

В. П. Волков¹
С. І. Кривошапов¹
Т. В. Волкова¹
В. П. Кужель²
В. В. Верхломчук¹

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ МУНІЦИПАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Вінницький національний технічний університет

Метою дослідження є удосконалення основ функціонування автоматизованої системи контролю і управління технічним станом муніципального пасажирського автомобільного транспорту (МПАТ) в умовах формування інтелектуальних транспортних систем (ITS). Одним з основних світових напрямків удосконалення системи технічного контролю і управління МПАТ є використання інтелектуальних транспортних систем (ITS) – систем, де засоби управління, контролю і зв'язку інтегровані в АТ та об'єкти транспортної інфраструктури, а прийняття рішень ґрунтується на інформації, отриманій в реальному часі від різних джерел. Аналіз існуючої моделі технічної експлуатації транспортних засобів (ТЗ) в Україні показав, що існуюча модель контролю і управління технічним станом ТЗ сформована на базі спрощеної системи функціонування транспортної інфраструктури і вже не відповідає вимогам часу. Розроблено в роботі віртуальне підприємство автомобільного транспорту (ПАТ) «ХНАДУ - ТЕСА», яке призначене саме для вирішення виробничих завдань МАПТ з оптимізації роботи парку рухомого складу (РС) є комплексним рішенням по моніторингу і управлінню життєвого циклу етапу експлуатації РС. Запропонована модель віртуального механіка відділу технічного контролю технічної служби на основі телепатичної системи процесу експлуатації муніципального транспорту; на основі моделі віртуального механіка відділу технічного контролю здійснена можливість візуалізації роботи системи технічного контролю та управління діяльністю муніципального транспорту в режимі реального часу за допомогою формування доступного інформаційного комплексу транспортної системи міста. Для цього використано методологію об'єктно-орієнтованого підходу забезпечення в умовах формування ITS. Запропонована методологія моделювання системи технічного контролю і управління діяльністю містить такі блоки: корегування вихідної інформації; розрахунок параметрів ефективності функціонування; оптимізації параметрів технічної служби ПАТ.

Ключові слова: транспортний засіб, муніципальний автомобільний пасажирський транспорт, рухомий склад, технічний контроль, технічна експлуатація автомобілів, система ТО і Р, стратегія і тактика, технічна служба, інтелектуальні інформаційні системи, об'єктно-орієнтований підхід, математична модель.

Вступ

Ефективна і надійна робота автомобільного транспорту (АТ) є найважливішим чинником соціально-політичної і економічної стабільності суспільства. АТ, і насамперед муніципальний автомобільний пасажирський транспорт (МАПТ), забезпечує основну частину поїздок населення і безпосередньо впливає на ефективність функціонування всієї системи міського господарства, на роботу підприємств, організацій, установ [1]. Успішність перевезень пасажирів АТ у великій мірі залежить від рівня забезпечення технічної готовності транспортних засобів (ТЗ, автомобілів) з боку технічної служби (ТС) підприємств автомобільного транспорту (ПАТ), а необхідний рівень технічної готовності цих ТЗ, в свою чергу, досягається за рахунок впровадження систем оперативного технічного контролю і регулювання діяльності МАПТ. Одним з основних світових напрямків удосконалення системи технічного контролю і регулювання МАПТ є використання інтелектуальних транспортних систем (ITS) – систем, де засоби управління, контролю і зв'язку інтегровані в АТ та об'єкти транспортної інфраструктури, а прийняття рішень ґрунтується на інформації, отриманій в реальному часі від різних джерел [2, 3].

Новим підходом у комплексі заходів ITS, спрямованих на вдосконалення роботи системи технічного контролю і регулювання МАПТ, є автоматизація управління процесами технічної експлуатації автомобілів (ТЕА), що основана на інтенсивному впровадженні на АТ новітніх інформаційних систем контролю в управлінні виробничими процесами систем ТО і Р. Як показує світовий досвід, на АТ

найбільш ефективний і дієвий контроль, може бути отриманий тільки за допомогою широкого застосування сучасних інформаційних технологій у комплексі з електронно-технічними пристроями та телепатичними засобами зв'язку, розташованими на ТЗ [3, 4].

Особливість більшості з існуючих досліджень полягає в тому, що в цілому вони присвячені проблемам впровадження новітніх інформаційних технологій ITS в ТЕА в умовах комплексних ПАТ, що сьогодні характерно лише для АТ мегаполісів.

Метою дослідження удосконалення основ функціонування автоматизованої системи контролю і управління технічним станом міського автомобільного пасажирського транспорту в умовах формування ITS.

