

## ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора, Ауліна Віктора Васильовича,  
професора кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського  
національного технічного університету на дисертаційну роботу Симоненка  
Романа Вікторовича на тему: "ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕЛЕМАТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ",  
що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за  
спеціальністю 05.22.20 "Експлуатація та ремонт засобів транспорту"

### **Актуальність теми.**

Інтелектуальні телематичні системи, поліпшують безпеку руху та техніко-експлуатаційні показники колісних транспортних засобів (КТЗ), полегшують роботу оператора. Техніко-експлуатаційні показники сучасних і перспективних КТЗ можуть бути досягнуті на основі безперервного розвитку телематичного забезпечення КТЗ та інфраструктурного середовища.

Тому підвищення ефективності експлуатації як існуючих КТЗ, так і КТЗ з новим рівнем розвитку, на основі інтелектуальних телематичних технологій, є важливою науково-технічною проблемою, якій присвячена дана дисертаційна робота.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконувалась згідно з планами науково-дослідних робіт кафедри екології та безпеки життєдіяльності й кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, планами науково-дослідних робіт ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний та проектний інститут": "Покращення показників дорожніх транспортних засобів удосконаленням двигунів та їх систем", номер держреєстрації 0107U002832 (2007 р "Розробка інформаційної системи моніторингу транспортних засобів в умовах експлуатації", номер держреєстрації 0117U007488 (2017 р.); "Дослідження системи цифрової тахографії та розроблення методичних рекомендацій "Інформаційно-довідковий посібник користувача картки для цифрових тахографів", номер держреєстрації 0117U004990 (2017 р.); "Розробка і дослідження інформаційної системи моніторингу транспортних засобів на основі бортового комплексу ITS", номер держреєстрації 0119U101453 (2019 р.); "Розробка і дослідження теплового акумулятора фазового переходу на транспортному засобі, працюючому на зрідженому газовому паливі", номер держреєстрації 0119U101547 (2019 р.).

### **Наукова новизна результатів дисертації та їх значення для практики.**

У дисертаційній роботі запропоновано і з системних позицій розроблено загальну методологію оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ з сучасними енергетичними установками, в основі якої лежать функціональні, інформаційні та математичні моделі системи "колісні транспортні засоби-інфраструктура" (КТЗ-Інфраструктура), що дозволяють формувати алгоритми



управління технічним станом та режимами руху КТЗ для досягнення цільових показників продуктивності, енергоефективності та екологічності КТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища. Запропоновано метод систематизації телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура", який дозволяє аналізувати існуючі та формувати нові морфологічні структури системи, які розглядаються як способи підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ з удосконаленим телематичним забезпеченням основних функціональних елементів. Запропоновано метод визначення рівня розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура" та її функціональних елементів, який враховує рівень розвитку варіантів реалізації основних морфологічних ознак телематичного забезпечення КТЗ та інфраструктури. Отримано закономірності зміни динамічних, економічних та екологічних показників КТЗ в експлуатаційних режимах в залежності від рівня розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура" та її функціональних елементів, а також від реалізації запропонованих алгоритмів управління технічним станом та режимами руху в заданих умовах інфраструктурного середовища. Удосконалено комплекс окремих критеріїв оцінювання динамічних, економічних та екологічних властивостей КТЗ та інтегральних критеріїв експлуатаційної ефективності КТЗ в системі "КТЗ-Інфраструктура", який на відміну від існуючих, дає можливість оцінити основні експлуатаційні властивості КТЗ по відношенню до конкретного інфраструктурного середовища, що підвищує цінність такої оцінки. Удосконалено математичні моделі основних процесів системи "КТЗ-Інфраструктура", які реалізують алгоритм управління тепловою підготовкою підсистем енергоустановки (двигуна та нейтралізатора) в режимі прогріву й алгоритми управління режимами руху, визначають динамічні, економічні та екологічні показники КТЗ в окремих режимах, в їздовому циклі та на експлуатаційному маршруті. Набули подальшого розвитку методи побудови інформаційної моделі системи моніторингу параметрів технічного стану КТЗ, режимів роботи оператора та характеристик інфраструктурного середовища в системі "КТЗ-Інфраструктура", які дозволили сформувати інтелектуальні алгоритми управління технічним станом та режимами руху для досягнення заданих критеріїв ефективності експлуатації КТЗ.

