

Волков В. П.¹, Онищук В.П.², Волкова Т.В.¹, Левчук М.А.¹
¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет
²Луцький національний технічний університет

ІНТЕГРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО – ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ В ВІРТУАЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті висвітлено розроблення та інтеграцію інформаційно-програмного комплексу «IdenMonDiaOperCon HNADU-16» у структуру віртуального автотранспортного підприємства, призначеного для дистанційного моніторингу, діагностування й прогнозування технічного стану транспортних засобів малого автопарку. Комплекс поєднує дані OBD-II, GPS-трекінгу та дорожньої обстановки, що надходять від мобільних модулів CarLife і Torque, у реляційній базі даних, структурованій за семантичним ключем «час надходження інформації». Морфологічний аналіз використано для синтезу архітектури системи, яка охоплює сім груп і шістьдесят інформаційних елементів; це забезпечує адаптивність комплексу до різних умов експлуатації. Під час польових випробувань на 200-кілометровому маршруті отримано криві витрати палива та середньої швидкості, що дали змогу визначити енергоефективні режими руху. Запропонований комплекс зменшує витрати палива на 8–10 %, скорочує час виявлення критичних відмов силового агрегату і дає можливість планувати технічне обслуговування за фактичним станом, що особливо важливо для приватних перевізників із парком 1–5 автомобілів. Наукова новизна роботи полягає в поєднанні віртуальної організаційної структури з мультиджерельними алгоритмами моніторингу, зосередженими на часовій компоненті, що забезпечує узгоджене злиття даних у реальному часі. Практичні результати можуть бути використані при створенні систем керування малих автопідприємств і впровадженні концепції інтелектуальних транспортних систем у міську логістику.

Ключові слова: інтелектуальні транспортні системи, моніторинг, діагностика, телематика, база даних, OBD-II, віртуальне підприємство.

ВСТУП

Останнє десятиліття характеризується стрімкою цифровою трансформацією автотранспортної галузі: на зміну фрагментарним системам контролю технічного стану транспортних засобів (ТЗ) приходять комплексні рішення, що базуються на концепції інтелектуальних транспортних систем (ITS). Світові дослідження підтверджують, що поєднання телематики, бортової діагностики та хмарних сервісів дає змогу скоротити експлуатаційні витрати автопідприємств на 10–15 % і підвищити рівень безпеки перевезень. Проте більшість українських перевізників – це малі підприємства з парком 1–5 автомобілів, для яких високовартісні комерційні платформи залишаються недосяжними. Відсутність адаптивних інструментів моніторингу спричиняє несвоєчасне виявлення відмов силового агрегата, перевитрати палива та неможливість планувати технічне обслуговування за фактичним станом.

Актуальність проблеми посилюється вимогами до енергоефективності й екологічної безпеки транспорту, що закріплені у низці міжнародних директив та вітчизняних нормативів. Для малих автопідприємств критичними стають два взаємопов'язані чинники: підвищення вартості енергоносіїв і зростаюча конкуренція на ринку логістичних послуг. Сучасні наукові праці пропонують низку алгоритмічних та апаратних рішень для великих автопарків, однак питання масштабованості та гнучкого налаштування під потреби невеликих перевізників залишаються слабо дослідженими. Наявний розрив між науковими розробками й практичними потребами малого бізнесу зумовлює необхідність створення інформаційно-програмних комплексів (ІПК), які б інтегрували дані різних джерел (OBD-II, GPS, дорожня ситуація) та надавали користувачам інструменти для прийняття оперативних рішень.

Саме цим вимогам відповідає запропонований у роботі ІПК «IdenMonDiaOperCon HNADU-16», що реалізує принцип мультиджерельного моніторингу у віртуальному середовищі автотранспортного підприємства. Комплекс орієнтований на потреби малих перевізників, забезпечує віддалений збір і оброблення телематичних даних у режимі реального часу та підтримує функції діагностування, прогнозування і візуалізації параметрів технічного стану ТЗ. З огляду на вищезазначене, розробка та апробація такого комплексу становить значний науковий і практичний інтерес, адже сприяє підвищенню ефективності управління ресурсами невеликих автопарків і може стати фундаментом для подальшого розвитку ITS в Україні.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На підставі результатів аналізу сучасного стану автомобільного транспорту (АТ) і її підсистеми – технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) виявлено, що основна частина автомобілів в Україні

зосереджена в невеликих за розміром і кількістю підприємствах. Так за даними Головної держінспекції на АТ [1], частка перевізників, що мають в експлуатації тільки один транспортний засіб (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 підприємств автомобільного транспорту (ПАТ) державної власності, придбання транспортних засобів (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

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.

У зв'язку з застосуванням на автомобілях вбудованої бортової системи діагностування, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних інформаційних технологій з'явилася можливість здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану автомобіля, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання по виявленню та прогнозуванню технічного стану автомобіля. Це в свою чергу дозволяє перейти до адаптивної системи ТО і Р автомобілів, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей [3], що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від рухомого складу (РС), її обробку і вироблення коригувальних впливів.

Інформатизація виробничих, економічних і соціальних процесів в останні десятиліття розвивається надзвичайно високими темпами, що. Не залишився осторонь від неї і транспортно-дорожній комплекс, де одним з основних напрямів інформатизації стало створення і впровадження телематичних та інтелектуальних транспортних систем (ITS) [4]

Інтелектуальна транспортна система це телематична транспортна система, що забезпечує реалізацію функцій високої складності з обробки інформації та вироблення оптимальних (раціональних) рішень і керуючих впливів.

Склад і рівень технічного і програмного забезпечення інтелектуальних транспортних систем моніторингу суттєво залежить як від об'єктів моніторингу, так і від задач, що вирішуються за допомогою систем моніторингу (рис.1) [5]. До об'єктів моніторингу на транспорті, зокрема, автомобільному, можна віднести окремі ТЗ, підприємства автомобільного транспорту (ПАТ) і транспортні потоки. В залежності від виконуваних задач, серед інтелектуальних систем моніторингу транспорту, в першу чергу, можливо виділити системи моніторингу технічних показників ТЗ і транспортних потоків, таких як швидкість руху, режим руху, технічний стан ТЗ, склад транспортного потоку, тощо.

