

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ШУМЛЯКІВСЬКИЙ ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ**



УДК 629.3.016:629.341:

629.3.073

**ПОКРАЩЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
АВТОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЇ М2 В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ТРАНСПОРТНІЙ  
СИСТЕМІ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Житомир - 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автомобілів та автомобільного господарства Житомирського державного технологічного університету Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Рудзінський Володимир Васильович,**  
Житомирський державний технологічний університет,  
завідувач кафедри автомобілів і автомобільного  
господарства

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Шаша Ігор Костянтинович,**  
Міністерство внутрішніх справ України,  
Національна академія Національної гвардії України,  
професор кафедри експлуатації та ремонту  
автомобілів та бойових машин, м. Харків

кандидат технічних наук, доцент  
**Мурований Ігор Сергійович,**  
Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет  
доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій

Захист дисертації відбудеться **20 квітня 2017 р. об 11<sup>00</sup> годині** на засіданні спеціалізованої вченої ради К 14.052.02 у Житомирському державному технологічному університеті за адресою: 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103, ауд. 248.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Житомирського державного технологічного університету за адресою: 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103.

Автореферат розісланий 18 березня 2017 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.



О.А. Громовий

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На сучасному етапі значно знизилась ефективність експлуатації автобусів на пасажирських маршрутах середніх та великих міст України. Причинами цього є суттєве збільшення кількості автомобілів при недостатній пропускну здатності вулиць, недосконалому технічному керуванні організацією дорожнього руху та перерозподіл пасажиропотоків між видами транспортних засобів. При цьому загострились питання зменшення технічної швидкості руху маршрутних транспортних засобів, безпеки руху та екологічного навантаження на навколишнє середовище. Через відсутність сталого режиму руху міських маршрутних дорожніх транспортних засобів (ДТЗ) громадського користування складно вирішувати питання їх ефективної експлуатації. Для підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів на вулично-дорожній мережі (ВДМ) потрібно покращувати реалізацію закладених виробником тягово-швидкісних властивостей ДТЗ. З досвіду розвинутих країн підвищення ефективності експлуатації ДТЗ досягається впровадженням інтелектуальних транспортних систем (ІТС) в роботу громадського транспорту. Застосування компонентів ІТС в конструкції маршрутних ДТЗ необхідно для контролю за технічним станом, моніторингу та безпеки руху при виконанні транспортної роботи громадського транспорту. Звідси постає актуальне питання розробки методів та засобів підвищення ефективності експлуатації маршрутних ДТЗ за допомогою інтелектуальних транспортних технологій.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Роботу виконано в рамках наукових напрямків тематичних планів НДР, кафедри автомобілів та автомобільного господарства: в проекті Темпус 517374-1-2011-1-RU-JPCR “Комунікаційні і інформаційні технології для забезпечення безпеки і ефективності транспортних потоків: європейсько-російсько-українська магістерська і докторська програми з інтелектуальних транспортних систем”; підвищенні ефективності та безпеки експлуатації ДТЗ категорій М2 та М3 “Обстеження пасажиропотоків на пасажирському транспорті загального користування в місті Житомирі” (договір №39 від 07.04.2016 р., номер державної реєстрації 0116U005484); науково-дослідної роботи з моніторингу швидкості руху автомобілів в місті Житомирі та Житомирській області в рамках проекту EIB - TA2015013 UA EST «Модернізація та покращення безпеки дорожньої мережі в Україні», відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року (схваленої розпорядженням КМУ від 20.10.2010 року № 2174-р).

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації ДТЗ категорії М2 при перевезенні пасажирів в містах за рахунок використання компонентів ІТС.

Для досягнення мети в роботі вирішуються такі задачі:

1. Аналіз існуючих досліджень щодо ефективності експлуатації ДТЗ категорії М2 в умовах міст з населенням до 300 тис. жителів та визначення основного критерію покращення реалізації.

2. Обґрунтування та визначення режимів дорожнього руху автомобілів категорії М2 в умовах міста.
3. Уточнення аналітичної моделі розрахунку тягово-швидкісних властивостей транспортних засобів, що обладнанні компонентами ІТС.
4. Розробка рекомендацій по застосуванню необхідних компонентів ІТС для автобусів категорії М2 в умовах міста з метою підвищення технічної швидкості руху ДТЗ
5. Проведення експериментальних досліджень для встановлення адекватності математичної моделі визначення технічної швидкості руху ДТЗ категорії М2 в групі ІТС - громадський транспорт.

**Об'єктом дослідження** є процес реалізації тягово-швидкісних властивостей ДТЗ категорії М2 в умовах міста з використанням компонентів ІТС.

**Предметом дослідження** є засоби підвищення середньої технічної швидкості ДТЗ категорії М2 при роботі в умовах ІТС міста.

**Методи дослідження.** В дисертаційній роботі застосовувалися методи теоретичних досліджень динаміки руху автомобіля, теорії ймовірності. При проведенні експериментальних досліджень використано методи планування експерименту, дорожніх випробувань ДТЗ в умовах експлуатації. Розрахунки та обробка отриманих результатів проводились із використанням методів математичної статистики.

#### **Наукова новизна отриманих результатів**

1. Вперше відтворена експериментальна модель розрахунку середньої технічної швидкості з урахуванням впливу еквівалентних перешкод та вагового стану ДТЗ для умов роботи пасажирського міського транспорту на маршруті.
2. Удосконалено модель аналітичного визначення середньої технічної швидкості руху автобусів з урахуванням технічних характеристик двигуна, параметрів трансмісії, перешкод дорожнього руху для міста.
3. Обґрунтовані та відтворені моделі схем перешкод руху при роботі ДТЗ категорії М2 в умовах міста.

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропоновано та обґрунтовано дообладнання компонентами ІТС ДТЗ категорії М2 для підвищення ефективності експлуатації в місті Житомирі. Результати дисертаційного дослідження використані:

- в ТОВ «Велтест» при проведенні досліджень тягово-швидкісних властивостей ДТЗ категорії М2 зі встановленими компонентами ІТС;
- в Управлінні транспорту та зв'язку Житомирської міської ради при формулюванні рекомендацій щодо впровадження компонентів ІТС на маршрутних ДТЗ для підвищення якості та безпеки надання послуг з міських пасажироперевезень;
- в Управлінні промисловості, розвитку інфраструктури та туризму Житомирської обласної державної адміністрації при техніко-економічному аналізі заходів з моніторингу швидкості руху ДТЗ, підвищення безпеки руху на дорожній

мережі із дотриманням рекомендованої швидкості з урахуванням категорії ДТЗ, впровадження технологій ІТС;

– в ТОВ «Дозор Україна» при підготовці технічного завдання з дообладнання ДТЗ категорії М2 та М3 компонентами ІТС;

– у навчальному процесі в Житомирському державному технологічному університеті.