Практичне значення одержаних результатів роботи складають: морфологічні структури телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура", які поєднують варіанти різного рівня розвитку 17 морфологічних ознак функціональних елементів "КТЗ" та "Інфраструктура"; алгоритми управління тепловою підготовкою підсистем енергетичної установки (двигуна та нейтралізатора) в режимі прогріву й алгоритми управління режимами руху КТЗ в їздовому циклі та на експлуатаційному маршруті; алгоритм оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ в залежності від рівня розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура" та її функціональних елементів, реалізації запропонованих; алгоритмів управління технічним станом та режимами руху в заданих умовах інфраструктурного середовища, програмна реалізація математичних моделей

системи "КТЗ-Інфраструктура" для визначення динамічних, економічних та екологічних показників КТЗ в окремих режимах, в їздовому циклі та на експлуатаційному маршруті; кількісні значення динамічних, економічних та екологічних показників КТЗ в експлуатаційних режимах в залежності від рівня розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура" та її функціональних елементів; кількісні значення окремих та інтегральних критеріїв оцінки експлуатаційної ефективності КТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища; рекомендації щодо забезпечення цільових показників продуктивності, енергоефективності та екологічності КТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища.

Результати дисертаційної роботи прийняті до використання в Директораті цифрової інфраструктури на транспорті Міністерства інфраструктури України, ПРАТ "Західукртранс", ТОВ "АСКО-ЕКСПЕДИЦІЯ", ТОВ "АТП ЕЛІТ", ТОВ "Автобансервіс", ТОВ АТК "БОСС", ТОВ "Ежіс Україна".

Матеріали роботи використовуються у навчальному процесі НТУ при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальностями 274 – Автомобільний транспорт, 183 – Технології захисту навколишнього середовища.

### **Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у роботі.**

Ґрунтуючись на аналізі сучасного стану і проблем підвищення ефективності експлуатації як існуючих КТЗ, так і КТЗ з новим рівнем розвитку, на основі інтелектуальних телематичних технологій, визначено мету, об'єкт, предмет та сформульовано основні завдання дослідження.

Результати проведених досліджень доповідались та обговорювались на вітчизняних і зарубіжних міжнародних науково-практичних конференціях. Основні результати роботи опубліковані в статтях у фахових вітчизняних і зарубіжних виданнях, монографіях. Про достовірність отриманих результатів свідчить достатній ступінь відповідності результатів теоретичних розрахунків експериментальним даним, одержаних з використанням сучасних методик досліджень, а також їх відповідність науково-технічним джерелам інформації та даним інших дослідників.

### **Наукова цінність отриманих результатів.**

Результати теоретичних та експериментальних досліджень мають велику наукову цінність, зокрема використання телематичних технологій на автомобільному транспорті створює нові можливості для підвищення ефективності експлуатації сучасних КТЗ, поліпшення техніко-експлуатаційних показників КТЗ. Розроблено загальну методологію оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ з сучасними енергоустановками, в основі якої лежать функціональні, інформаційні та математичні моделі системи "КТЗ-Інфраструктура", що дозволяють формувати алгоритми управління технічним станом та режимами руху КТЗ для досягнення цільових показників безпеки, продуктивності, енергоефективності та екологічності КТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища. Запропоновано метод систематизації телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура", який дозволяє



аналізувати існуючі та формувати нові морфологічні структури системи, які розглядаються як способи підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ з удосконаленим телематичним забезпеченням основних функціональних елементів.

**Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях та на науково-практичних конференціях.** Загальний перелік опублікованих автором матеріалів за результатами дисертаційного дослідження налічує 45 позицій, у тому числі: 4 Публікації, в яких опубліковані основні результати дисертації та належать до видань, що індексуються у Scopus і Web of Science; 18 публікацій, в яких опубліковані основні результати дисертації та належать до наукових фахових видань України; 4 публікації, в яких опубліковані основні результати дисертації та належать до наукових закордонних видань; 3 монографії; 4 авторські свідоцтва та патенти на корисну модель; 12 публікацій, які засвідчують апробацію дисертації.

Основні положення дисертаційної роботи пройшли достатню апробацію, вони доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях.

**Загальна оцінка дисертації та автореферату.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 374 сторінки, включаючи 259 сторінок основного тексту, 21 таблицю, 123 рисунки, список використаних джерел з 254 найменувань та 8 додатків.

#### **Оцінка змісту дисертації та автореферату.**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, встановлено її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і завдання, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, надано інформацію щодо особистого внеску здобувача та апробацію результатів.