З метою забезпечення оперативності надходження вхідних даних в інформаційно-аналітичну систему, застосовують бортові інформаційно-діагностичні комплекси на ТЗ і засоби телематики, що забезпечують надходження даних в режимі реального часу на спеціально створений сервер бази даних. Застосування геоінформаційної системи забезпечує візуалізацію результатів оцінки рівня інгредієнтного і параметричного забруднення придорожного середовища конкретної автомагістралі. Інформація про параметри навколишнього середовища може бути отримана за допомогою відповідних систем контролю метеорологічних умов.

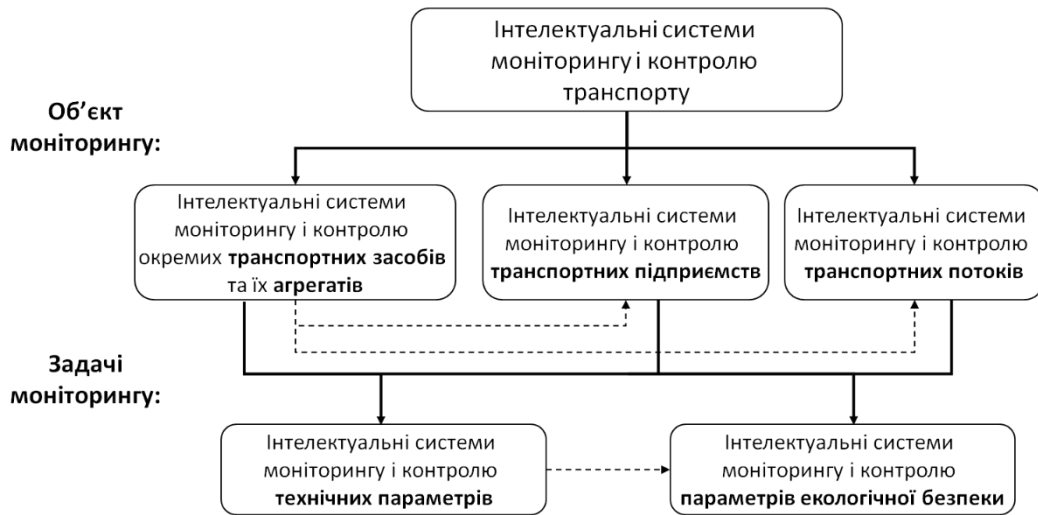


Рисунок 1 – Ієрархія використання інтелектуальних систем на транспорті

Інформація про параметри автомобільної дороги, зокрема стан дорожнього покриття, з відповідною корекцією за погодними умовами, складає відповідну базу даних автомобільних доріг. Отримані дані від окремих ТЗ разом з інформацією про параметри транспортного потоку, дороги та навколишнього середовища складають вхідні параметри, на основі яких відбувається моделювання показників окремих ТЗ, що складають транспортний потік, зокрема, витрати палива та викидів забруднюючих речовин, вмісту основних шкідливих речовин відпрацьованих газів ТЗ в повітрі придорожнього середовища та рівня шуму транспортних потоків.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою статті є побудова і інтеграція інформаційно – програмного комплексу в віртуальне підприємство автомобільного транспорту.

Віртуальне підприємство - метод співпраці суб'єктів ринку для реалізації конкретного проекту, за якого взаємодія між віддаленими учасниками здійснюється за допомогою розподіленого інформаційного середовища із застосуванням електронних засобів комутації

Побудоване віртуальне ПАТ «ХНАДУ - ТЕСА» [6] призначене для вирішення виробничих завдань АТЗК по оптимізації роботи парку РС і є комплексним рішенням по моніторингу і управлінню ЖЦ етапу експлуатації РС в невеликих підприємствах автомобільного транспорту. Воно має усі підрозділи, що і типові ПАТ і може забезпечувати безперервний моніторинг (контроль) параметрів РС при невеликих експлуатаційних витратах за рахунок використання сучасних технологій мобільного бездротового зв'язку і професійного навігаційно-зв'язного обладнання. Впровадження такої технології – дозволяє опанувати новий рівень управління парком АТЗК.

У зв'язку з застосуванням на автомобілях вбудованої бортової системи діагностування, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних технологій з'явилася можливість здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану автомобіля, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання по виявленню та прогнозуванню технічного стану автомобіля. Це в свою чергу дозволяє перейти до адаптивної системи ТО і Р автомобілів, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від РС, її обробку і вироблення коригувальних впливів.

Для втілення адаптивної системи ТО і Р автомобілів розроблена інформаційно-комунікаційна модель системи дистанційного моніторингу автомобіля в умовах експлуатації на основі загального підходу до дослідження системи «Автомобіль - водій - умови експлуатації – інфраструктура експлуатації автомобіля (транспортна і автомобільних доріг)», яка включає системну взаємодію складових компонентів моніторингу: автомобіля (ТЗ) з водієм і бортовим інформаційним комплексом (БІНК); умов експлуатації транспортного засобу (дорожні, транспортні, атмосферне-кліматичні умови і культура праці); транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг. Для проведення синтезу і аналізу, формування можливих варіантів схем інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації було використано морфологічний аналіз

досліджуємої системи. Це дозволяє формувати можливі варіанти інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах експлуатації у вигляді залежності (схем) [7].