Матеріали і методи дослідження

Основна мета ТЕА саме як підсистеми АТ - це забезпечення і підтримка справного технічного стану рухомого складу (РС). Відмітимо, що до 50% саме собівартості перевезень залежить, як від якості так і від ефективності ТЕА. Основне завдання ТЕА полягає в виборі системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) РС, яка, в свою чергу, повинна регулюватися розробленим і затвердженим комплексом взаємопов'язаних положень і норм, які визначають як порядок так і організацію, як зміст, так і нормативи проведення робіт із забезпечення роботоздатності парку ТЗ. Раніше, в умовах планово-попереджувальної системи ТО і Р, ефективність ТЕА забезпечувалася виключно інженерно-технічною службою ПАТ, діяльність якої також керувалася відповідними нормативними положеннями і документами [5, 6].

Існуюча система ТО і Р – це комплекс заходів, які спрямовані на забезпечення роботоздатності (рівня надійності) РС в процесі експлуатації для забезпечення саме найменших як сумарних трудових так і матеріальних витрат і звісно втратах часу на основі підтримки роботоздатності (впливи ТО) та відновлення роботоздатності [7]. В сфері МАПТ АТ втратив на жаль цей дієвий механізм керування рівнем надійності (експлуатаційної) парку ТЗ завдяки гнучкій системі ТО і Р [8].

Таким чином, перед державними інституціями і, насамперед, на МАПТ постає питання щодо необхідності відновлення контролю та регулювання за дотриманням МАПТ вимогам діючої системи ТО і Р з метою недопущення чи попередження виникнення відмов ТЗ і, як наслідок, дорожньо-транспортних пригод (ДТП) через причину низької технічної надійності ТЗ. На жаль сучасна так звана «середньостатистична» система ТО і Р, яка була сформована на протязі багатьох років на АТ, вже зовсім не відповідає сучасним умовам експлуатації [7, 8]. Основна перевага даної системи була лише в тому, що вона дозволяла прогнозувати технічний стан ТЗ, а головний недолік існуючої системи ТО і Р полягає в тому, що рішення про необхідність проведення робіт з ТО і Р, приймалися виключно на підставі інформації щодо пробігу ТЗ. Тому на практиці при реалізації такої системи ТО і Р не враховується саме реальний стан складових ТЗ, результат цього може проявитися в перевитраті запасних частин, і, як наслідок, підвищенні матеріальних витрат на підтримання ТЗ у справному стані [7, 8]. Усунути чи звести до мінімуму зазначені недоліки планово-попереджувальної системи ТО і Р можна шляхом переходу на систему обслуговування і ремонту ТЗ саме за реальним технічним станом (рис. 1). Вирішення цього завдання в умовах сьогодення можливе за рахунок впровадження на АТ інноваційних як систем контролю технічного стану, так і експлуатаційних показників ТЗ бажано саме в режимі реального часу.

Проведений авторами аналіз сучасного рівня розвитку інформаційних технологій показав, що станом на сьогодні на АТ є можливість забезпечити повний контроль всього наявного рухомого парку ТЗ, а також, про що йдеться в даній роботі, його технічного стану. При потребі можна забезпечити відповідну роботу технічної служби (ТС) ПАТ навіть в автоматизованому режимі. Впровадження на практиці подібних систем контролю/керування технічним станом ТЗ стає можливим завдяки бурхливому розвитку інформаційних технологій як універсального так і спеціалізованого призначення, так званих «телематичних систем», які поєднують засоби зв'язку як ближньої так і дальньої дії, а також використовують можливості сучасних супутникових систем навігації [9].

Телематична система – це система, яка поєднує в єдиний технічний і технологічний комплекс такі підсистеми: організації дорожнього руху, забезпечення безпеки дорожнього руху, а також надання інформаційного сервісу для учасників дорожнього руху і потенційних суб'єктів транспортного процесу. У нормативних (цільових, стратегічних, політичних) документах країн зарубіжжя така телематична система одержала назву саме інтелектуальна транспортна система і відповідну аббревіатуру – ITS [2].

Саме ITS в сучасному світі визнана загальнотранспортною ідеологією інтеграції досягнень саме телематики для запровадження у сфері автомобільного транспорту для вирішення проблем як економічного так і соціального характеру, а саме для зниження аварійності, підвищення ефективності роботи громадського транспорту і збільшення вантажоперевезень, забезпечення загальної транспортної безпеки, покращення екологічних показників [2].

На рисунку 2 представлена інформаційна система управління (ІСУ) на АТ, яка може працювати у складі ІТС. ІСУ використовуються саме для слабкоструктурованих задач як на рівні стратегічного планування так і на рівні управлінського і оперативного контролю.



Рис. 1. Аналіз системи ТО і Р рухомого складу автомобільного транспорту

За допомогою ІСУ на АТ можна створити:

- диспетчерські служби, системи управління;
- автоматизовані системи управління саме технологічними процесами (АСУТП);
- автоматизовані системи управління всім виробництвом (АСУВ).

При впровадженні ІСУ на АТ, вони дадуть змогу збирати інформацію про стан і готовність:

- рухомого складу (РС);
- технологічного обладнання та всього виробничого процесу ПАТ;
- потоку транспортних засобів (ТЗ) при впливі на нього навколишнього середовища.