*Перший розділ* присвячено обґрунтуванню актуальності проблеми підвищення ефективності використання КТЗ в умовах експлуатації, проаналізовано характеристики, нормативи, вимоги й обмеження експлуатаційної ефективності транспортних засобів, представлено сучасну структуру телематичних систем і технологій на автотранспорті, проаналізовано існуючі методи оцінювання. Також визначено загальні принципи побудови інформаційних систем моніторингу та основні стратегічні напрямки підвищення експлуатаційної ефективності транспортних засобів.

Проаналізовано дослідження вітчизняних і закордонних вчених у цій сфері, які спрямовані на підвищення ефективності експлуатації КТЗ. Також оцінено існуючий рівень використання автомобільних транспортних засобів, високий рівень їх небезпеки, значний вплив на використання енергії та кліматичні зміни, тенденції вітчизняного і світового законодавства в сфері транспорту та змін клімату свідчать про актуальність проблеми підвищення безпечності, енергетичної та екологічної ефективності КТЗ.

Проведено аналіз технічних нормативних документів у сфері експлуатації автомобільного транспорту показав, що вітчизняні регламенти встановлюють в основному вимоги до організації та здійснення ремонтно-обслуговуючих операцій щодо КТЗ в процесі їх експлуатації за принципом "підтримувати те, що є", а забезпечення експлуатаційної ефективності у цьому випадку можливе за умов добросовісного та якісного виконання технічного обслуговування і ремонту КТЗ. Разом з тим, європейські технічні регламенти передбачають використання різних елементів інтелектуальних транспортних систем, що, окрім контролю різних параметрів експлуатації КТЗ, забезпечують підвищення окремих її показників.

У другому розділі представлено функціональну та морфологічну моделі системи "КТЗ-Інфраструктура", що дозволяють формувати алгоритми управління технічним станом та режимами руху КТЗ для досягнення цільових показників їх продуктивності, енергоефективності та екологічності у експлуатаційних умовах. Управління експлуатаційною ефективністю КТЗ передбачає керування зміною, відповідно до умов експлуатації, вхідних параметрів основних процесів, що відбуваються під час їх функціонування. Це відбувається на основі закладених у виконавчі пристрої управління вхідними параметрами цільових функцій, які враховують визначені критерії ефективності. Для комплексного врахування сукупності факторів, що впливають на управління експлуатаційною ефективністю КТЗ, застосовується системний підхід. Реалізація структури системного дослідження щодо підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ передбачає визначення функціональної схеми, морфологічної матриці та морфологічної структури системи "КТЗ-Інфраструктура", критеріїв оцінювання та алгоритми управління КТЗ.

Система "КТЗ-Інфраструктура", як об'єкт дослідження, описує процеси руху КТЗ з сучасними ЕУ в заданих умовах інфраструктурного середовища, вихідними результатами яких є продуктивність КТЗ, витрати енергії та викиди на одиницю пробігу або транспортної роботи. При цьому визначено цільові показники ефективності експлуатації та параметри управління процесами (зворотні зв'язки) на основі моніторингу технічного стану та режимів руху КТЗ, а також інформацію зовнішнього інфраструктурного середовища.

Представлена функціональна схема досліджуваної системи об'єднує чотири основних процеси: перетворення вихідної енергії у механічну (рівень А, ЕУ); передача механічної енергії до коліс КТЗ (рівень С, трансмісія); перетворення обертального руху коліс в поступальний рух КТЗ (рівень Е, ходова частина); зміна режимів та напрямків руху, відповідно до заданого закону руху, в результаті взаємодії КТЗ з транспортною інфраструктурою (рівень G, інфраструктурне середовище). Зазначені процеси пов'язані між собою зовнішнім середовищем, масовими, енергетичними та інформаційними зв'язками.

Розроблені функціональні та морфологічні моделі системи "КТЗ-Інфраструктура" дозволяють сформулювати алгоритм управління експлуатаційною

ефективністю відповідно до визначених критеріїв. Запропонований алгоритм містить послідовність дій, які закладено в основу функціонування виконавчих пристроїв управління енергоустановкою, трансмісією та системами забезпечення необхідного швидкісного режиму і напрямку під час роботи ТЗ на відповідному маршруті.

Інформаційною основою алгоритму є: поточні дані, отримані від системи OBD, які характеризують поточний технічний стан КТЗ, режим його руху та режим роботи енергоустановки; дані GPS, які визначають поточну локацію КТЗ; дані відеокамер спостереження, які визначають поточні дані щодо наявних перешкод руху КТЗ.