Для вирішення поставлених завдань створена структурована інформаційна модель інформаційного програмного комплексу (ІПК) «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» [8], яка фактично забезпечує роботу інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану автомобіля в умовах експлуатації. Розроблені моделі бази даних інформаційно-комунікаційної системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ у вигляді множини компонентів і складових системи інформації, технічних параметрів стану двигуна ТЗ, технічних параметрів стану безпосередньо ТЗ і параметрів умов експлуатації ТЗ, які фактично описують її в межах поставленого завдання дослідження. Виконаний аналіз інформаційних структурних елементів моделі системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ дозволив визначити множину інформаційних елементів системи моніторингу у складі 60 елементів, множину елементів групи у складі 7 елементів, існуючий загальний інформаційний елемент для всіх 7 інформаційних груп - «Час збирання інформації», який є ключовим з причини семантичної залежності одержуваних даних моніторингу параметрів технічного стану ТЗ від часу збирання інформації. Отриманої в результаті проведеного аналізу інформації достатньо для створення системи управління бази даних моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації реляційного типу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За допомогою розроблених алгоритмів і сформованої ІСМ, за допомогою транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг проводилось дослідження процесів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ і умов експлуатації (УЕ). Основною метою дослідження було забезпечення роботоздатності сформованої інформаційної системи і забезпечення взаємодії з транспортною інфраструктурою і інфраструктурою автомобільних доріг. За допомогою дистанційного моніторингу параметрів технічного стану ТЗ виконувалось зчитування значень штатних датчиків і робочої інформації системи керування (контроллера) ТЗ [9], а, крім цього, виконувались, функціонально поєднані вимірювальні, обчислювальні і допоміжні операції, які призначені для отримання, перетворення і обробки вимірюваної інформації з метою надання їй функцій контролю та ідентифікації параметрів технічного стану ТЗ [9]. Перелік одержаних сигналів від датчиків і систем двигуна проходив алгоритмічну обробку для формування масивів повідомлень. Після отримання інформації з усіх датчиків масив даних з бортового інформаційного комплексу (БІНК) передавався на сервер за допомогою навігаційних супутникових технологій, а потім інформація надходила до центру моніторингу лабораторії, оснащеної комп'ютером з встановленим стандартним Інтернет браузером, який і виводив отримані дані на екран монітора.

Обмін інформацією в системі моніторингу здійснювався через мережі зв'язку, що дозволяє передавати як цифрові і відео -, так і голосові дані. У пам'ять БІНК закладаються вихідні параметри ТЗ та дані для роботи ІПК у складі БЧ ІТС ТЗ а для зручності оперативного управління здійснюється двосторонній зв'язок СЧ ІТС з робочим місцем моніторингу ТЗ і іншими учасниками процесу моніторингу [10].

При запуску програмного забезпечення першим з'являлось стартове вікно «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» => «*Ідентифікація ТЗ*» (рис. 2). Вікно, крім стандартних елементів додатків для операційної системи Windows, містить в робочій області інформацію про експлуатацію ТЗ, в яку включено: номер державної реєстрації ТЗ і VIN-код ТЗ.

Крім цього в стартовому вікні введено користувацьке вікно умов експлуатації ТЗ, що дозволяє підключати джерела інформації шляхом вибору: «*Умови експлуатації ТЗ*» => «*Підключення джерел інформації*». В процесі підключення умов експлуатації користувач має можливість підключати і визначати: параметри стану і положення ТЗ, умов експлуатації, атмосферно-кліматичні умови, дорожні умови, ідентифікацію ТЗ. Спочатку одноразово вводиться вся запитувана інформація про ТЗ, який пройшов реєстрацію в програмному забезпеченні «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» на сервері через мережу Інтернет, або за допомогою існуючої інформації у базі даних через мережу Інтернет за допомогою користувацьких програм, а саме:

- номер державної реєстрації ТЗ];
- VIN-код ТЗ.

Підключення джерел інформації для визначення умов експлуатації ТЗ відбувалось шляхом підключення через додаткові кнопки: параметри стану і положення ТЗ, транспортних умов експлуатації, атмосферно-кліматичні умови, дорожні умови, ідентифікацію ТЗ. В цьому випадку ІПК дає можливість інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з

урахуванням умов експлуатації через використання (отримання) наявних джерел інформації в частині координат ТЗ на місцевості в реальному часі, моделі автомобільної дороги, моделі об'єктів інфраструктури доріг, територіальних природних і техногенних систем, отримання результатів трекінгу ТЗ. Для більш зручної візуалізації результатів аналізу в систему додавались фрагменти зображень досліджуваних ділянок автомобільних шляхів. Джерела інформації для інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» з урахуванням умов експлуатації представлені в [10].

Рисунок 2 – Стартове вікно програмного забезпечення

При формуванні можливих варіантів інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах експлуатації кожна з можливих схем отримання інформації, в залежності від підключених умов експлуатації (рис. 2), розглядалась як ефективний спосіб забезпечення її дієвості для ТЗ [10] які на сьогодні складають основу існуючого парку легкових, вантажних ТЗ і автобусів України.

Після відкриття робочої області і реєстрації ТЗ (пошуку вже зареєстрованого ТЗ) відкривалось робоче вікно «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» => «Ідентифікація ТЗ» => Інформація вихідна в умовах ITS з розширеною робочою областю, яке представлено на рисунку 3.

Після одноразового введення всієї запитуваної інформації про ТЗ, який пройшов реєстрацію в програмному забезпеченні «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» на сервері через мережу Інтернет, а саме:

- ✓ марка ТЗ (марка транспортного засобу (наприклад, KIA CEE'D), вводиться користувачем самостійно);
- ✓ група ТЗ (легкові автомобілі; автобуси масою 2,5-5,0 т; автобуси масою > 5 т (дизелі); вантажні автомобілі масою < 3,5 т; вантажні автомобілі масою 3,5-12,0 т; вантажні автомобілі масою > 12 т (дизелі));
- ✓ модифікація ТЗ (базовий автомобіль, сідельний тягач, з одним причепом, з двома причепами, самоскид з 1 причепом, самоскид з 2 причепами, спеціалізований);
- ✓ рік випуску ТЗ. Рядок складається з цифр і обирається користувачем.

Якщо інформація потребує редагування – натискалась кнопка «Редагувати». Після перевірки інформації натискалась кнопка «Так» (рис. 3). Подальше заповнення форми відбувалось на наступному кроці в рисунку 4.