ІТС з точки зору технічної політики МАПТ орієнтована на вирішення завдань, пов'язаних з організацією дистанційного діагностування параметрів станів ТЗ, а в цілому на проведення оперативного технічного контролю і регулювання діяльності ТЗ в процесі експлуатації [9].

В Україні одним з найбільш доступних способів створення ІТС є впровадження супутникового моніторингу (GPS-моніторингу) за діяльністю ТЗ. В даному випадку робота системи супутникового моніторингу ТЗ будується на взаємодії основних компонентів, що використовують технології GPS, GSM і Internet.

По-перше, на сучасному ТЗ обов'язково існує бортовий прилад (GPS-трекер), що отримує з системи бортового діагностування інформацію і відправляє її на телематичний web-сервер. GPS-трекер по радіоканалу отримує дані від супутників системи глобального позиціонування (Global Positioning System), що знаходяться на навколосемних геостаціонарних орбітах. На основі прийнятої інформації бортовий прилад обчислює свої геокоординати і час, а потім здійснює передачу зібраної інформації із заданою періодичністю по наземному GSM каналу. Для цього використовуються технології, що надаються операторами мобільного зв'язку.

По-друге, телематичний web-сервер забезпечує маршрутизацію, контроль, розподіл даних та їх збереження у власній базі. Бортові прилади передають дані на сервер в безперервному режимі. ПО web-сервера візуалізує і переводить оброблену інформацію у формат звітів. Ці звіти можуть бути доступні диспетчерам ТС ПАТ через глобальну мережу Інтернет. У звітах фіксується історія подій, що відбулися,

а саме: перетинання контрольних зон, зупинки, час стоянок, швидкість руху, час початку і закінчення роботи ТЗ.

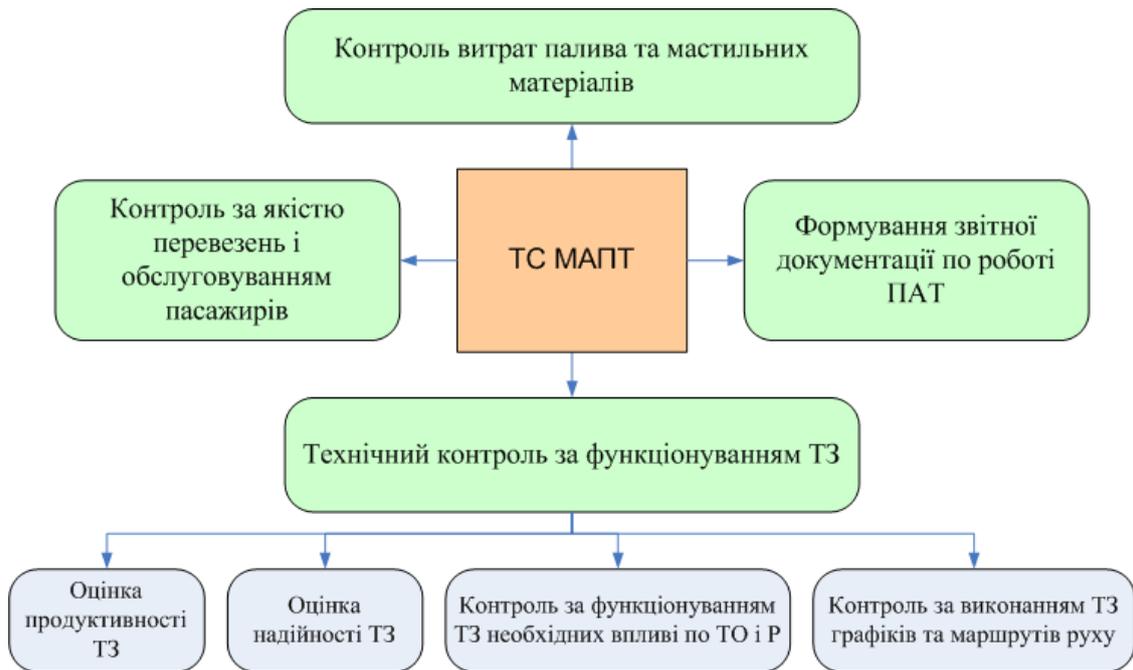


Рис. 2. Класифікація інформаційних систем на АТ

На МАПТ ефективного здійснення технічного контролю і регулювання його діяльності вимагає використання сучасних автоматизованих систем збору/аналізу даних, які можна використовувати як для оцінки поточних значень показників стану ТЗ, які надходять із бортової системи, так і аналізу накопичених даних на протязі всього процесу експлуатації (з метою подальшої статистичної обробки). В результаті впровадження саме таких систем, на АТ створюються умови як для попередження раптових відмов і скорочення часу простою в ремонті, так і для покращення загального рівня безпеки і надійності ТЗ; забезпечення зручності виконання транспортного процесу [9]. Крім того, в ТЕА з'являються можливості реалізувати як оперативне планування саме технологічного процесу ТО і Р ТЗ, так і визначення оптимальної структури вже виробничої бази всього ПАТ [7].