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати, що виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно і опубліковані в 16 наукових працях. У роботах, написаних у співавторстві, автору належать результати, що стосуються розробки методики дослідження динаміки руху маршрутного ДТЗ і методу збору інформації про стан дорожнього покриття - [1, 3]; дослідження транспортних потоків та визначення чинників перешкод сталому дорожньому руху - [2]; визначення засобів підвищення ефективності та безпеки роботи ДТЗ категорії М2 при міських пасажироперевезеннях - [4, 6]; визначення напрямків покращення функціонування громадського пасажирського транспорту міста в умовах ІТС - [7]; дослідження руху громадського транспорту різних маршрутів на їх спільній ділянці - [5]; уточнення типових схем перешкод на ділянках міських маршрутів, шляхів усунення перешкод руху ДТЗ, моніторинг його швидкості та наповнення пасажирами - [8].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на XVI Міжнародній науково-технічній конференції «Автомобільний транспорт: проблеми та перспективи» (м. Севастополь, 2013 р. [1]); на 13-й Міжнародній науково-технічній конференції «Наука - освіті, виробництву, економіці» (Минськ, БНТУ, 2015 р. [16]); на VII, IX Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (м. Житомир, 2014 р., 2016 р.); на Міжнародній науково-технічній конференції «Науково-прикладні аспекти автомобільної галузі» (м. Луцьк, 2014 р. [2], 2016 р. [5]), на 70-й науково-практичній конференції Національного транспортного університету (м. Київ, 2014 р. [11]); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів» (Одеса – Коблево, 2015 р. [14]); на міжвузівській науково-практичній конференції (м. Житомир, 2012 р. [9]); на Всеукраїнських науково-практичних on-line конференціях аспірантів, молодих учених та студентів (м. Житомир, 2013 р. [10], 2014 р. [12], 2015 р. [13], 2016 р. [15]); в повному обсязі робота доповідалась на розширеному засіданні кафедри автомобілів та автомобільного господарства ЖДТУ в 2016 р.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць: 8 статей у фахових наукових виданнях України (з них 6 – у виданнях, що індексуються у наукометричних базах), 8 тез доповідей.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 198 сторінок, у тому числі 86 рисунків, 31 таблиця, 8 додатків на 32 сторінках. Список використаних джерел містить 146 найменувань на 20 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету і задачі, визначено об'єкт і предмет дисертаційного дослідження, вказані методи досліджень, розкрито наукову новизну та практичну значимість отриманих автором наукових результатів, ступінь апробації та перелік публікацій за темою дисертації.

У першому розділі розглянуто сучасний стан проблеми підвищення ефективності експлуатації ДТЗ категорії М2.

Питанням підвищення ефективності експлуатації ДТЗ присвячені роботи Волкова В.П., Говорущенка М.Я., Кравченка О.П., Крайника Л.В., Матейчика В.П., Поліщука В.П., Рудзінського В.В., Сахно В.П., Токарева А.А., Шаша І.К. та інших.

Проведений огляд і аналіз літературних джерел, щодо шляхів підвищення ефективності експлуатації ДТЗ категорії М2 в містах, вказує на те, що закладені виробником тягово-швидкісні властивості в сучасних умовах в повній мірі не реалізуються. Як наслідок, продуктивність ДТЗ в умовах експлуатації не співпадає з її можливим максимальним рівнем. Підвищити продуктивність даних ДТЗ можливо шляхом покращення реалізації їх тягово-швидкісних властивостей з використанням компонентів ІТС, невід'ємних складових комплексу сучасних комунікаційних, інформаційних технологій та засобів автоматизації, що взаємодіють з транспортною інфраструктурою та спрямовані на підвищення ефективності та безпеки їх роботи.

З сучасного досвіду пасажироперевезень в містах України населення надає перевагу маршрутним таксомоторним перевезенням. Динамічність, маневреність ДТЗ категорії М2 дозволяють підвищити швидкість сполучення в 1,5-2 рази, в порівнянні з громадським транспортом великої місткості, а коефіцієнт використання їх пасажиромісткості збільшує продуктивність транспортної роботи та підтверджує, що даний вид транспорту є оптимальним для використання в якості маршрутного таксі.

За результатами статистичного аналізу даних, які отримані при дослідженні роботи громадського транспорту в місті Житомирі, встановлено, що 81% парку автобусів складають ДТЗ категорії М2 - на їх долю припадає 64 % послуг з міських пасажироперевезень.

За статистичними даними середня технічна швидкість руху маршрутних таксі в центральній частині міста складає 15...19 км/год, а максимальна швидкість не перевищує обмежень швидкісного режиму руху на ділянках ВДМ. Таким чином, питання покращення ефективності використання ДТЗ категорії М2 шляхом підвищення середньої швидкості руху є актуальним.

При експлуатації маршрутних ДТЗ категорії М2 в міському режимі руху підвищення середньої технічної швидкості  $V_T$  призводить до збільшення продуктивності процесу пасажироперевезень  $W_{i_{об}}$ , пас/год.:

$$W_{i_{об}} = \frac{Q_p}{t_p} = \frac{q\gamma_c\eta_M}{l_M/V_T+t_{oc}}, \quad (1)$$

де  $Q_p$ - число пасажирів перевезених за рейс, чол.;  $t_p$  – тривалість рейсу, год.;  $q$  – номінальна місткість автобуса, чол.;  $\gamma_c$  – коефіцієнт використання місткості

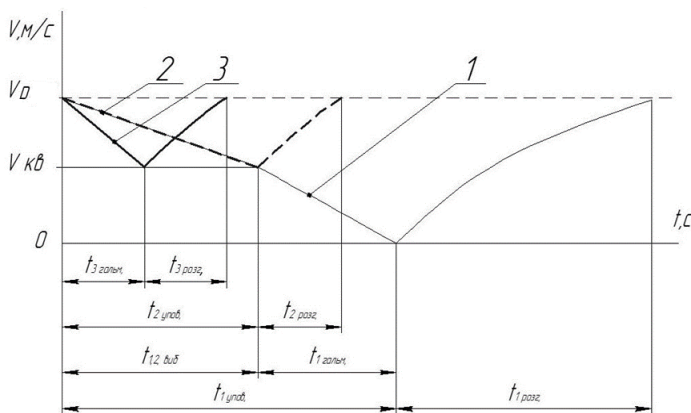
автобуса;  $\eta_M$  – коефіцієнт змінності пасажирів;  $l_M$  – довжина маршруту, км;  $V_T$  – середня технічна швидкість автобуса, км/год;  $t_{oc}$  – середній час поїздки пасажирів, год.

Покращення реалізації тягово-швидкісних властивостей ДТЗ категорії М2, що виконують міські пасажироперевезення, здійснено коригуванням швидкісних режимів руху за рахунок використання компонентів ІТС. Для вирішення поставленої задачі необхідно водію автобуса на перегонах маршруту дотримуватись рекомендованої сталої швидкості руху автобуса  $V_0$ .

На основі проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що питання покращення реалізації тягово-швидкісних властивостей ДТЗ громадського транспорту під впливом сучасних інформаційних і комунікаційних технологій не достатньо вивчено і потребує подальшого дослідження.

У другому розділі проведено аналіз показників експлуатації автобусів, який засвідчив, що нераціональна втрата часу на маршруті та відповідно неефективне використання тягово-швидкісних властивостей автобусів залежить від умов руху, транспортних та дорожніх умов. Після дообладнання маршрутних ДТЗ компонентами ІТС водій отримує інформацію, яка дозволяє дотримуватись рекомендованої швидкості за рахунок зменшення кількості перешкод в реальних режимах руху.

Визначено три типові режими подолання еквівалентних перешкод, що обмежують швидкість руху автобусів (рис.1).



Режим 1 - подолання перешкоди з повною зупинкою; режим 2 - подолання перешкоди з вибігом без зупинки; режим 3 - подолання перешкоди з гальмуванням без зупинки;  
 $t_{i \text{ гальм}}$  – час гальмування при  $i$ -у режимі,  
 $t_{i \text{ виб}}$  – час вибігу при  $i$ -у режимі,  
 $t_{i \text{ упов}}$  – час уповільнення при  $i$ -у режимі,  
 $t_{i \text{ розг}}$  – час розгону при  $i$ -у режимі,  
 $V_0$  – рекомендована швидкість автобуса,  
 $V_{кв}$  – швидкість кінця вибігу автомобіля.

Рисунок 1 - Зміна швидкості руху ДТЗ при подоланні еквівалентної перешкоди

За кількість еквівалентних перешкод у режимі руху маршрутного автобуса прийнято кількість зупинок на світлофорах, зупинки згідно з правилами дорожнього руху (знаки "Проїзд без зупинки заборонено", "Дати дорогу", зменшення швидкості в транспортному потоці, надання переваги в русі пішоходам тощо).