IdenMonDiaOperCon "HNADU-16"
Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ)
Інформація вихідна в умовах ITS

Номер державної реєстрації
 або
 VIN-код ТЗ

Марка ТЗ
 Група ТЗ Тип ТЗ

Модифікація ТЗ
 Рік випуску

Підтвердити дані

Кнопка «Так»

Кнопка «Редагувати»

Робоче вікно з розширеною робочою областю Інформації про ТЗ

Рисунок 3 – Робоче вікно з розширеною робочою областю Інформації про ТЗ

Після відкриття робочої області і реєстрації ТЗ відкривалось робоче вікно з розширеною робочою областю «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» => «*Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ)*» => *База даних обробки GPS-даних*, яке представлено на рисунку 4. При цьому одноразово вводиться вся запитувана інформація про ТЗ, який пройшов реєстрацію в програмному забезпеченні «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» на сервері через мережу Інтернет, а саме:

- ✓ номер двигуна ТЗ (номер двигуна транспортного засобу вводиться користувачем самостійно або через мережу Інтернет за допомогою відповідних сайтів);
- ✓ тип палива двигуна (бензин, газ, дизель, тощо);
- ✓ екологічний клас двигуна ТЗ (Євро - 1, Євро - 2, Євро - 3, Євро - 4, Євро - 5, Євро - 6);
- ✓ об'єм двигуна ТЗ. Рядок складається з цифр і вводиться користувачем самостійно;
- ✓ витрата палива двигуном ТЗ. Рядок складається з цифр, які отримані з паспортних даних двигуна ТЗ і вводиться користувачем самостійно.

Інформація про параметри ТЗ зберігалась у відповідній таблиці бази даних (робочій папці) для ТЗ за його номером державної реєстрації (рис. 4).

Для забезпечення необхідності проведення і отримання накопиченої інформації, підключення програмного модуля *Carlif* [7], а також з використанням програмного модуля *Torque* [10] і ППК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» виведення на екран і (або) друк отриманої інформації з програмних модулів, *Carlif* і *Torque* та ППК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» необхідно поставити перемикач у відповідне положення - увімкнувши накопичення інформації (рис. 4). Для забезпечення необхідності проведення оцінки отриманої інформації і прогнозування технічних параметрів ТЗ ставили перемикач у відповідне положення – увімкнути останній моніторинг.

Робоче вікно з розширеною робочою областю

IdenMonDiaOperCon "HNADU-16"
Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ)
База даних обробки GPS-даних

Номер державної реєстрації: АН3128СМ
 або
 VIN-код ТЗ: Y6LF243228L001507
 Марка ТЗ: KIA CEE'D
 Група ТЗ: легковий
 Модифікація ТЗ: базовий
 Рік випуску: 2007

ДВЗ: -
 Тип палива: бензин
 Екологічний клас: ЕВРО-4
 Об'єм двигуна: 1975
 Витрати палива: 5,9/9,2/7,1

Підтвердити дані:

Увімкнути накопичення інформації
 Увімкнути останній моніторинг

1. Підключення Carlife (1)
 2. Підключення Torque та ІПК (2)
 Виведення на екран: 1 2
 Виведення на друк: 1 2

Перемикач для вибору подальших дій (вказує на чекбокси)
Кнопка «Далі» (вказує на кнопку «Далі >»)

Рисунок 4 - Робоче вікно ІПК з розширеною робочою областю

Для забезпечення ідентифікації ТЗ вмикали перемикач підключення програмного модуля *Carlife*, а також програмний модуль *Torque* і ІПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» (рис. 4). При цьому, одночасно, для забезпечення реєстрації положення ТЗ на мапі в часі вмикали перемикач Положення ТЗ (рис. 4). Після цього ставали доступними вікна (Показати *Torque*, Показати *GPS-Trace Orange 1*, Показати *GPS-Trace Orange 2*, Показати *M2M Lab* або *ХНАДУ - ТЕСА*) з інформацією про положення і технічні параметри ТЗ (початок (дата і час) і кінець (дата і час) формування відповідного звіту про трекінг і моніторинг ТЗ виконується в кожному додатковому вікні окремо). Виведення на друк, налаштування окремих станів ТЗ, отримання індивідуальної інформації про особливості трекінгу і моніторингу ТЗ в кожному з перелічених вікон відбувалось окремо.

При натисканні кнопки підключення *Carlife* (1) (рис.4) відбувалось підключення до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Carlife* (<http://carlife.in.ua/vin-kod>). *Carlife* - перший всеукраїнський online-сервіс перевірки історії автомобіля за його VIN-кодом. Звіти *Carlife* містять дані про попередніх власників та операціях, пов'язаних з транспортним засобом, а так само про зареєстровані дорожньо-транспортні пригоди. Також, кожен автомобіль перевіряється по базах угону / розшуку. Вибірка інформації ведеться на основі номера кузова (VIN-коду). Особливість сервісу полягає в тому, що виключається людський фактор. Інформація про автомобіль, заснована на аналізі VIN-коду, надходить безпосередньо з серверів різних державних і комерційних організацій, що володіють даними базами. З цієї причини у звітах міститься найточніша і найсвіжіша інформація, адже база оновлюється постійно в режимі реального часу. Докладний звіт про автомобіль генерується від 1 до 15 хвилин. При натисканні кнопки підключення *Torque* і ІПК (2) (рис. 4) відбувається підключення до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Torque* (<http://ian-hawkins.com:8080/>) і ІПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*».

Для здійснення моніторингу поточних параметрів стану ТЗ переходили в робоче вікно на рисунку 5: «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» => *Моніторинг параметрів стану ТЗ* => *Параметри технічного стану і положення ТЗ*. В процесі здійснення моніторингу технічного стану ТЗ в верхній частині робочого вікна (рис. 5) наводились основні технічні характеристики поточного

стану ТЗ, а саме поточне (середнє) значення частоти обертання колінчатого валу двигуна ТЗ (хв^{-1}), тиск моторної оливи в двигуні за наявності необхідного значення, МПа (кольором, а саме червоний – відсутність тиску моторної оливи, зелений – значення тиску відповідає технічним вимогам до двигуна ТЗ), температура охолоджуючої рідини (значення, $^{\circ}\text{C}$), поточна (середня) швидкість ТЗ (значення, км/год).