Для МАПТ особливо важливим є визначення оптимальних технологічних показників роботи ТС ПАТ, оскільки надійна робота МАПТ неможлива без наявності надійного ТЗ і, відповідно, організації надійної роботи його транспортної служби (ТС) [10].

Для реалізації поставленої мети прийнято методологію об'єктно-орієнтованого підходу, що ґрунтується на наступних положеннях [11, 12]:

- програма являє собою модель реального процесу;
- модель реального процесу або його частин можна описати у вигляді сукупності об'єктів, які взаємодіють між собою;
- об'єкт описується набором параметрів, значення яких визначають стан об'єкта, і набором операцій;
- взаємодія між даними об'єктами реалізується шляхом відправлення спеціальних повідомлень відповідно від одного об'єкта до іншого.

Застосування такої технології представляє структуру програми у вигляді взаємодіючих один з одним об'єктів. У результаті такої взаємодії, що здійснюється шляхом передачі повідомлень між об'єктами, реалізуються задані функції програми – прийнявши повідомлення, об'єкт може виконати певну дію (метод). Об'єктний підхід дозволяє якісно проаналізувати систему з усіх боків з метою наступної автоматизації управлінських функцій. Можливість автоматизації припускає вигравш у часі, а це, у свою чергу, підвищує якість і обґрунтованість прийнятих рішень [11]. Застосування об'єктно-орієнтованих методів дозволяє перебороти одну з головних труднощів, що виникають при розробці складних систем – розрив між реальним світом і середовищем, що імітує.

Результати дослідження

Основа розробки об'єктної моделі системи технічного контролю и регулювання діяльності МТ, відповідно до технології ООАП [11] – це аналіз статистики системи, що проводиться шляхом побудови

діаграм варіантів використання та класів. Запропонована діаграма варіантів використання відображає концептуальну модель складної системи, тобто вона описує функціональне призначення системи [11]. На рисунку 3 в якості «суб'єкта управління» виступає ТС МАПТ.



Рис. 3. Основи регулювання діяльності МАПТ

ТС, згідно роботам [7, 10], виконує у процесі свого функціонування наступні загальні функції [13]:

- здійснює технічний контроль за діяльністю МАПТ і тим самим забезпечує безперебійний рух ТЗ (автобусів) за встановленими графіками і маршрутами;
- контролює виконання ТЗ необхідних впливів по ТО і Р, а також – максимальне використання виробничих потужностей ТС;
- контролює витрату палива і мастильних матеріалів;
- здійснює контроль за якістю перевезень і обслуговування пасажирів;
- складає звітні рапорти та іншу документацію по роботі муніципального АТ в цілому і його диспетчерської служби.

Всі перераховані функції ТС є прецедентами. На діаграмі варіантів використання ці прецеденти зв'язані відношенням асоціації. Це означає, що прецедент, який пов'язаний з актором, повинен реалізовувати всі операції, необхідні для даного інтерфейсу.

На діаграмі варіантів використання всі прецеденти зв'язані відношенням асоціації, це означає, що прецедент повинен реалізовувати саме всі операції, що необхідні для функціонування даного інтерфейсу.

Відповідно до аналізу статистики, на МАПТ необхідно розглянути процес технічного контролю за його діяльністю.

Діаграма класів відбиває різні взаємозв'язки між окремими сутностями предметної області, а також описує їхню внутрішню структуру і типи відносин. У системі технічного контролю за діяльністю МАПТ функціонують п'ять класів – «ТЗ», «GPS-трекер», «Web-сервер», «ІТС» та «Оператор ПАТ». ТЗ здійснює перевезення пасажирів згідно заданого маршруту та графіку. Контроль за ТЗ здійснює диспетчер ПАТ.

GPS-трекер отримує сигнали від супутників системи GPS, визначає географічні координати знаходження ТЗ і фіксує час отримання сигналу. GPS-трекер через задані проміжки часу за допомогою GSM передає отриману інформацію у вигляді пакетів даних на сервер системи GPS моніторингу. Саме таким чином він здійснює збір, формування та передачу даних про діяльність ТЗ на маршруті.

Web-сервер системи GPS моніторингу призначено для прийому інформації (від телематичних пристроїв), її сортування, попередньої обробки, зберігання та відправки цієї телематичної інформації диспетчеру ПАТ через веб-інтерфейс або у вигляді електронних звітів.

Оператор ПАТ на основі даних, отриманих з web-серверу, здійснює аналіз діяльності МАПТ, а саме визначає наявність порушень правил експлуатації ТЗ (відхилення ТЗ від маршруту або графіка). Також диспетчер ПАТ стежить за виконанням графіків ТО і Р, причинами простоїв в ТС, наявністю працівників і режимом їх роботи.

