meets modern requirements for maintaining the efficiency of vehicles. It is substantiated that the availability of modern technologies allows to move to the adaptive system of maintenance and repair of cars, the key point of which is the development of information and communication system and database of models that provide remote monitoring of the necessary current information from the vehicle. The results of the experimental study of technical and economic indicators of a passenger vehicle with the help of the developed information and software complex "IdenMonDiaOperCon "HNADU-16"", which works in the conditions of intelligent transport systems, are presented. Evaluation of the results of determining the technical and economic performance and parameters of the technical condition of the vehicle in operating conditions was carried out on the average speed of its movement and fuel consumption. Estimation of operating conditions was carried out on the value of the relative coefficient of change of speed in accordance with the provisions of the theory of operation of cars.

The bulk of cars in Ukraine are concentrated in small enterprises in size and number, resulting in deteriorating technical condition of vehicles. The existing system of technical condition control in such enterprises no longer meets the modern requirements for maintaining the efficiency of vehicles. This can be solved by implementing in the TEA the principles of "adaptive" management system of the technical condition of the car, the basis of which is the creation of information systems of organizational and functional control and support of technical maintenance of vehicles.

The obtained results of monitoring the parameters of the technical condition of the vehicle in operation, allow to obtain the values of average speeds for the experimental site, taking into account geozones, fuel consumption and relative coefficient of change of speed, which is the main guide in determining vehicle operating conditions.

Key words: motor transport, vehicle, technical operation of cars, maintenance and repair, adaptive maintenance and repair system, information and software complex, operating conditions, average speed, fuel consumption.

Volkov Volodymyr – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: volf-949@ukr.net

Gritsuk Igor – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Technical Operation and Service of Automobiles, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

Kuzhel Volodymyr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua

Volkova Tetiana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Transport Technologies, e-mail: wolf949@ukr.net

Pliekhova Ganna – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics and Applied Mathematics, e-mail: plehovaanna11@gmail.com