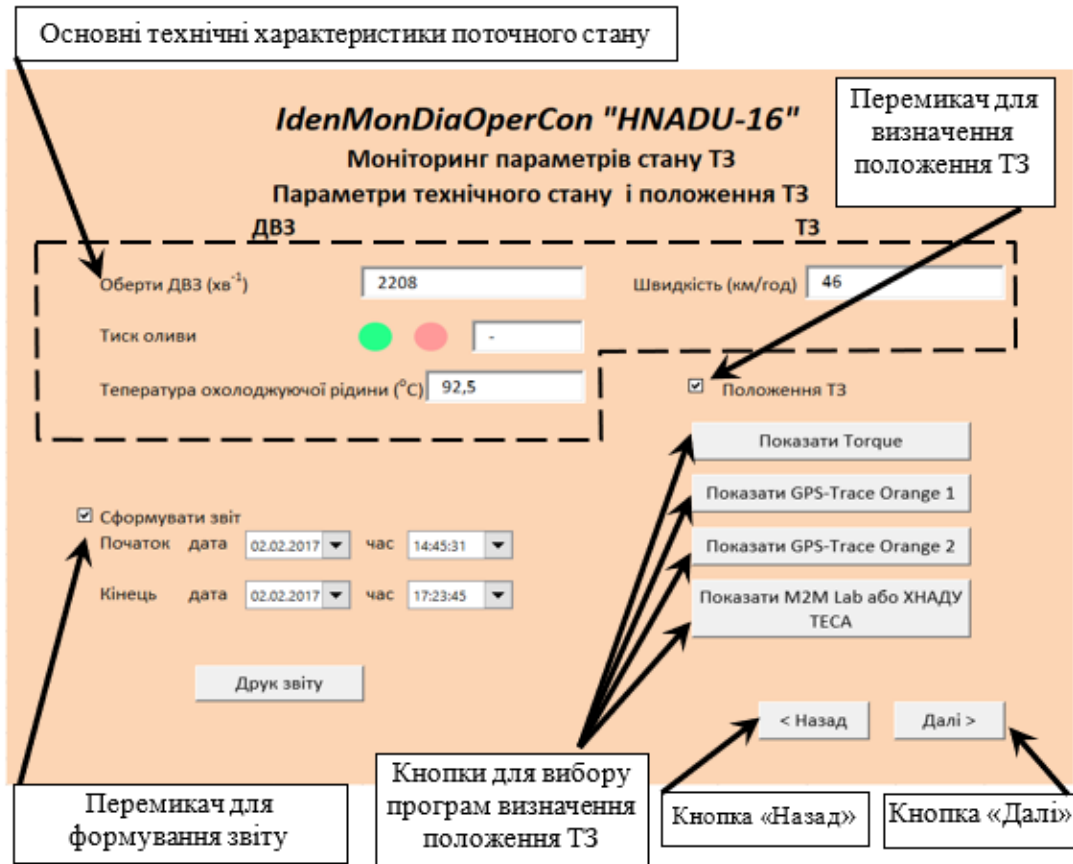


Рисунок 5 – Робоче вікно ПК

Для визначення цифрових значень вказаних вище параметрів ТЗ у відповідний час відповідної дати ставили мітку у відповідному вікні – сформувати звіт. Після цього ставали доступними вікна з інформацією про початок (дата і час) і кінець (дата і час) формування відповідного звіту. Після цього ставало можливим передивитись у вікнах у верхній частині робочого вікна зміну відповідних параметрів за допомогою маніпулятора-миші. При необхідності роздрукувати звіт – натискали кнопку «друк звіту».

Для дослідження і оцінки умов експлуатації в процесах моніторингу параметрів технічного стану ТЗ використовували засоби моніторингу інфраструктури автомобільного транспорту і автомобільних доріг. Для формування звітів про здійснення моніторингу параметрів технічного стану ТЗ переходили в робоче вікно на рисунку 6: «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16» => Моніторинг параметрів стану ТЗ => Параметри технічного стану ТЗ. В процесі формування звітів про здійснення моніторингу технічного стану ТЗ в верхній частині робочого вікна (рис. 6) вибирали дані для визначення інтервалу моніторингу ТЗ, а саме початок часового інтервалу моніторингу (дата і час) і кінець часового моніторингу (дата і час). При цьому, у програмних модулях, що використовували для моніторингу, відбувався пошук відповідних даних для заданого інтервалу часу. У робочому вікні на рисунку 6 можливо побачити результати виконання моніторингу параметрів технічного стану ТЗ.