Відповідно до ситуації, більшість ТЗ сьогодні працюють за стратегією очікування ремонтів, або до виникнення відмови і непрогнозованого «попадання» в ТС. В результаті, роботи ТО таким ТЗ проводяться після ремонту. ТО становляться роботами супутніми ремонту, що негативно впливає на безпеку МТ і забезпечує ймовірність безвідмовної роботи ТЗ на рівні 37 % [7]. Але відповідно до своїх функціональних зобов'язань ТС зобов'язана планувати графіки робіт по ТО і Р, контролювати використання своїх виробничих потужностей, а також безпосередньо здійснювати впливи ТО і Р.

Графічно діаграма класів реальної моделі представлена на рисунку 7.

Клас «ТЗ» пов'язаний із класами «Оператор ПАТ» та «ТС» відношенням асоціації, тобто класи є рівноправними. Клас «ТЗ» пов'язаний із класом «GPS-трекер» відношенням композиції, це означає, що на ТЗ встановлено GPS-трекер. Класи «Web-сервер» та «GPS-трекер» зв'язані між собою відношенням залежності, тобто деяка зміна одного з елемента моделі вимагає зміни іншого залежного від нього елемента моделі. Класи «Оператор ПАТ» та «Web-сервер» та також пов'язані між собою відношенням залежності.

З метою удосконалення системи технічного контролю за діяльністю МТ була створена віртуальна модель діаграми класів. У віртуальній моделі був вилучено клас «Оператор ПАТ», оскільки він не має можливості у повному обсязі виконувати задачі, що ставляться перед ним. Натомість було додано класи «Диспетчер ТС» та ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» [13].

«Оператор ТС» здійснює функції, які було покладено на клас «Оператор ПАТ», а також має змогу проводити оперативний технічний контроль і регулювання діяльності МАПТ за допомогою класу «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» [13]. Клас «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» суттєво пришвидшує процес обробки інформації на вході і тим самим спрощує роботу диспетчера ТС, крім того він дає змогу працювати за більш точними і важливими на сьогоднішній день показниками реального часу. Як реальна так і віртуальна моделі діаграми класів наведені на рис. 4.

В свою чергу рівень «Технічна служба» і «Транспортний засіб» пов'язані об'єднанням рівноправних зв'язків. Рівень «Технічна служба» пов'язаний із рівнями «Технічна служба» та «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»», відношенням відповідними зв'язками. Рівень «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» пов'язаний із рівнем «Технічна служба» відношенням композиції, а з класом «Web-сервер» відношенням залежності. «Технічна служба» пов'язана з «Web-сервер» відношенням залежності.

Логічним продовженням статичного аналізу системи є динамічний аналіз системи. Аналіз динаміки системи доцільно провести, використовуючи діаграми послідовності, станів об'єкта та системи, діяльності.

На структурній схемі послідовності зображуються винятково ті об'єкти, які безпосередньо беруть участь у взаємодії. Такими є: «Оператор МАПТ» – він же ініціатор взаємодії, що зображується крайнім ліворуч, «Web-сервер», «ТЗ», «Технічна служба». Всі об'єкти на схемі певні рівні, що обумовлені їхнім ступенем взаємодії, які реалізуються за допомогою повідомлень, які посилаються одними об'єктами іншим. Кожне таке повідомлення прямує відповідно від об'єкта, який ініціює й відправляє повідомлення, до об'єкта, що його одержує.

Дії, що виконуються в системі технічного контролю за діяльністю МАПТ (реальна модель) [13-16]:

- 1 – оператор МАПТ запитує у web-сервера інформацію (техніко-експлуатаційні параметри ТЗ);
- 2 – «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» надає інформацію диспетчеру ТС, яка стає доступною через веб-інтерфейс або у вигляді звітів формату MS Excel;
- 3 – оператор МАПТ аналізує дані, отримані з сервера, і приймає управлінське рішення щодо діяльності ТЗ;
- 4 – оператор МАПТ дає управлінські команди щодо плану, маршруту, графіка руху водієві або власнику ТЗ;
- 5 – ТЗ звертається в ТС для здійснення планового впливу з ТО і Р.