В третьому розділі визначено інформаційні складові й архітектуру телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура", методика побудови і функціонування її інформаційної моделі дистанційного моніторингу та оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ.

Інформаційна телематична система "КТЗ-Інфраструктура" представляє спеціалізований програмно-апаратний комплекс дистанційного управління параметрами технічного стану енергетичної установки та КТЗ, режимами роботи ЕУ та трансмісії КТЗ, процесами взаємодії КТЗ з дорожньою інфраструктурою та процесами реалізації заданого закону руху КТЗ в заданих умовах інфраструктурного середовища. Зазначено об'єднання основних завдань моніторингу і контролю КТЗ в умовах експлуатації із основними ознаками та варіантами їх реалізації в рамках розробленої морфологічної моделі.

Фізична архітектура включає в себе програмне забезпечення, апаратні засоби інформаційних і телекомунікаційних технологій, периферійне обладнання. До її складу, на рівні КТЗ, входять системи штатних та додаткових датчиків КТЗ, мережі й обладнання КТЗ (штатні і додаткові), системи керування технічним станом і режимами руху КТЗ, у відповідності до задач функціональної моделі системи "КТЗ-Інфраструктура". До складу фізичної архітектури на рівні інфраструктури входять системи керування утриманням доріг й керування транспортними потоками, безпеки об'єктів транспортної інфраструктури, контрольно-діагностична, користувацьких послуг і сервісів.

У четвертому розділі проведено моделювання основних процесів системи "КТЗ-Інфраструктура", зворотних зав'язків підсистем та системи загалом. Показано, що ефективність експлуатації КТЗ можливо уявити запропонованими алгоритмами для різних варіантів телематичного забезпечення, яке здійснюється за допомогою математичної моделі системи "КТЗ-Інфраструктура", яка описує основні процеси функціонування КТЗ у визначених інфраструктурних умовах та реалізує алгоритми управління вхідними параметрами, що враховують окремі та інтегральний критерії ефективності КТЗ. Інформаційне наповнення процесів моделювання показників експлуатаційної ефективності КТЗ забезпечується інформаційною моделлю системи, що здійснює отримання, обробку й аналіз бази даних поточних параметрів функціонування КТЗ.

Математичну модель системи "КТЗ-Інфраструктура" побудовано, виходячи із її функціональної схеми, яка послідовно реалізує основні процеси і зворотні зв'язки системи. Загальний алгоритм моделювання основних режимів руху КТЗ у визначених інфраструктурних умовах описує процес моделювання режимів руху КТЗ під час досягнення заданого значення швидкості: розгін двигуна в режимі холостого ходу, рушання з місця і розгін до першого переключення передач, розгін до заданої швидкості.

В п'ятому розділі наведено мету, програму, об'єкти і методики експериментальних досліджень, описано експериментальні установки і засоби телематики, що використовувались для отримання інформації про технічний стан та режими руху досліджуваних КТЗ.

Відповідно до мети експериментальних дослідження проведено аналіз ефективності різних методів управління технічним станом та режимами роботи ЕУ КТЗ, а також визначено вихідні дані для математичного моделювання процесів автоматизованого управління технічним станом та режимами руху КТЗ для забезпечення високої ефективності його експлуатації.

Проведено експериментальні дослідження системи забезпечення оптимального теплового стану ЕУ КТЗ; дослідження динамічних, економічних та екологічних показників КТЗ, обладнаних різними системами живлення, управління та з використанням різних палив, під час стендових випробувань в усталених режимах та за їздовим циклом згідно з Правилами ООН № 83; дослідження динамічних та економічних показників КТЗ в умовах експлуатації, під час руху на реальному маршруті.

В шостому розділі проведено дослідження ефективності системи забезпечення теплового стану ЕУ КТЗ у різних режимах прогріву, представлено методи, засоби і приклади обробки та прогнозування даних бортовим ІПК в процесі експлуатації КТЗ, подано результати дослідження впливу варіантів комплектації системи управління ефективністю КТЗ в умовах експлуатації за динамічним, економічним, екологічним та інтегральним критеріями. Дослідження, виконане з використанням розробленої математичної моделі, дозволило встановити доцільні межі управління системою забезпечення теплового стану ЕУ КТЗ, зокрема, частотою обертання валу циркуляційного насоса теплоносія системи охолодження за економічним та екологічним критеріями.