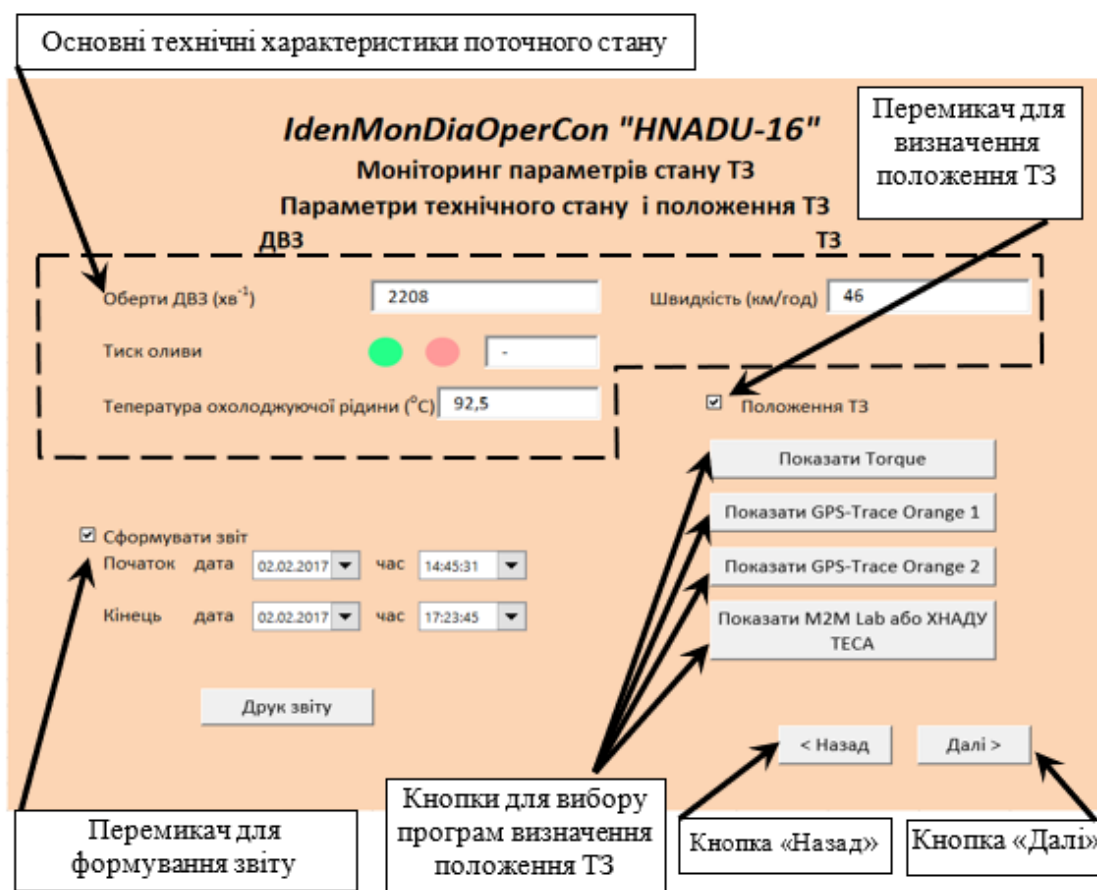


Рисунок 6– Робоче вікно моніторингу ІПК

Для забезпечення необхідності проведення і отримання накопиченої інформації, підключення програмного модуля Carlife [7], а також з використанням програмного модуля Torque [10] і ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» виведення на екран і (або) друк отриманої інформації з програмних модулів, Carlife і Torque та ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» необхідно поставити перемикач у відповідне положення - увімкнувши накопичення інформації (рис. 4). Для забезпечення необхідності проведення оцінки отриманої інформації і прогнозування технічних параметрів ТЗ ставили перемикач у відповідне положення – увімкнути останній моніторинг.

В верхній частині робочого вікна (рис. 6) вказуються відповідні дата і час для задавання меж початку і кінця часового інтервалу моніторингу. При цьому у вікні отримували найменування файлів вихідних даних моніторингу. При натисканні кнопки «Огляд» у відповідному діалоговому вікні (рис. 6) отримується повний перелік знайдених файлів моніторингу ТЗ для заданого часового інтервалу (файли і дані вибираються за допомогою програмного модуля *Torque*). Файли, що отримані за результатами моніторингу, обов'язково повинні бути переконвертовані і підготовлені відповідним чином для подальшого використання. Підготовка файлів моніторингу для подальшого використання здійснювалась згідно передбаченого алгоритму.

Для встановленого раніше часового інтервалу, при використанні програмного модуля *M2M Lab* або системи ХНАДУ - ТЕСА, в нижній частині робочого вікна (рис. 6) отримували наступна інформація про результати проведеного моніторингу: загальна кількість повідомлень, пробіг за часовий період, часова зона клієнта, час і дата проведення генерування інформації моніторингу, загальний пробіг в поїздах, середня швидкість ТЗ, максимальна швидкість ТЗ, загальна кількість поїздок, час простою, разом стоянок, час без сигналу GPS. Для друку всіх результатів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, при використанні програмного модуля *Torque*, використовувалась кнопка «Друк» (рис. 6). Для вибіркового друку результатів моніторингу використовувалась кнопка «Перегляд друку» в робочому вікні. Для огляду результатів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, при використанні програмних модулів *M2M Lab* або ХНАДУ - ТЕСА, використовувалась кнопка «Огляд». Для формування підсумкового звіту про результати моніторингу ТЗ при використанні програмних модулів *Torque*, *M2M Lab* або ХНАДУ - ТЕСА натискали кнопку «Підсумковий звіт». В

цьому випадку у відповідному вікні отримували результати моніторингу параметрів технічного стану ТЗ одночасно для різних, вказаних вище, програмних модулів.

Для збору повідомлень і даних про технічний стан та результати діагностування ТЗ, а також для отримання і розшифрування кодів несправностей за спеціально розробленим алгоритмом переходили в робоче вікно на рисунку 7: «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» => Діагностування параметрів технічного стану ТЗ => Програмні повідомлення про технічний стан і результати діагностики ТЗ. В процесі формування звітів про здійснення моніторингу параметрів і діагностування технічного стану ТЗ отримували програмні повідомлення про технічний стан і результати діагностування ТЗ при використанні програмного модулю *Torque* [7, 10].

Процес діагностування (отримання програмних повідомлень) починався з натискання кнопки «Оновити» (рис. 7).



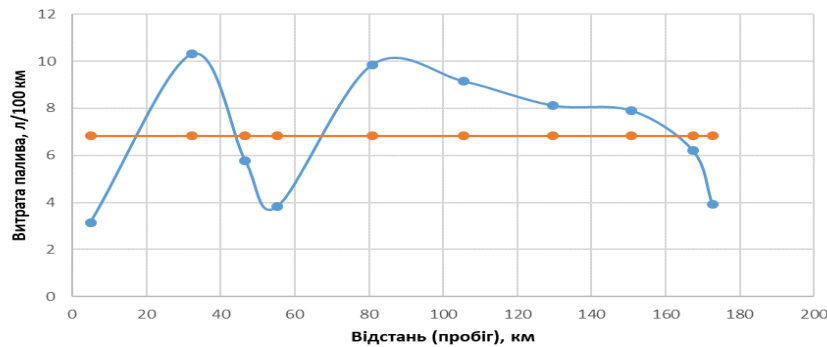
Рисунок 7 – Робоче вікно діагностування ТЗ в ПК

Після здійснення читання (пошуку) кодів похибок в системі діагностування ТЗ на робочому столі в вікні «Наявність помилок і несправностей» висвічувалась кількість кодів похибок (рис. 7). Для перегляду журналу несправностей за відповідний інтервал часу можливо зробити це за допомогою кнопки «Завантажити журнал несправностей». Після натискання кнопки «Отримати коди несправностей» у вікні «Коди несправностей» (рис. 7) отримували знайдені в процесі пошуку коди несправностей ТЗ (у тому випадку, якщо несправності мають місце). Для з'ясування змісту кодів і їх розшифрування існує можливість скористатись базою віртуального підприємства, з яким працює ПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*». Для цього, натискаючи кнопку «Пошук в базі» (рис. 7). В цьому випадку у вікні поряд з вікном «Коди несправностей» з'являється варіант інформації детального розшифрування змісту кодів з бази ПК. Якщо отриманої інформації із бази ПК для встановлення причини виникнення отриманих кодів недостатньо, то після натискання на кнопку «Передати отриману інформацію в РМ ММТЗ» [7], отримана з бази інформація передається на робочий стіл комп'ютера РМ ММТЗ для подальшої обробки. Якщо отриманої інформації недостатньо, через робоче вікно програми поверталися в попередні робочі вікна для відтворення даних моніторингу. Це здійснювалось після натискання кнопки «Переглянути результати моніторингу» (рис. 7). Крім цього, цими вікнами користувались для визначення несправності ТЗ при використанні програмних модулів *M2M Lab* або ХНАДУ - ТЕСА. У випадку неможливості самостійно прийняти рішення щодо отриманих кодів і визначення статусу несправностей ТЗ, при натисканні