При моделюванні наведених вище режимів руху ДТЗ характеристики розгону, у відповідності з нормативними документами, визначають на горизонтальних ділянках дороги, а тому диференціальне рівняння руху автомобіля записується у вигляді:

$$\frac{dv}{dt} \times G_a \times \delta_{об} = P_{ко} - \sum P_i, \quad (2)$$

де  $\frac{dv}{dt}$  - прискорення автомобіля, м/с<sup>2</sup>;  $G_a$  - сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н;  $\delta_{об}$  - коефіцієнт, який враховує обертові маси автомобіля;  $P_{K0}$  - повна колова сила на ведучих колесах автомобіля, Н;  $\Sigma P_i$  - сума сил опору руху автомобіля, Н.

Рівняння (1) можна представити у вигляді:

$$\frac{dv}{dt} \times M_a \times g = a_1 \times v^2 + b_1 \times v + c_1, \quad (3)$$

$$\text{де } a_1 = A_1 - K_6 \times F, \quad b_1 = B_1 \times K_f \times M_a \times g, \quad c_1 = C_1 - f_a \times M_a \times g,$$

$$A_i = a \times \frac{U_i^3 \times \eta_M}{r_a \times r_k^2}, \quad B_i = b \times \frac{U_i^2 \times \eta_M}{r_a \times r_k}, \quad C_i = c \times \frac{U_i \times \eta_M}{r_a}.$$

Характеристики вибігу ДТЗ можливо записати у вигляді:

$$\frac{dV}{dt} \times M_a \times \delta'_{вр} = -M_a \times g \times (f_0 \times K_1 \times V) - K_B \times F \times V^2 - P_{fx}, \quad (4)$$

де  $P_{fx}$  - сила опору від втрат потужності в трансмісії при вибігу, Н.

Це рівняння може бути представлене у такому ж вигляді, як і при розгоні:

$$\frac{dV}{dt} \times M_a \times \delta'_{вр} = a' \times V^2 + b' \times V + c', \quad (5)$$

де при  $P_{fx} = const$ ,  $a' = -K_B \times F$ ,  $b' = -M_a \times g \times K_f$ ,  $c' = -M_a \times g \times f_0 - P_{fx}$ .

При гальмуванні автобуса час і шлях гальмування визначаються інтегруванням того ж диференціального рівняння, що і при вибігу. Зміни зазнають лише межі швидкості від  $V_{KB}$  до зупинки і коефіцієнт  $c'$ . Цей коефіцієнт записується у вигляді:

$$c' = -M_a \times g \times f_0 - P_{fx} - P_{гал} \quad (6)$$

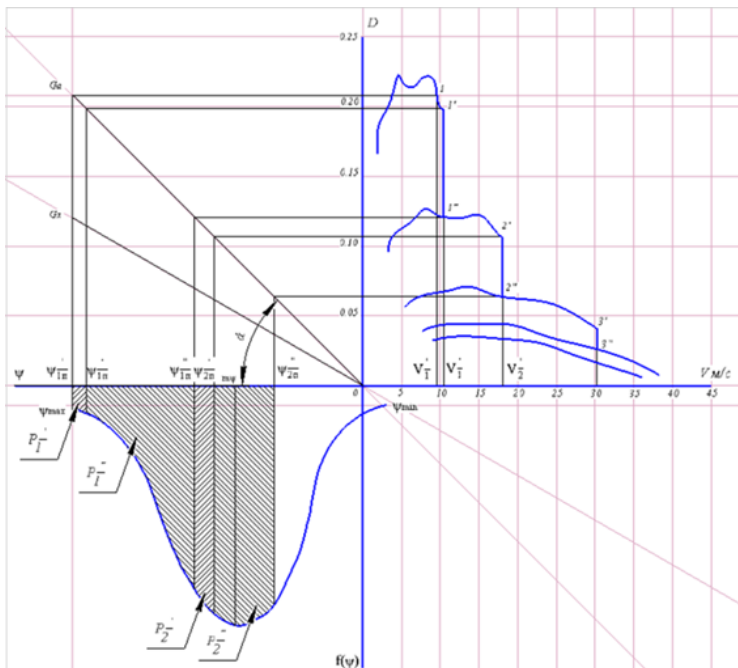


Рисунок 2 - Визначення швидкості автобуса Рута-20 при ймовірному завданню опору руху

Рекомендовану швидкість  $V_0$  визначаємо на основі співставлення сил опору руху та тягових сил, які може розвинути ДТЗ на ведучих колесах (рис. 2). При цьому імовірнісним методом розрахунку величини опору руху визначаємо на основі даних про маршрут, що описаний нормальним законом розподілу коефіцієнта опору дороги по довжині шляху:

$$f(\psi) = \frac{1}{\sigma_\psi \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\psi - m_\psi)^2}{2\sigma_\psi^2}}, \quad (7)$$

де  $m_\psi$  та  $\sigma_\psi$  - математичне очікування та середнє квадратичне відхилення коефіцієнта опору дороги  $\psi$ .

Динамічна характеристика побудована для автобуса, на якому встановлено двигун ЗМЗ-405.14, переобладнаний для роботи на стисненому природному газі.



Таблиця 1 – Класифікація типів перешкод руху та швидкісних режимів їх проїзду маршрутними ДТЗ категорії М2

Тип	Режим 1 - подолання перешкоди з повною зупинкою	Режим 2 - подолання перешкоди з вибігом без зупинки	Режим 3 - подолання перешкоди з гальмуванням без зупинки
Світлофор (С)	<p><b>Зупинка на світлофорі</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>20 40 t, c</p>	<p><b>Уповільнення з вибігом на світлофорі</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>10 20 t, c</p>	<p><b>Уповільнення на світлофорі</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>20 40 60 t, c</p>
Пішохідний перехід	<p><b>Зупинка на нерегульованому пішохідному переході</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>20 40 t, c</p>	<p><b>Уповільнення з вибігом на пішохідному переході</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>10 20 t, c</p>	<p><b>Уповільнення на нерегульованому пішохідному переході</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>20 40 60 t, c</p>
Перешкода в полосі	<p><b>Зупинка при заторі</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>20 40 60t, c</p>	<p><b>Уповільнення з вибігом при заторі</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>10 20 t, c</p>	<p><b>Уповільнення без вибігу при заторі</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>10 20 30 t, c</p>
Маневрування	<p><b>Зупинка при виконанні повороту</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>20 40 t, c</p>	<p><b>Уповільнення з вибігом при виконанні повороту</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>10 20 t, c</p>	<p><b>Уповільнення без вибігу при виконанні повороту зустрічається при аварійних ситуаціях і не характерно для керування маршрутними ДТЗ категорії М2</b></p>
Залізничний переїзд	<p><b>Зупинка на залізничному переїзді</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>10 20 30t, c</p>	<p><b>Уповільнення з вибігом на залізничному переїзді</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>5 10 15 t, c</p>	<p><b>Уповільнення без вибігу на залізничному переїзді</b></p> <p>Швидкість V, км/год</p> <p>5 10 t, c</p>

На основі експериментальних даних запропоновано класифікацію зміни швидкості руху автобуса при подоланні різних видів перешкод, яка наведена в табл. 1. Ці швидкості використано для визначення значень прискорень та сповільнень руху на різних режимах руху міських автобусів.

В роботі наведені дані статистичної кількості перешкод на типових автобусних маршрутах міських перевезень в Житомирі (рис.3).

