

**В.В. Рудзінський, д.т.н., проф.**  
**В.П. Шумляківський, ст. викл.**  
**О.П. Кухарчук, магістрант, гр. ААГ-12м**  
*Житомирський державний технологічний університет*

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРОПЕРЕВЕЗЕНЬ КОЛІСНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ КАТЕГОРІЇ М2 В ІТС МІСТА

*Обґрунтовано причини використання транспортних засобів категорії М2 для пасажирських перевезень у невеликих містах. Наведено визначені фактори вулично-дорожньої мережі, що впливають на технічну швидкість та безпеку в процесі здійснення пасажирських перевезень на міському маршруті. Детально проаналізовано, як впливає на досліджуваний процес інтенсивність руху на міських дорогах, наведені експериментальні дані. Показано залежності швидкості руху автобуса в різний час доби. Пояснено та проілюстровано причини затримок руху та визначено їх чисельне значення. Наведено орієнтовне значення коефіцієнта залежності технічної швидкості руху від інтенсивності на міських дорогах. Запропонована система допомоги водію, що визначає рекомендовану швидкість автобуса. Представлено раціональне розміщення необхідних приладів. Наведено опис принципу роботи системи.*

**Ключові слова:** ефективність пасажироперевезень КТЗ; інтелектуальна транспортна система; технічна швидкість; безпека перевезень; перешкоди руху; інтенсивність руху.

**Вступ. Постановка проблеми.** Для сучасного суспільства транспорт відіграє важливу роль. За допомогою транспорту люди задовольняють багато своїх потреб, зокрема потреби у пересуванні по місту, в приміській зоні та ін. З розвитком інфраструктури міст необхідність населення у транспорті зростає [1]. Це дає поштовх для розвитку маршрутної мережі міста і, як наслідок, збільшення кількості автобусів.

Оскільки більшість міських маршрутів (на прикладі м. Житомир) є радіальними та діаметральними це підвищує інтенсивність руху в центральній частині міста. Дане явище викликає збільшення часу поїздки для пасажирів та погіршення безпеки через можливість виникнення ДТП. На даний час для здійснення пасажирських перевезень у невеликих містах поширене використання транспортних засобів (ТЗ) категорії М2 завдяки свої перевагам: економічність, маневреність та інші.

**Аналіз останніх публікацій.** В сучасних умовах багато уваги приділяється підвищенню ефективності та безпеки пасажирських перевезень маршрутними колісними транспортними засобами (МКТЗ). Проблема підвищення ефективності займається багато вчених, зокрема В.К. Доля, О.І. Лежнева, О.П. Кравченко [2, 3, 4]. У даних роботах підвищення ефективності пропонується проводити через оптимізацію пасажирських перевезень у містах, що дозволяє знизити час поїздки пасажирів та час очікування на зупинці. Основоположним фактором є вибір раціональної форми організації руху.

Іншим підходом є створення єдиної диспетчерської служби. Вона на основі даних, отриманих від приладів, що встановлені на ТЗ, здійснює моніторинг і керування процесом перевезення.

Щодо безпеки перевезень, вагомим внеском є робота науковців Т.Серафіна та Я.Мажуркевича [5], які розробили систему розпізнавання стаціонарних елементів регулювання дорожнього руху. Серед автовиробників провідне місце посідає компанія Volvo Truck із запропонованою ними системою Non-Hit Car and Truck [6]. Основною новизною цієї системи є те, що вона здатна прогнозувати подальші дії інших учасників дорожнього руху.

Виходячи зі сказаного, пропонується покращення ефективності пасажирських перевезень через вплив на технічну швидкість автобуса шляхом удосконалення адаптації ТЗ до умов руху та дорожньої обстановки за допомогою інтелектуальної системи.

**Метою** роботи розробка інтелектуальної системи, яка дозволить підвищити технічну швидкість маршрутного ТЗ на міському маршруті з урахуванням факторів завантаженості вулично-дорожньої мережі (ВДМ) та забезпечення безпеки пасажирських перевезень. Об'єктом дослідження є показники швидкості руху. Предметом дослідження є фактори впливу на технічну швидкість та безпеку пасажироперевезень.

Практичне застосування полягає у пропонуванні технічних засобів, що встановлюються на ТЗ для виявлення та ідентифікації факторів впливу на швидкість та безпеку руху МКТЗ з подальшим виробленням рекомендацій для водія щодо рекомендованої швидкості руху.