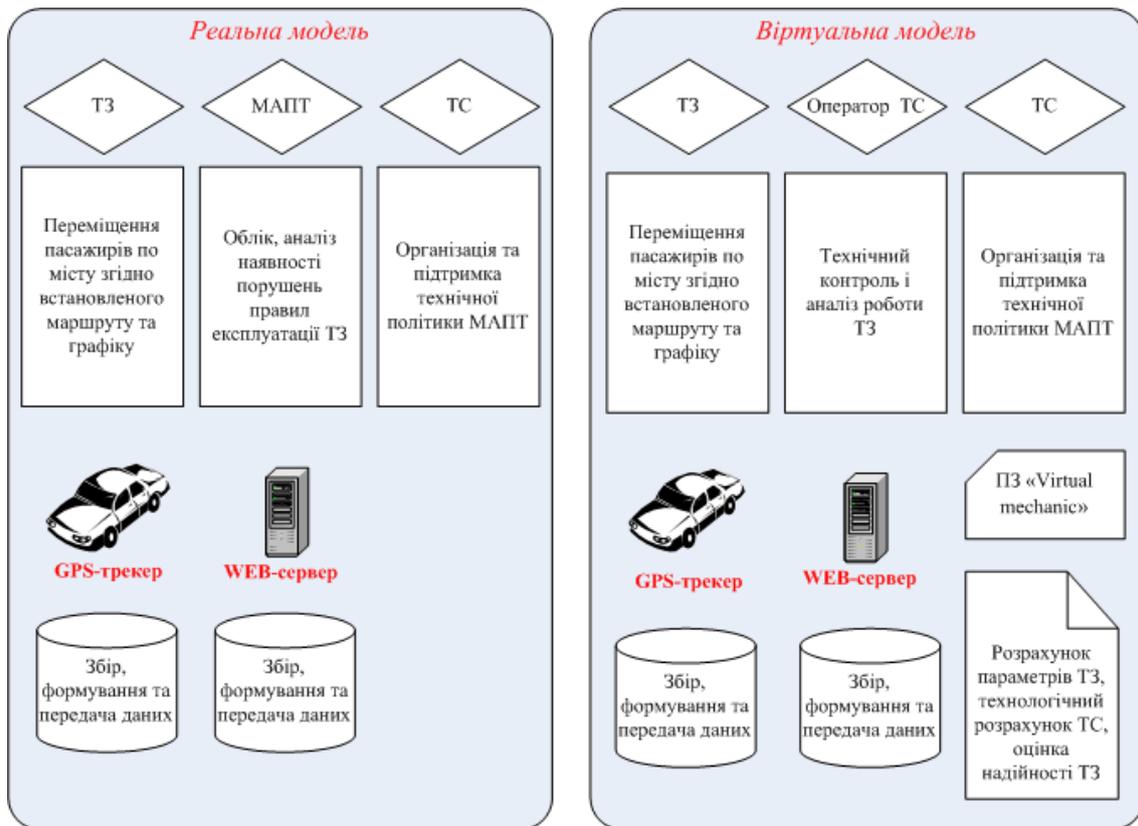


Рис. 4. Реальна і віртуальна моделі діяльності МАПТ

Структурна віртуальна модель діяльності МАПТ представлена на рисунку 5. Дії, що виконуються в системі ТО і Р в МАПТ представлені наступним чином [3]:

- 1 – оператор запитує у web-сервера необхідну інформацію (техніко-експлуатаційні параметри ТЗ);
- 2 – web-сервер системи GPS моніторингу надає інформацію оператору ТС, яка стає доступною у вигляді електронних логів;
- 3 – оператор ТС звертається до «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» для обробки отриманих даних;
- 4 – «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» аналізує отримані логи, а також робить наступні дії: проводить оцінку параметрів стану ТЗ МАПТ, а саме – розраховує пробіг ТЗ до ТО і Р, трудомісткість впливів ТО і Р; визначає ймовірності перебування ТЗ у роботі і в ТО і Р, тобто проводить розрахунок інтенсивності саме вхідних заявок на ТО і Р; здійснює також розрахунок (технологічний) роботи ТС, визначаючи її пропускну здатність;
- 5 – «ПЗ «Virtual mechanic «HADI - 12»» надає оператору результати проведених розрахунків;
- 6 – проаналізувавши отриману інформацію з сервера і ПЗ, оператор приймає управлінське рішення щодо діяльності ТЗ і ТС;
- 7 – оператор дає управлінські команди ТЗ щодо плану його роботи з перевезення пасажирів;
- 8 – оператор дає управлінські команди ТС щодо здійснення впливів по ТО і Р на ТЗ;
- 9 – ТС впливає на ТЗ згідно з командами оператора.

Висновки

Виконано аналіз сучасного стану технічної експлуатації автомобілів і запропоновано методологічні основи її розвитку з використанням інноваційних технологій. Для математичного моделювання системи контролю і регулювання діяльності міського автомобільного пасажирського транспорту застосовано об'єктно-орієнтований підхід, що надало можливість описати сукупність об'єктів, які представляють систему і виявити залежності між цими об'єктами. Для візуалізації результатів об'єктного аналізу використана уніфікована мова моделювання UML [14]. застосована ТМО та, відповідно, нормативно - імовірнісна методика технологічного розрахунку системи ТО і Р. Модель системи контролю технічного стану рухомого складу міського автомобільного пасажирського транспорту дозволяє одержати мінімальні трудовитрати технічної служби підприємства автомобільного транспорту щодо забезпечення гарантованого часу простою автомобілів в ТО і Р і визначити їх оптимальні значення, а також мінімальні витрати для реалізації оптимальної продуктивності технічної служби.