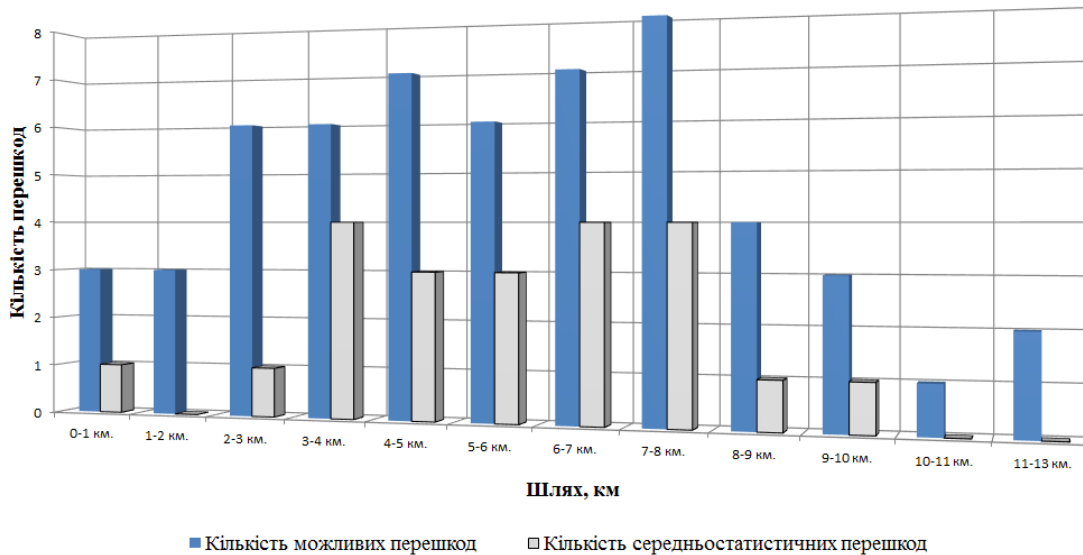


Рисунок 3 - Статистичні дані по фактичним перешкодам руху на діаметральному маршруті № 4 міста Житомира.

Удосконалено модель визначення середньої технічної швидкості руху ДТЗ категорії М2 з урахуванням наявності штучних перешкод на перегоні маршруту руху та ймовірного завдання опору руху. Середня технічна швидкість руху ДТЗ категорії М2 на ділянці маршруту з визначеним видом покриття та подоланням різних перешкод має такий вигляд:

$$V_{Ti} = \frac{10^3}{\frac{10^3}{V_0} + \frac{V_0}{2 \times g} \times n_{екв} \times \left[ \frac{(1-\varepsilon_V)^2}{m_\psi} + \frac{(2-\varepsilon_V) \times \varepsilon_V}{\gamma_r} + \frac{(1.04 + 0.04 \times (\frac{C_i}{V_0})^2) K_p}{(\frac{A_i}{V_0}) - m_\psi} \right]} \quad (8)$$

де  $V_0$  - рекомендована швидкість руху на ділянці маршруту, м/с;  $n_{екв}$  - середня статистична кількість еквівалентних перешкод, що приходить на один кілометр довжини дороги з даним типом дорожнього покриття на маршруті;  $K_p$  - коефіцієнт інтенсивності розгону;  $\varepsilon_V$  - коефіцієнт уповільнення при вибігу;  $m_\psi$  - математичне очікування коефіцієнту опору руху;  $\gamma_r$  - повна питома гальмівна сила,  $A_i$  - параметр ДТЗ категорії М2, який враховує тягово-швидкісні властивості з урахуванням його повної маси на  $i$ -ій ділянці маршруту:

$$A_i = \frac{10^3 \times N_{1max} \times \xi_m \times \omega_{1N}}{G_a \times \omega_{1M}}, \quad (9)$$

$C_i$  - константа, що відображає тягово-швидкісні властивості і конструктивні параметри ДТЗ категорії М2:

$$C = \frac{\omega_{1N}^2 \times r_K}{\omega_{1M} \times U_0} \quad (10)$$

На перегоні маршруту, що складається з  $m$  типів дорожніх покриттів, середня технічна швидкість  $V_T$  буде визначатися:

$$V_T = \frac{1}{\left[ \sum_{i=1}^m \frac{p_i}{V_{Ti}} \right]} \quad (11)$$

де  $p_i$  - частка  $i$ -го типу дорожнього покриття,  $V_{Ti}$  – середня технічна швидкість для  $i$ -го типу дорожнього покриття на ділянці перегону маршруту, м/с.

Результати розрахунків середньої технічної швидкості автобуса Рута-20 Інва на перегонах міського маршруту  $V_T$  при заданій рекомендованій швидкості  $V_0$  в залежності від кількості еквівалентних перешкод руху і повної маси наведені на рис. 4. Побудована модель середньої технічної швидкості руху ДТЗ дозволяє визначити її значення в залежності від числа еквівалентних перешкод  $n_{екв}$ , кількість яких зменшується під впливом компонентів ІТС.

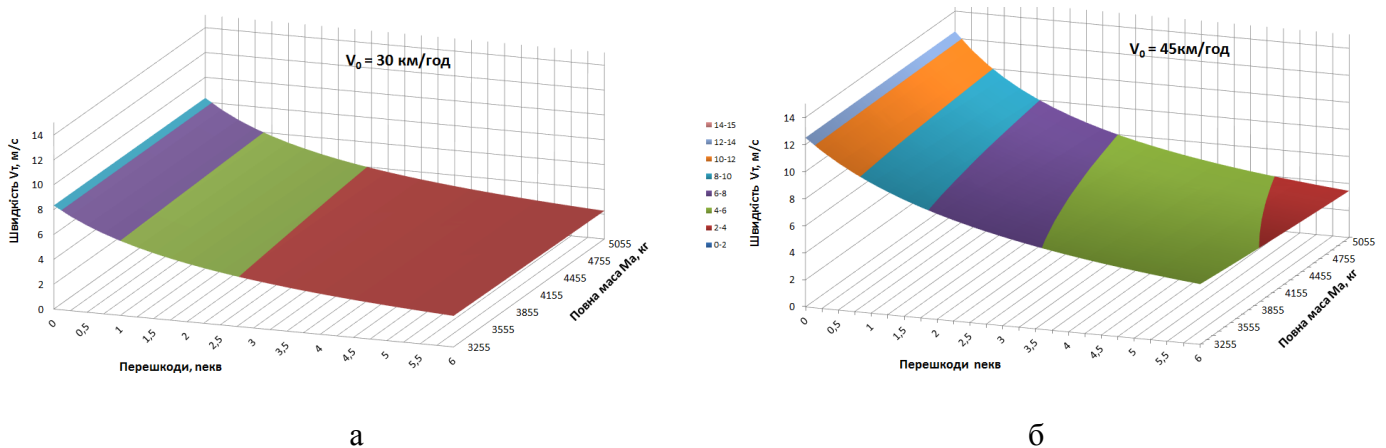


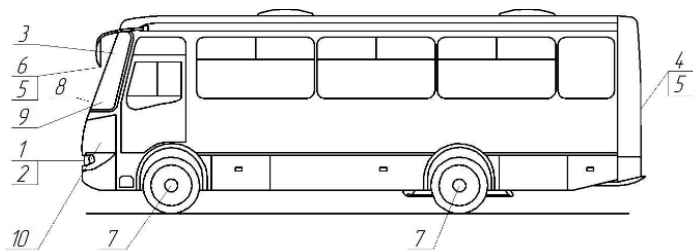
Рисунок 4 - Залежність середньої технічної швидкості автобуса Рута-20Інва при заданій рекомендованій швидкості  $V_0$  від кількості еквівалентних перешкод руху і фактичної маси

У третьому розділі розроблено рекомендації щодо удосконалення конструкційних параметрів автомобілів категорії М2 з метою їх адаптації до умов функціонування в складі ІТС. За результатами аналізу умов руху автобусів категорії М2 на міському маршруті пропонується доукомплектування їх компонентами ІТС (рис 5, 6). Впровадження їх дасть змогу підвищити рівень безпеки перевезень, покращити реалізацію тягово-швидкісних властивостей автобуса. Запропонована система виконує наступні дії: визначає місцезнаходження та швидкість руху ДТЗ; виявляє та ідентифікує об'єкти, які створюють перешкоду для руху, визначає відстань до них; інформує про можливість здійснення маневру; визначає навантаження на кожен вісь автобуса під час зупинки та фактичну масу ДТЗ з пасажирями; забезпечує двосторонній зв'язок для обміну інформацією із диспетчерським центром управління рухом громадського транспорту. При визначенні рекомендованої швидкості враховується завантаженість автобуса,

ефективність робочої гальмівної системи, безпечна відстань до перешкоди або інших учасників дорожнього руху.