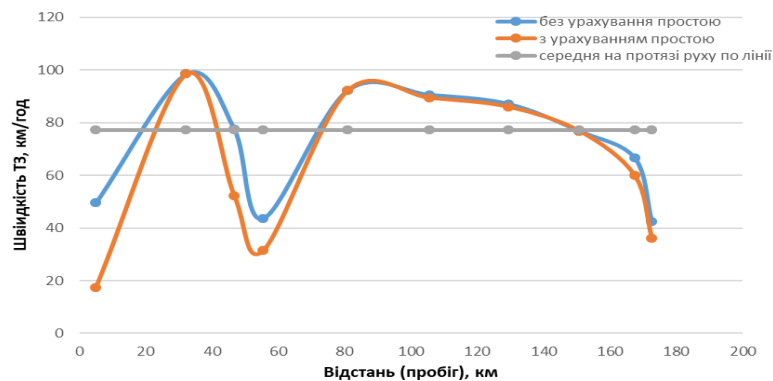
кнопки «Запропонувати варіант подальших дій» (рис. 7), отримували можливий варіант подальших дій від ПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*». Крім цього, за допомогою ПК через робоче вікно була можливість передати власне повідомлення (SMS, телефонний дзвінок) водію автомобіля (ТЗ) за допомогою натискання кнопки «Передати отриману інформацію на БІНК для водія» (рис. 7). Якщо коди несправності не викликають небезпеки для ТЗ і несправність усунута, за допомогою кнопки «Скинути помилки та очистити звіт» скидали помилки з пам'яті ТЗ та очищали звіт. Прогнозування отриманих в процесі моніторингу параметрів технічного стану ТЗ проводили аналогічно до [7, 10].

Зберігання параметрів стану ТЗ в файлі БД ПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» відбувалось на всіх етапах роботи ПК в усіх робочих вікнах, а саме наступних даних: результати здійсненні трекінгу і моніторингу ТЗ, отриману з повідомлень і даних про технічний стан та результати діагностування ТЗ; результати отримання і розшифровування кодів несправностей; результати обробки звітів GPS-даних трекінгу і моніторингу ТЗ, що надійшли в робочі папки комп'ютера користувача, БІНК ТЗ, РМ ММТЗ і серверної частини ПК тощо.

Результати дослідження витрати палива (а) і зміни середньої швидкості (б) руху ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху, які отримано за допомогою ПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» (рис. 8).



а



б

Рисунок 8 – Результати дослідження витрати палива (а) і зміни середньої швидкості (б) руху ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

На теперішній час встановлено, що основна частина автомобілів в Україні зосереджена в невеликих за розміром і кількістю підприємствах, а існуюча в таких підприємствах система контролю технічного стану вже не відповідає в цілому сучасним вимогам підтримки роботоздатності рухомого складу автомобільного транспорту. Майбутнє за впровадженням в технічну експлуатацію принципів "адаптивної" системи управління технічним станом автомобіля, основою якої є створення інформаційних систем організаційно-функціонального контролю і підтримки процесів технічної експлуатації рухомого складу, які є складовою інтелектуальних транспортних систем.

Створено інформаційний програмний комплекс «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» у вигляді множини інформаційних елементів системи моніторингу, що базується на положеннях теорії експлуатації автомобілів, включенні і взаємодії складових компонентів моніторингу таких як: автомобіля з водієм і бортовим інформаційним комплексом; умов експлуатації ТЗ (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні умови і культура праці); транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг.

Показано результати експериментального дослідження витрати палива і зміни середньої швидкості руху ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху, які отримано за допомогою ППК «IденMonDiaOperCon «HNADU-16»».

ВИСНОВКИ

У підсумку дослідження доведено ефективність інформаційно-програмного комплексу «IденMonDiaOperCon HNADU-16», який, ґрунтуючись на мультиджерельному моніторингу, об'єднує телематичні дані OBD-II, GPS-трекінгу та дорожньої обстановки у реляційній базі даних, структурованій за часовим ключем. Морфологічний синтез архітектури забезпечив гнучкість системи, що складається із семи інформаційних груп і шістдесяти елементів, завдяки чому комплекс легко масштабується та адаптується до умов експлуатації малих автопарків. Польові випробування на маршруті протяжністю 200 км підтвердили працездатність рішення: отримані криві витрати палива й середньої швидкості дали змогу сформуванню енергоефективні режимів руху та своєчасно виявляти відхилення параметрів силового агрегата. Упровадження комплексу забезпечило зменшення споживання палива на 8–10 %, скорочення часу діагностики критичних відмов двигуна та перехід до технічного обслуговування за фактичним станом, що істотно підвищує економічну стійкість малих перевізників. Наукова новизна роботи полягає в поєднанні віртуальної організаційної структури автопідприємства з реальним часом мультиджерельного моніторингу, зосередженого на часовій компоненті даних, без використання дорогих серверних рішень. Практичні результати можуть бути використані для швидкого тиражування системи на малі автогосподарства, а також у програмах підвищення енергоефективності та безпеки перевезень. Перспективи подальших досліджень охоплюють інтеграцію мереж 5G, розширення алгоритмів прогнозування залишкового ресурсу агрегатів і адаптацію комплексу до електромобільного транспорту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / За ред. А.М. Редзюка. – Київ: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.
2. Транспорт і зв'язок України за 2014 рік. – Київ: Консультант, 2015. – 222 с.
3. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б. та ін. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 64(970). – С. 36–42.
4. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б. та ін. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2013. – 400 с.
5. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Волков В.П. та ін. Програмне забезпечення систем моніторингу транспорту. – Київ: Вид-во НТУ, 2016. – 200 с.
6. Волков В.П., Комов П.Б., Комов О.Б. та ін. Технічний регламент програмного продукту «Віртуальний механік “HADI-12”» при звичайній роботі: свідоцтво № 47230 від 15.01.2013 р.
7. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В. та ін. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ФОП Панов А.М., 2018. – 299 с.
8. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В. та ін. Технічний регламент і результати роботи ППК «IденMonDiaOperCon “HNADU-16”»...: свідоцтво № 75506 від 22.12.2017 р.
9. Грицук І.В., Волков В.П., Худяков І.В. та ін. Оперативний контроль технічного стану транспортних засобів: монографія. – Харків–Херсон–Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2022. – 197 с.
10. Волков В.П., Матейчик В.П., Грицук П.Б., Грицук І.В. Моніторинг технічного стану автомобілів в життєвому циклі. – Харків: ХНАДУ, 2017. – 300 с.