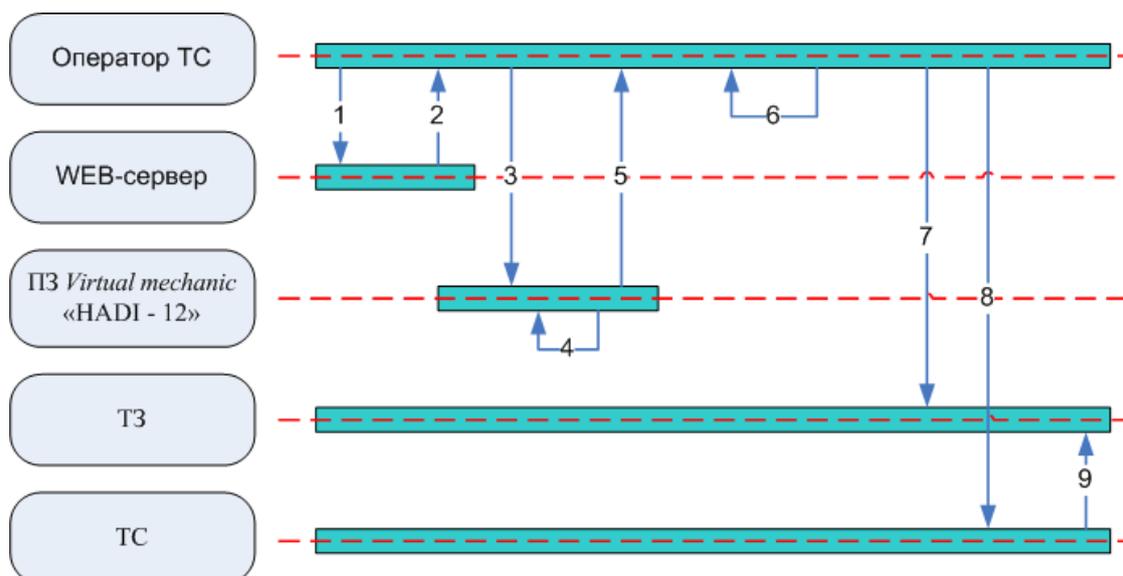


Рис. 5. Структурна віртуальна модель діяльності МАПТ

Запропонована модель віртуального механіка відділу технічного контролю підприємства автомобільного транспорту на основі телематичної системи процесу експлуатації рухомого складу міського автомобільного пасажирського транспорту. На основі моделі віртуального механіка відділу технічного контролю реалізована можливість візуалізації роботи системи технічного контролю та регулювання діяльності міського автомобільного пасажирського транспорту в режимі реального часу за допомогою формування доступного інформаційного комплексу транспортної системи міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Вольська О.М., Храпкіна В.В., Гришук І.В. і ін. (2020). Сучасні тенденції розвитку автотранспортної галузі України. ОЛДІ-ПЛЮС. 144 с.
- [2] Онищук В.П., Кузнецов М., Козачук І.С. (2016). Інтелектуальні телематичні транспортні системи. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. Науковий журнал. Луцьк: Луцький НТУ. №2(6). С. 110–114.
- [3] Волков В.П., Гришук І.В., Мармут І.А. і ін. (2019). Інтелектуальні системи контролю технічного стану транспортних засобів: підручник (Електронне видання на CD-ROM) Харків: ХНАДУ. 264 с.
- [4] Мигаль В.Д. (2018). Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : монографія. Харків: Майдан. 262 с.
- [5] Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. К.: Міністерство транспорту України, Отримано з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98/card4>.
- [6] Правила експлуатації колісних транспортних засобів. Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 № 550. Отримано з <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1453>.
- [7] Лудченко О.А., Лудченко Я.О. (2014). Технічна експлуатація автомобілів. Організація, планування і управління: підручник. Київ: Логос. 462 с.
- [8] Волков В.П., Комов Е.А. (2011). Сучасний підхід до контролю технічного стану рухомого складу в підприємствах автомобільного транспорту. *Вісник ЖДТУ*. № 2 (53). С. 26-30.
- [9] Волков В.П., Гришук І.В., Мармут І.А. і ін. (2019). Інтелектуальні системи контролю технічного стану транспортних засобів: підручник. Харків: ХНАДУ. 264 с.
- [10] Волков В.П., Комов Е.О. (2011). Організаційно-технічні основи забезпечення ефективності пасажирського транспорту в сучасних містах України. *Автомобільний транспорт*. № 29. С. 231-234.
- [11] Бублик В.В. (2015). Основи об'єктно-орієнтованого програмування: підручник. К. : ІТ-книга. 624 с.
- [12] Волков В.П., Гришук І.В., Гришук Ю.В. і ін. (2019). Загальний підхід до формування моделей оцінювання технічного стану автомобіля в умовах експлуатації. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця: ВНТУ. №1(9), С. 27–37
- [13] В.П. Волков, О.Б. Комов, П.Б. Комов, і ін. (2013). Технічний регламент програмного продукту «Віртуальний механік «HADI – 12»» при звичайній роботі. (Твір науково-практичного характеру). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 47233 від 15.01.2013. 3 с.
- [14] Frid, Nikolina & Jovic, Alan. (2025). Modeliranje programske potpore UML dijagramima. DOI: 10.20532/uml.fj.2025.1.
- [15] Information Systems for Vehicles Technical Condition Monitoring / Volodymyr Volkov, Igor Gritsuk, Igor Taran, Tetiana Volkova, Volodymyr Kuzhel, Andriy Semenov & Oleksandr Voznyak // Technical University of Catalonia, Barcelona, Spain: Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, Published 2024, Volume 195, Pages 61-96. ISSN 2367-4512, E-ISSN 2367-4520. Режим доступу: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-54012-7>. Collective monograph indexed in Scopus
- [16] Volkov, V., Volkova, T., Kuzhel, V., Kurytsya, I., Vishtak, I. (2025). Intelligent Manufacturing Systems for Controlling the Technical Condition of Vehicles in the Life Cycle. In: Ivanov, V., Silva, F.J.G., Trojanowska, J., Pinto, A.M.G. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VIII*. DSMIE 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-95211-1_21