Рисунок 5 - Принципова функціональна схема компонентів ІТС маршрутного ДТЗ



1 – автомобільний радар дальньої дії; 2 – автомобільний радар короткої дії; 3 – стереовідеокамера; 4 – автомобільний радар середньої дії; 5 – багатоцільова відеокамера; 6 – лідар; 7 – датчики навантаження на вісь; 8 – трекер; 9 – засоби сповіщення водія; 10 – блок обробки інформації

Рисунок 6 - Схема розташування технічних засобів ІТС на маршрутном ДТЗ

У четвертому розділі викладено методику та результати проведених експериментальних досліджень процесів, що впливають на реалізацію тягово-швидкісних властивостей ДТЗ категорії М2 з урахуванням технологій ІТС.

На дослідний автомобіль Рута-20 Інва було встановлено рекомендовані компоненти ІТС (трекер «VI-820 TREK», датчик навантаження на вісь ДП-01 для ДТЗ з ресорної підвіскою, відеореєстратор) та вимірювальний комплекс CORSYS-DATRON DAS2 A8D з оптичним датчиком L-400.



Рисунок - 7 Автомобіль Рута-20 Інва з обладнанням для дослідження тягово-швидкісних властивостей.



Рисунок – 8 Комплект обладнання для дослідження швидкісних характеристик ДТЗ

На підготовчому етапі проведено лабораторні випробування з метою визначення технічного стану, розподілу маси між осями, дослідження ефективності гальмівних систем ДТЗ. Були проведені дорожні випробування автомобіля Рута-20 Інва з використанням обладнання фірми Corrsys-Datron: розгін з місця до встановленої швидкості, вибіг, гальмування зі швидкості, для визначення фактичної ефективності гальмівної системи, коефіцієнтів уповільнення на горизонтальній дорозі з асфальтобетонним покриттям. За результатами проведених випробувань отримані значення прискорень, уповільнень при вибігу, уповільнень при гальмуванні.

Експериментальним шляхом визначено уповільнення при гальмуванні та вибігу для різних схем еквівалентних перешкод. Сповільнення при вибігу знаходилось в межах від  $-0,14$  до  $-0,6$  м/с<sup>2</sup> з середнім значенням  $-0,4$  м/с<sup>2</sup>, сповільнення при гальмуванні знаходилось в межах від  $-1,5$  до  $-4,1$  м/с<sup>2</sup> з середнім значенням  $-3,1$  м/с<sup>2</sup>. Отримані дані дозволили підвищити достовірність обчислення середньої технічної швидкості за формулою (8) на перегоні маршруту з урахуванням наявних перешкод руху.

Обстеження пасажиропотоків на дослідному маршруті та контроль навантаження на вісь автобуса дозволило визначити значення його фактичної маси на перегонах маршруту (рис. 9) та врахувати їх при обчисленні середньої технічної швидкості.

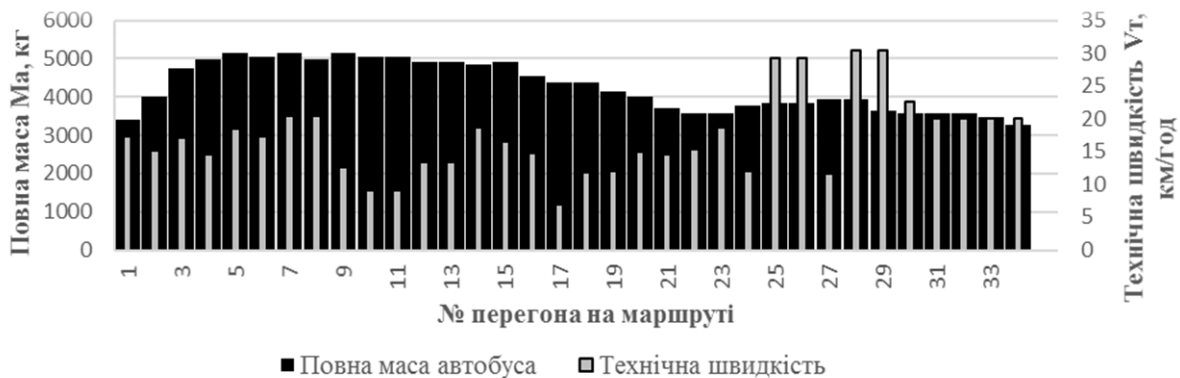


Рисунок 9 - Діаграма повної маси та технічної швидкості автобуса Рута-20 Інва на перегонах діаметрального маршруту.

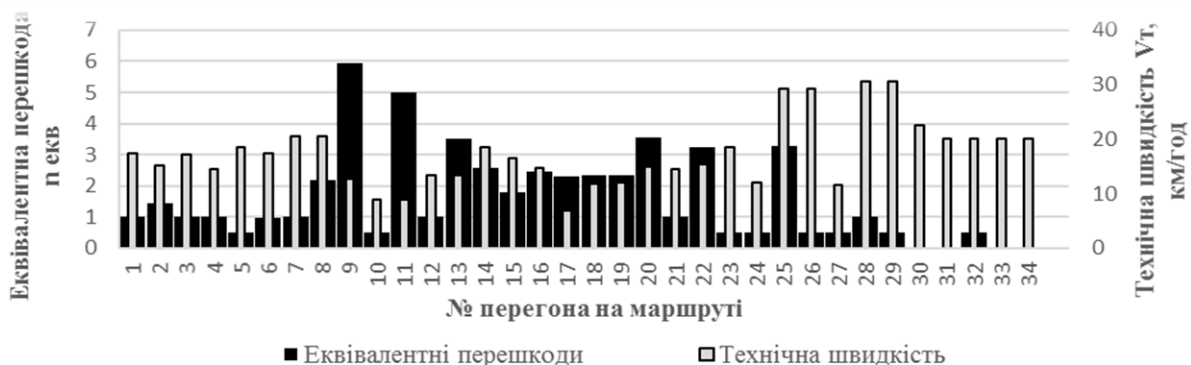


Рисунок 10 - Діаграма технічної швидкості з еквівалентними перешкодами руху міського автобуса Рута-20 Інва перед впровадженням компонентів ІТС

Змодельовано вплив встановлених на ДТЗ категорії М2 компонентів ІТС на реалізацію тягово-швидкісних властивостей, скорочення часу проїзду перегону маршруту  $t_{\text{ITC}} = t_{\text{пер}} - \Delta t$  (рис.11). Після впровадження ІТС технічна швидкість руху автобуса Рута-20 Інва на перегоні маршруту зросла з 17,2 до 24,5 км/год.

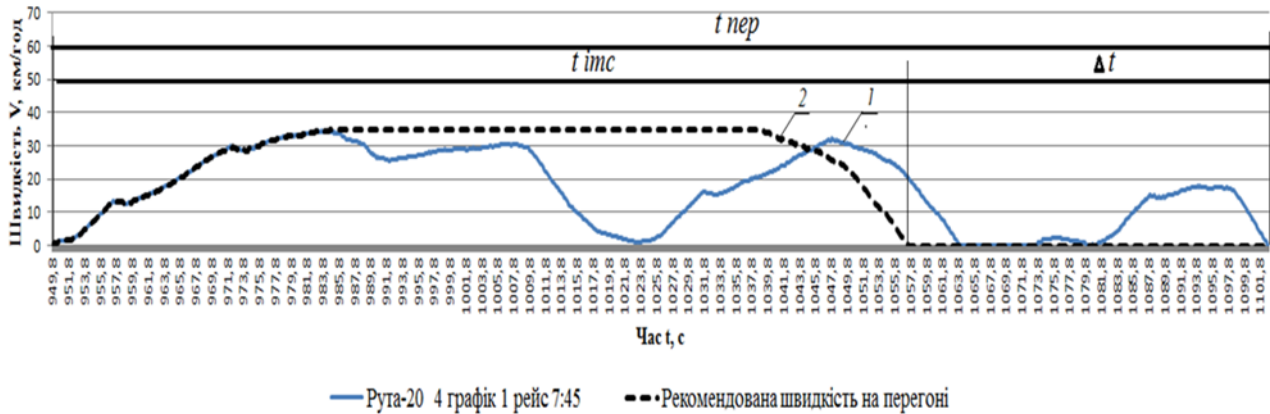


Рисунок 11 - Швидкості руху автобуса Рута-20 Інва на перегоні маршруту до і після впровадження ІТС.