Проведено дослідження впливу алгоритму управління КТЗ на витрати енергії і викиди шкідливих речовин проведено шляхом моделювання цих показників під час руху КТЗ на дослідному маршруті. Досліджено п'ять варіантів системи управління: базовий алгоритм управління (режимом роботи енергоустановки та трансмісії КТЗ управляє водій самостійно); доцільне управління навантаженням ЕУ (навантажувальний режим роботи енергоустановки визначається системою управління в результаті аналізу поточних умов руху КТЗ); доцільне управління навантаженням та тепловим станом ЕУ (тепловий та навантажувальний режим роботи енергоустановки визначається системою управління в результаті аналізу поточних умов руху

КТЗ); доцільне управління швидкістю та навантаженням ЕУ (визначається доцільний швидкісний режим руху КТЗ); доцільне управління швидкістю, навантаженням та тепловим станом ЕУ.

Загальні висновки містять одинадцять пунктів, з яких п. 1-7 відносяться до теоретичних досліджень, а п. 8-11 – до експериментальних досліджень. Автореферат відповідає змісту дисертації і достатньо повно розкриває сутність дисертаційної роботи.

#### **Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату:**

1. Необхідно було розкрити сутність поняття "експлуатаційна ефективність" ТЗ за літературними даними і зазначити існуючі нормативні документи по цьому питанню.

2. У п.1.3 бажано навести класифікацію інтелектуальних транспортних систем з відповідним їх аналізом.

3. Звісно, що рівні розвитку телематичного забезпечення КТЗ (2.2) і інфраструктури (2.3) різні за суттю і фізичною природою. Слід було зазначити, з яких міркувань рівень розвитку телематичного забезпечення системи "КТЗ-Інфраструктура" оцінюється за формулою (2.4).

4. При побудові сукупності критеріїв, формули (2.23)-(2.34), необхідно відобразити принцип побудови та фізичний зміст кожного з критеріїв, а також вказати можливий діапазон значень.

5. Реалізація розробленого алгоритму управління експлуатаційною ефективністю КТЗ за запропонованими критеріями потребує використання інформаційної та математичної моделей, але слід уточнити, які саме моделі використовувалися в роботі.

6. Не зовсім зрозуміло, як в інформаційній телематичній системі забезпечується дистанційна діагностика КТЗ.

7. Функціонал (3.2), представлений на стор. 125, є динамічним, оскільки його складові – динамічні функції, але не зрозуміло як він використовується при визначенні рівня придатності системи до забезпечення основних процесів її експлуатації й управління КТЗ, а також при проведенні логістичного аналізу технологічних процесів системи.

8. Слід уточнити, які саме особливості інтелектуальної обробки інформаційної та предметної області, побудованої інформаційної моделі системи "КТЗ-Інфраструктура", використовуються при розв'язанні проблеми підвищення ефективності експлуатації КТЗ.

9. Неохідно з'ясувати, як в рівнянні поточного коефіцієнта дорожнього опору (4.54) визначено кут  $\alpha$  (GPS) на основі аналізу координат КТЗ в системі GPS навігації.

10. На рис. 5.24 слід було зазначити, яку транспортну роботу виконував КТЗ на ділянках маршруту та обґрунтувати чому взяті представлені характеристики.

11. Не зрозуміло, як враховується технічний стан КТЗ при визначенні експлуатаційної ефективності КТЗ з використанням інтелектуальних алгоритмів управління, а також чи є наявні граничні межі для експлуатаційної ефективності.



### **Підсумковий висновок по дисертації.**

Дисертаційна робота Симоненка Романа Вікторовича на тему: "Підвищення ефективності експлуатації колісних транспортних засобів на основі інтелектуальних телематичних технологій" є завершеним науковим дослідженням, що дає можливість розв'язати актуальну науково-прикладну проблему підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів на основі інтелектуальних телематичних технологій. Тема, зміст дисертаційної роботи та автореферату відповідають паспорту спеціальності 05.22.20 – "Експлуатація та ремонт засобів транспорту". За актуальністю, науковою новизною і практичним значенням отриманих результатів, обсягу та глибині досліджень, наявності реального впровадження результатів досліджень дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор Симоненко Роман Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – "Експлуатація та ремонт засобів транспорту".

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри експлуатації та  
ремонту машин Центральноукраїнського  
національного технічного університету



Віктор АУЛІН

Підпис професора кафедри експлуатації та ремонту машин, доктора технічних наук Ауліна В.В. засвідчую:

Проректор Центральноукраїнського національного технічного університету,

доктор економічних наук, професор



Олександр ЛЕВЧЕНКО