Волков Володимир Петрович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говоруценка М.Я., <https://orcid.org/0000-0003-2202-3441>, e-mail: volf-949@ukr.net

Кривошапов Сергій Іванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говорущенка М.Я., <https://orcid.org/0000-0003-4605-6790>, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

Волкова Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, <https://orcid.org/0000-0001-8546-4119>, e-mail: wolf949@ukr.net

Верхломчук Віталій Валерійович – аспірант кафедри інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. Говорущенка М.Я., <https://orcid.org/0009-0003-7725-5271>, e-mail: verhломchuk14@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Кужель Володимир Петрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, <https://orcid.org/0000-0001-5646-0274>, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

V. Volkov¹
S. Kryvoshepov¹
T. Volkova¹
V. Kuzhel²
V. Verkhломchuk¹

Improvement of control technology and management of the technical condition of municipal transport vehicles in the conditions of intellectual transport systems

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²Vinnitsia National Technical University

The purpose of the study is to improve the basics of the functioning of the automated system for monitoring and managing the technical condition of urban passenger road transport (UPRT) in the context of the formation of intelligent transport systems (ITS). One of the main global directions for improving the system of technical monitoring and management of UPRT is the use of intelligent transport systems (ITS) - systems where control, monitoring and communication means are integrated into the automobile transport (AT) and transport infrastructure facilities, and decision-making is based on information received in real time from various sources. Analysis of the existing model of vehicles technical operation in Ukraine showed that the existing model of monitoring and managing the technical condition of vehicles is formed on the basis of a simplified system of operation of the transport infrastructure and it no longer meets the current requirements. The virtual ATE "KhNADU - TESA" has been developed, designed to solve the production tasks of UPRT. The solution optimizes the operation of the rolling stock (RS) fleet and provides comprehensive monitoring and management for the life cycle of RS during its operational stage. A model of a virtual mechanic of the technical control department of the technical service is proposed based on the telepathic system of the municipal transport operation process; based on the model of a virtual mechanic of the technical control department, the possibility of visualizing the operation of the technical control system and management of municipal transport activities in real time is implemented by forming an accessible information complex of the city's transport system. For this purpose, the methodology of an object-oriented approach to support in the conditions of ITS formation is used. The proposed methodology for modeling the technical control and management system contains the following blocks: correction of initial information; calculation of operating efficiency parameters; optimization of the parameters of the technical service of the automobile transport enterprise (ATE).

Keywords: vehicle, urban passenger transport, rolling stock, technical control, technical operation of vehicles, maintenance and repair system, strategy and tactics, technical service, intelligent information systems, object-oriented approach, mathematical model.

Volkov Volodymyr – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Automotive Transport Systems Engineering named after M.Ya. Govorushchenko, <https://orcid.org/0000-0003-2202-3441>, e-mail: volf-949@ukr.net

Serhii Kryvoshepov – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automotive Transport Systems Engineering named after M.Ya. Govorushchenko, <https://orcid.org/0000-0003-4605-6790>, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

Volkova Tetiana – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Transport Technologies, <https://orcid.org/0000-0001-8546-4119>, e-mail: wolf949@ukr.net

Kuzhel Volodymyr – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Automobiles and Transport Management, <https://orcid.org/0000-0001-5646-0274>, e-mail: kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua

Verkhломchuk Vitaliy – Ph. D. Student of Department of Automotive Transport Systems Engineering named after M.Ya. Govorushchenko, <https://orcid.org/0009-0003-7725-5271>, e-mail: verhломchuk14@gmail.com