За результатами проведених експериментальних досліджень було підтверджено типові схеми еквівалентних перешкод з повною та неповною зупинкою ДТЗ та визначені втрати часу на долаття перешкод (табл. 2).

Таблиця 2 - Статистичні дані по долаття перешкод руху ДТЗ категорій М2 на міському маршруті.

	Тип перешкоди	Загальна кількість перешкод	Кількість реакцій на перешкоду	Кількість зупинок на перешкоді	Кількість уповільнень на перешкоді	Середнє значення втрати часу на долаття перешкоди, с	Загальна втрата часу на долаття перешкод, с
1 рейс 7:45 – 8:30	Світлофор	43	23	15	8	19,60	450,8
	Пішохідний перехід	65	8	3	5	13,55	108,4
	Затор	12	6	5	1	57,62	345,7
	Виконання повороту	12	6	1	5	7,86	47,2
	Залізничний переїзд	2	2	0	2	5,68	11,4
	Переїзд трамвайної колії	1	1	0	1	25,65	25,7
2 рейс 9:37- 10:20	Світлофор	43	28	23	5	25,62	717,2
	Пішохідний перехід	65	4	0	4	7,32	29,3
	Затор	12	5	1	4	16,27	81,3
	Виконання повороту	12	4	1	3	11,91	47,7
	Залізничний переїзд	2	2	0	2	10,66	21,3
	Переїзд трамвайної колії	1	0	0	0	0,00	0

Моделювання руху автобуса Рута-20 Інва під впливом компонентів ІТС довело можливість збільшення середньої технічної швидкості на 23% (рис. 12) та збільшити частку його руху на рекомендованій сталій швидкості (рис.13).



Рисунок 12 - Діаграма технічної швидкості з еквівалентними перешкодами руху міського автобуса Рута-20 Інва після впровадження компонентів ІТС

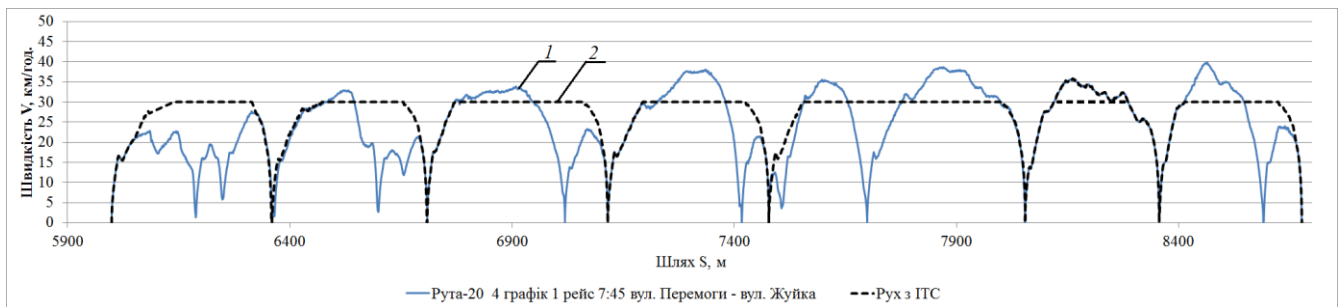


Рисунок 13 - Значення швидкості руху міського автобуса Рута-20 Інва до (графік 1) і після впровадження технології ІТС з наданням пріоритету руху маршрутним автобусам (графік 2)

Зміна режиму руху міського автобуса (рис. 14) після впровадження компонентів ІТС дозволяє покращити реалізацію тягово-швидкісних властивостей, що впливає на ефективність його технічної експлуатації, ресурсозбереженість, безпеку руху та якість надання послуг з пасажироперевезень.

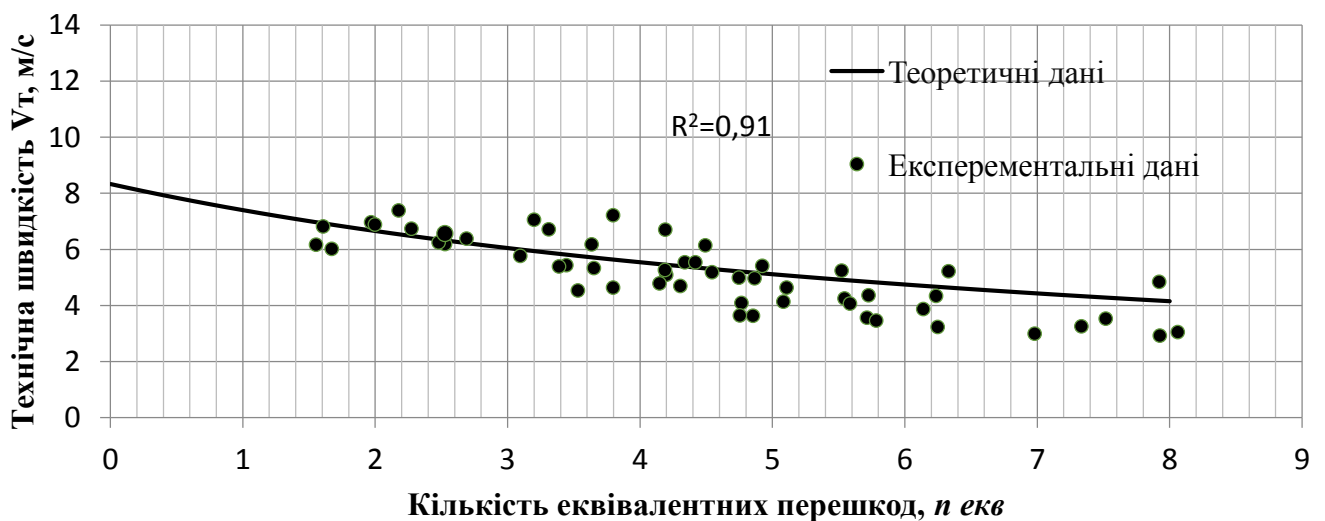


Рис 14 - Експериментальні дані та теоретичний графік залежності середньої технічної швидкості при  $V_0 = 30$  км/год від кількості еквівалентних перешкод руху.

Перевірка адекватності моделі розрахунку технічної швидкості руху показала, що похибка між експериментальними даними та розрахунковими не перевищує 9 %.

За результатами експериментальних досліджень була отримана математична модель середньої технічної швидкості руху ( $V_T$ ) ДТЗ категорії М2, що знаходяться в експлуатації, за міським маршрутом. Серед факторів впливу на  $V_T$  вибрано ті, що мають найбільший вплив - це повна маса ТЗ ( $M_a$ ) та кількість еквівалентних перешкод ( $n_{\text{екв}}$ ) його руху. Розглянуто повнофакторний експеримент типу  $2^k$ . Результати розрахунків по матриці планування експерименту наведено в табл.3.

Таблиця 3 - Результати розрахунків по матриці планування експерименту.