REFERENCES

1. Derzhavtotrans NDIproekt (Ed.). (2005). *Avtomobil'nyi transport Ukrainy: Stan, problemy, perspektyvy rozvytku* [Automobile transport of Ukraine: State, problems, prospects] (400 p.). Kyiv, Ukraine: DP “Derzhavtotrans NDIproekt”.
2. Konsultant. (2015). *Transport i zv'jazok Ukrainy za 2014 rik* [Transport and communication of Ukraine in 2014] (222 p.). Kyiv, Ukraine: Author.
3. Volkov, V. P., Mateichyk, V. P., & Komov, P. B. (2013). Orhanizatsiia tekhnichnoi ekspluatatsii avtomobiliv v umovakh formuvannia intelektualnykh transportnykh system [Technical operation of vehicles under ITS formation]. *Visnyk NTU “KhPI”*, 64(970), 36–42.
4. Volkov, V. P., Mateichyk, V. P., & Komov, P. B. (2013). *Informatsiini tekhnolohii v tekhnichnii ekspluatatsii avtomobiliv* [Information technologies in vehicle maintenance] (400 p.). Kharkiv, Ukraine: KhNADU.
5. Dmytrychenko, M. F., Mateichyk, V. P., & Volkov, V. P. (2016). *Programne zabezpechennia system*

monitorynhu transportu [Software for transport monitoring systems] (200 p.). Kyiv, Ukraine: NTU Publishing House.

6. Volkov, V. P., Komov, P. B., & Komov, O. B. (2013). *Tekhnichni rehlement produktu "Virtualnyi mekhanik HADI-12" pry zvychainii roboti* [Technical regulations for the "Virtual Mechanic HADI-12" product] (Copyright Certificate No. 47230). Kharkiv, Ukraine.

7. Volkov, V. P., Hrytsuk, I. V., & Hrytsuk, Yu. V. (2018). *Informatsiini systemy monitorynhu tekhnichnoho stanu avtomobiliv* [Information systems for vehicle condition monitoring] (299 p.). Kharkiv, Ukraine: FOP Panov A. M.

8. Volkov, V. P., Hrytsuk, I. V., & Hrytsuk, Yu. V. (2017). *Tekhnichni rehlement ta rezultaty roboty IPK "IdenMonDiaOperCon HNADU-16"* [Technical regulations and performance of IPC "IdenMonDiaOperCon HNADU-16"] (Copyright Certificate No. 75506). Kharkiv, Ukraine.

9. Hrytsuk, I. V., Volkov, V. P., & Khudiakov, I. V. (2022). *Operatyvnyi kontrol' tekhnichnoho stanu transportnykh zasobiv* [Operational control of vehicle technical condition] (197 p.). Kharkiv, Kherson, Vinnytsia, Ukraine: Edelweis & K.

10. Volkov, V. P., Mateichyk, V. P., Hrytsuk, P. B., & Hrytsuk, I. V. (2017). *Monitorynh tekhnichnoho stanu avtomobiliv v zhyttievomu tsykli* [Monitoring of vehicle technical condition throughout the life-cycle] (300 p.). Kharkiv, Ukraine: KhNADU.

Volkov V. P., Onyshchuk V. P., Volkova T. V., Levchuk M. A. Integration of an Information-Software Complex into a Virtual Road-Transport Enterprise.

The paper presents the design and integration of the information-software complex "IdenMonDiaOperCon HNADU-16" into a virtual road-transport enterprise intended for remote monitoring, diagnostics and forecasting of the technical state of small-size vehicle fleets. The complex fuses OBD-II diagnostics, GPS tracking and road-condition data delivered by the CarLife and Torque mobile modules into a relational database structured around the semantic key "time of data acquisition". A morphological synthesis was applied to generate the system architecture comprising seven information clusters and sixty elements, thereby ensuring adaptability to diverse operating conditions. Field tests conducted on a 200 km route produced fuel-consumption and average-speed curves that revealed energy-efficient driving patterns. Implementation of the complex reduced fuel consumption by 8–10 %, shortened the time required to detect critical power-train failures and enabled condition-based maintenance scheduling—benefits of particular importance for private carriers running fleets of one to five vehicles. Scientific originality lies in combining a virtual organisational framework with multi-source monitoring algorithms centred on the temporal dimension, which secures coherent real-time data fusion. The obtained results can be employed in developing management systems for small transport enterprises and in deploying intelligent transport-system concepts within urban logistics.

Keywords: intelligent transport systems, vehicle monitoring, diagnostics, telematics, database, OBD-II, virtual enterprise.

ВОЛКОВ Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: volf-949@ukr.net

ОНИЩУК Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: Vasyl.Onyshchuk@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>

ВОЛКОВА Тетяна Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: wolf949@ukr.net

ЛЕВЧУК Максим Анатолійович, здобувач третього (аспірантського) рівня вищої освіти, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, e-mail: Levchuk.max@gmail.com. ORCID 0009-0006-3736-7465. Levchuk Maksym

Vladimir VOLKOV, doctor of technical sciences, professor, head of the department of technical operation and service of cars, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, e-mail: volf-949@ukr.net

Vasyl ONYSHCHUK, PhD in Engineering, head of the department of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: Vasyl.Onyshchuk@lutsk-ntu.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5316-408X>

Tetiana VOLKOVA, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of Department Transport Technology, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, e-mail: wolf949@ukr.net

Maksym LEVCHUK, PhD student (third, doctoral level of higher education), Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine; e-mail: Levchuk.max@gmail.com; ORCID 0009-0006-3736-7465.

DOI 10.36910/automash.v1i24.1720