№ досліду	Фактори		Параметр оптимізації	Коефіцієнти		
	$M_a(x_1)$	$n_{\text{екв}}(x_2)$	$V_T$	$B_0$	$B_1$	$B_2$
1	3480	0,5	20,1	16,25	-4,05	-1,5
2	5130	0,5	20,5			
3	3705	3,54	15,4			
4	5055	5,95	9			

Рівняння регресії для середньої технічної швидкості приймає вигляд, м/с:

$$V_T = 16,25 - 4,05x_1 - 1,5x_2, \quad (12)$$

Таким чином, за допомогою отриманої моделі, можливо оцінити вплив на значення середньої технічної швидкості руху автобуса таких чинників, як наповнення салону (маси ДТЗ) та перешкод руху на конкретному міському маршруті. Це в свою чергу дає змогу планувати параметри інфраструктури маршруту (розташування зупинок, довжину перегонів, надання переваги в дорожньому русі маршрутному автобусу з використанням технології ІТС та інші).

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання – покращення реалізації тягово-швидкісних властивостей маршрутних ДТЗ категорії М2 в містах за рахунок використання сучасних компонентів ІТС.

1. З проведеного огляду літературних джерел щодо експлуатації маршрутних автобусів категорії М2 встановлено низький рівень реалізації їх тягово-швидкісних властивостей при міських пасажироперевезеннях, середня технічна швидкість яких в центральній частині міста становить 15...19 км/год.

2. Уточнені типові схеми еквівалентних перешкод для маршрутних ДТЗ в містах, розроблена їх класифікація. Визначені сповільнення при вибігу та гальмуванні. Сповільнення при вибігу знаходились в межах від -0,14 до -0,6 м/с<sup>2</sup> з



середнім значенням  $-0,4 \text{ м/с}^2$ , сповільнення при гальмуванні знаходилось в межах від  $-1,5$  до  $-4,1 \text{ м/с}^2$  з середнім значенням  $-3,1 \text{ м/с}^2$ .

3. Удосконалено розрахунок рекомендованої швидкості руху автобуса категорії М2 на міських маршрутах згідно з моделлю, що враховує конструктивні параметри транспортного засобу, наявність еквівалентних перешкод та можливість їх усунення за рахунок компонентів ІТС. Перевіркою адекватності моделі розрахунку технічної швидкості руху встановлено, що відносна похибка між експериментальними даними та розрахунковими не перевищує 9%.

4. Запропоновано рекомендації до обладнання міських автобусів компонентами ІТС (GPS-трекер із частотою видачі даних 1 Гц, радар короткої дії або лідар, стереокамера (або відеореєстратор), датчики контролю тиску в шинах, датчик навантаження на вісь, системи обліку пасажирів (або електрона оплата)), що дозволяє у взаємодії з ІТС міста зменшити час простою ДТЗ до 10-15%, підвищити середньотехнічну швидкість руху маршрутних автобусів в місті в середньому на 23%.

5. Запропонована модель розрахунку технічної швидкості руху автобусів, що знаходяться в експлуатації, в якій транспортні умови міста, зони тяжіння населення враховуються через завантаження салону автобуса, дорожні умови - через кількість еквівалентних перешкод, що дає змогу більш точно планувати параметри інфраструктури існуючого маршруту.

6. Матеріали дисертаційної роботи впроваджені в: ТОВ «Велтест», ТОВ «Дозор Україна», Управлінні промисловості, розвитку інфраструктури та туризму Житомирської обласної державної адміністрації, управлінні транспорту і зв'язку Житомирської міської ради, учбовому процесі Житомирського державного технологічного університету.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### *Статті в наукових фахових виданнях*

1. Рудзінський В.В. Дослідження роботи міських маршрутних транспортних засобів, як передумова впровадження технологій інтелектуальних транспортних систем / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський // Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. -№142/2013. - С. 195-198.

2. Рудзінський В.В. Дослідження стану пасажироперевезень в місті Житомирі, аналіз проблеми / В.В. Рудзінський, С.В. Мельничук, В.П. Шумляківський, О.І. Рафальський // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014.– №2.– С. 117-121.

3. Титаренко В.Є. Оптимізація режимів експлуатації несучої системи транспортних засобів на основі використання системи збору інформації про зовнішній стан дорожнього покриття в ІТС / В.Є. Титаренко, В.П. Шумляківський, І.А. Балагуц // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Науковий журнал. Серія «Технічні науки». – Житомир: ЖДТУ, 2014. - №4 (71). – С. 57-61.

4. Рудзінський В.В. Підвищення ефективності та безпеки пасажироперевезень колісними транспортними засобами категорії М2 в ІТС міста / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, О.П. Кухарчук // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Науковий журнал. Серія «Технічні науки». – Житомир: ЖДТУ, 2015. - №2 (73). – С. 93-98.

5. Шостачук А.М. Регулярний рух громадського транспорту різних маршрутів на їх спільній ділянці в районах висотної забудови / А.М. Шостачук, Д.М. Шостачук, В.П. Шумляківський // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – №3 (7). – С. 162-168.

6. Рудзінський В.В. До питання вибору техніко-експлуатаційних параметрів автобусів для роботи на міських пасажирських маршрутах / В.В. Рудзінський, М.М. Маяк, С.В. Мельничук, В.П. Шумляківський, О.І. Рафальський // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Науковий журнал. Серія «Технічні науки». – Житомир: ЖДТУ, 2016. - №1(76). – С. 138-143.

7. Рудзінський В.В. Особливості експлуатації транспорту загального призначення в технологіях інтелектуальних транспортних систем / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, О.В. Рудзінська, Г.В. Савченко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Науковий журнал. Серія «Технічні науки». – Житомир: ЖДТУ, 2016. - №2 (77). – С. 238-246.

8. Рудзінський В.В. Підвищення середньої технічної швидкості руху міських маршрутних автобусів / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький: ХНУ, 2016. – №6 (243). – С. 262-266.

*Опубліковані праці апробаційного характеру*

9. Рудзінський В.В. Аспекти створення інтелектуальних транспортних систем в м. Житомирі / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, М.А. Власюк // Тези міжвузівської науково-практичної конференції, присвяченої Дню науки, 17-18 травня 2012 року. – Житомир: ЖДТУ, 2012. – Т.1. – С. 28-29.

10. Рудзінський В.В. Вдосконалення роботи міських маршрутних транспортних засобів за умови впровадження технологій інтелектуальних транспортних систем / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, О.О. Царан // Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки, 14-16 травня 2013 року. – Житомир: ЖДТУ, 2013. – Т.1. – С. 23-24.

11. Рудзінський В.В. Дослідження швидкісних показників руху міських маршрутних транспортних засобів категорії М2 з використанням компонентів інтелектуальних транспортних систем / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, В.В. Желізко // LXX наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доп. – К.: НТУ, 2014. – С. 46.

12. Рудзінський В.В. Дослідження показників динаміки руху міських маршрутних транспортних засобів категорії М2 (з використанням компонентів ІТС) / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, В.В. Желізко // Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів,

присвяченої Дню науки, 14-16 травня 2014 року: - Житомир: ЖДТУ, 2014 – Т.1. – С. 131.

13. Рудзінський В.В. Підвищення швидкості сполучень та безпеки міських пасажироперевезень колісними транспортними засобами категорії М2 / В.В. Рудзінський, В.Є. Стаценко, В.П. Шумляківський, О.П. Кухарчук // Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки, 13-14 травня 2015 року. - Житомир: ЖДТУ, 2015 – Т.1. – С. 43.

14. Рудзінський В.В. Підвищення безпеки пасажирських перевезень автобусами в інтелектуальній транспортній системі міста / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, О.П. Кухарчук // Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів / Збірник тез доповідей науково-практичної конференції (8-11 вересня 2015 року), Одеса – Коблево. Одеса: Військова академія, 2015 – С. 48.

15. Рудзінський В.В. Система онлайн моніторингу технічного стану та завантаженості автобуса як засіб контролю за безпекою пасажирських перевезень / В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, О.О. Багінський, Є.В. Таразанов // Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки, 10-12 травня 2016 року: - Житомир: ЖДТУ, 2016 – Т.1. – С. 53.

16. Рудзінський В.В. Элементы интеллектуальных транспортных систем для использования в пассажирских перевозках автобусами категории М2/ В.В. Рудзінський, В.П. Шумляківський, В.В. Пуха // Тезисы 13-й Международной научно-технической конференции «Наука - образованию, производству, экономике» БНТУ. - Минск: БНТУ, 2015 – С. 222-223.

## АНОТАЦІЯ

Шумляківський В.П. Покращення реалізації тягово-швидкісних властивостей автомобілів категорії М2 в інтелектуальній транспортній системі. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Житомирський державний технологічний університет, Міністерство освіти і науки України, 2017.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуального науково-практичного завдання – покращення реалізації тягово-швидкісних властивостей маршрутних автобусів категорії М2 в містах за рахунок використання сучасних компонентів ІТС.

Проведено статистичний аналіз даних, які отримані при дослідженні роботи громадського транспорту в місті Житомирі. Проаналізовано фактори, які впливають негативно на ефективність експлуатації маршрутних таксі при наданні послуг міських пасажирських перевезень. Встановлено якісний вплив елементів ІТС на показники роботи міських автобусів.

Запропоновано класифікацію типових перешкод руху та відтворено розрахункові моделі різних схем еквівалентних перешкод. Розроблено концептуальні рішення щодо покращення реалізації тягово-швидкісних властивостей шляхом підвищення середньої технічної швидкості з запровадженням технології ІТС.

Удосконалено модель визначення середньої технічної швидкості руху ДТЗ категорії М2 з урахуванням наявності штучних перешкод на маршруті руху та ймовірного завдання опору руху.

Запропоновано засоби, щодо оптимізації моніторингу руху автобусів.

Експериментальними дослідженнями підтверджено запропоновані теоретичні типові схеми еквівалентних перешкод для маршрутних ДТЗ в місті з урахуванням повної та неповної їх зупинки перед перешкодою, уточнені значення коефіцієнтів уповільнення при гальмуванні та вибігу до різних схем еквівалентних перешкод та визначено сумарний час и загальний шлях при долатті одної еквівалентної перешкоди при умові роботи ДТЗ в середовищі ІТС. Підтверджено адекватність моделі розрахунку технічної швидкості руху на перегоні між зупинками маршруту.

*Ключові слова:* дорожні транспортні засоби категорії М2, тягово-швидкісні показники, перешкоди руху, еквівалентні перешкоди, інтелектуальні транспортні системи.

## АННОТАЦІЯ

Шумляковский В.П. Улучшение реализации тягово-скоростных свойств автомобилей категории М2 в интеллектуальной транспортной системе. - На правах рукописи.

Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - эксплуатация и ремонт средств транспорта. - Житомирский государственный технологический университет Министерства образования и науки Украины, Житомир, 2017.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи - улучшение реализации тягово-скоростных свойств маршрутных автобусов категории М2 в городах за счет использования современных компонентов ИТС.

Проведен статистический анализ данных, полученных при исследовании работы общественного транспорта в городе Житомире. Проанализированы факторы, влияющие негативно на эффективность эксплуатации маршрутных такси при предоставлении услуг городских пассажирских перевозок. Установлено качественное влияние элементов ИТС на показатели работы городских автобусов.

Уточнены типовые схемы эквивалентных препятствий для маршрутных ДТС в городах, сделана их классификация. Определены коэффициенты замедления при выбеге и торможении. Замедление при выбеге находилось в пределах от  $-0,14$  до  $-0,6$  м/с<sup>2</sup> со средним значением  $-0,4$  м/с<sup>2</sup>, замедление при торможении находилось в пределах от  $-1,5$  до  $-4,1$  м/с<sup>2</sup> со средним значением  $-3,1$  м/с<sup>2</sup>. Разработаны

концептуальные решения по улучшению реализации тягово-скоростных свойств путем повышения средней технической скорости с введением технологии ИТС.

Усовершенствована модель определения средней технической скорости движения ДТС категории М2 с учетом наличия препятствий на маршруте движения и вероятностного задания сопротивления движению.

Предложены рекомендации к оборудованию городских автобусов компонентами ИТС (GPS-трекер с частотой выдачи данных 1 Гц, радар короткого действия или лидар, стереокамера (или видеорегистратор), датчики контроля давления в шинах, датчик нагрузки на ось, системы учета пассажиров (или валидатор)), что позволяет во взаимодействии с ИТС города уменьшить время простоя ДТС до 10-15%, повысить среднетехническую скорость движения маршрутных автобусов в городе в среднем на 23%.

Усовершенствован расчет рекомендуемой скорости движения автобуса категории М2 на городских маршрутах по модели, учитывающей конструктивные параметры транспортного средства, наличие эквивалентных препятствий и возможность их устранения за счет компонентов ИТС. Проверка адекватности модели расчета технической скорости движения показала, что погрешность между экспериментальными данными и расчетными не превышает 9%.

Предложена модель расчета скорости движения автобусов, находящихся в эксплуатации, в которой транспортные условия города - зоны притяжения населения учитываются через загрузку салона автобуса, дорожные условия - через количество эквивалентных препятствий, что позволяет планировать инфраструктуру существующего маршрута.

Экспериментальными исследованиями подтверждены предложенные теоретические типовые схемы эквивалентных препятствий для маршрутных ДТС в городе с учетом полной и неполной их остановки перед препятствием, уточнены значения коэффициентов замедления при торможении и выбеге к разным схемам эквивалентных препятствий и определено суммарное время и общий путь при преодолении одного эквивалентного препятствия при условии работы ДТС в среде ИТС. Подтверждена адекватность модели расчета технической скорости движения на перегоне между остановками маршрута.

*Ключевые слова:* дорожные транспортные средства категории М2, тягово-скоростные показатели, помехи движению, эквивалентные препятствия, интеллектуальные транспортные системы.

## ABSTRACT

V. Shumliakivskiyi. The improvement of traction properties of M2 category vehicles in intelligent transportation systems. - Manuscript.

The dissertation for getting the degree of candidate of technical sciences within a specialty 05.22.20 - maintenance and repair of vehicles. - Zhytomyr State Technological University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr, 2017.

The thesis is dedicated to topical scientific and practical issue - the improvement of the implementation of traction properties of category M2 buses in cities with the help of modern ITS components.

Statistical analysis of the data obtained in the study of public transport system in the city of Zhytomyr was carried out. Factors that impact negatively on the operational efficiency of route bus services provided to city passengers were analyzed. A qualitative effect of ITS components on the efficiency of public transport system was found.

The classification of the typical movement obstacles was suggested and mathematical models of equivalent circuits for various obstacles were calculated. The conceptual solution for improving the implementation of traction properties by increasing the average vehicle speed with the help of ITS technologies was given.

The model of the average technical speed of vehicles of M2 category considering the correlation with artificial obstacles on the route and their likely resistance to the movement was improved.

The ways of optimizing the monitoring of buses were suggested.

Experimental studies confirmed the proposed theoretical equivalent circuit of obstacles on the route of vehicle in the city taking into account full and part-time stop before the obstacle, the coefficients of deceleration under braking and approaching to different equivalent schemes of obstacles were specified and the total time and total distance of overcoming one equivalent obstacles by vehicle functioning under conditions of ITS were defined more precisely. The adequacy of the calculated model of technical speed on the stretch between bus stops was confirmed.

*Keywords:* vehicles of M2 category, traction and speed properties, traffic obstacles, equivalent obstacles, intelligent transport systems.

Підписано до друку 10.03.2017 р.  
Формат 60x84 1/16. Папір офс.  
Гарнітура TimesnewRoman. Умов. друк. арк. 0,9.  
Накдад 100 пр. Зам. № 758.  
Видавець і виготовлювач  
Житомирський державний технологічний університет  
вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005  
Свідоцтво про внесення до державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ЖТ № 08 від 26.03.2004 р.