**Викладення основного матеріалу.** В ході досліджень, що були проведені на міському маршруті № 4 міста Житомира, було виявлено наступні організаційно-технічні фактори, які впливають на технічну швидкість автобусів:

- конструкція автобуса (потужність двигуна і динамічні якості автобуса, технічний стан і місткість салону);
- дорожні умови (тип покриття та його стан, ширина та облаштування проїжджої частини, освітленість і видимість, засоби регулювання вуличного руху, кількість перетинів в одному та різних рівнях на 1 км шляху);
- інтенсивність руху і склад потоку;
- структура і потужність пасажиропотоків по довжині маршруту;
- відсутність організації руху автобусів за спеціальними смугами, звільнених від руху інших видів транспорту;
- відсутність комбінованого режиму руху автобусів (звичайний, швидкісний, експресний).

До формули визначення технічної швидкості пропонується внести коефіцієнти, які показують, від чого залежить швидкість:

$$V_T = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot V_c, \quad (1)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт залежності технічної швидкості автобуса від кількості перегонів на міському маршруті;  $K_2$  – коефіцієнт залежності технічної швидкості руху автобуса від кількості перетинів на 1 км шляху;  $K_3$  – коефіцієнт залежності технічної швидкості руху від інтенсивності на міських дорогах;  $K_4$  – коефіцієнт впливу природних умов на технічну швидкість руху;  $V_c$  – швидкість безперешкодного сполучення.

Е даній роботі більш докладно розглядався вплив інтенсивності руху на міських дорогах ( $K_3$ ), що здійснюється на технічну швидкість ТЗ.

Детальніше розглядалася ділянка маршруту, що проходить в центральній частині міста. Аналіз експериментальних даних дав змогу отримати результати інтенсивності руху в транспортному потоці з показниками прискорень та уповільнень. Досліджено зміну кількості еквівалентних перешкод в різний час доби, що стає причиною затримки руху. Слід зазначити, що затримка в русі автобуса по маршруту виникає при різній інтенсивності руху транспортного потоку у зазначеному напрямку.

У свою чергу, інтенсивність руху залежить від пропускної здатності ВДМ в заданому напрямі, яка змінюється залежно від часу доби. На це впливають різні фактори дорожньої ситуації, що мають випадковий характер. Зокрема: сигнали світлофорного регулювання; наявність пішоходів на нерегульованих пішохідних переходах; ТЗ, що рухаються в смузі руху з меншою швидкістю; наявність автомобілів, що припарковані в правій смузі для руху. Вплив останнього фактора детальніше розглянуто в [7].

Залежності швидкості, що були отримані експериментально, ілюструють збільшення часу проходження представлених перегонів. Таке збільшення часу показано на основі даних про інтервал часу, який витрачено для проходження дистанції в умовах руху по дорозі з малою інтенсивністю руху в заданому напрямку. Зіставлення даних графіків з зображенням відеореєстратора показує, який саме фактор викликав дану затримку.

Так, на рисунку 1 представлено залежність швидкості ТЗ на першому перегоні в умовах руху в «години пік», а зображення «черги» на перехресті – на рисунку 2.

На другому перегоні (рис. 3, 4) було виявлено наступні типові перешкоди. Розглядаючи ситуацію I, де ТЗ закінчив посадку пасажирів і намагається виконати об'їзд автобуса, що стоїть на зупинці, з перелаштуванням в другу смугу руху (рис. 4, а). При цьому виконується 3 спроби (рис. 3, I) маневрування–перелаштування з урахуванням заходів запобігання ДТП через ненадання пріоритету іншими ТЗ при від'їзді від зупинки.

У ситуації II зниження швидкості автобуса пов'язане з перешкодою у вигляді припаркованого ТЗ у смузі руху (рис. 4, б). Що є причиною необхідності його об'їзду з перелаштуванням в транспортний потік суміжної смуги.

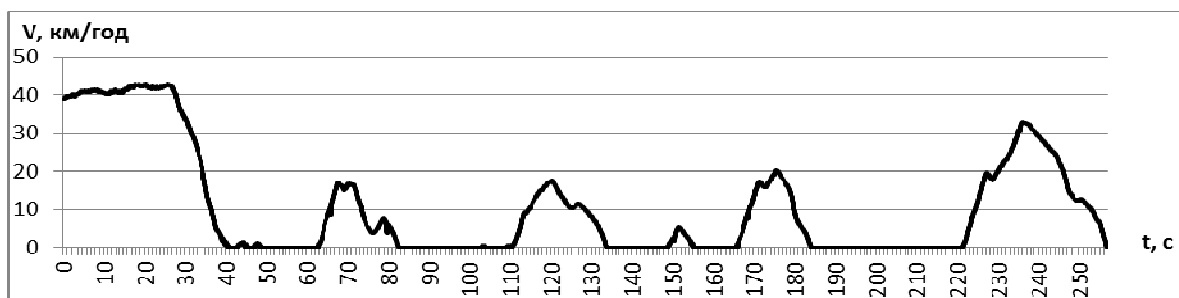


Рис. 1. Залежність швидкості руху автобуса в «години пік» на першому перегоні



Рис. 2. Затор перед перехрестям на першому перегоні

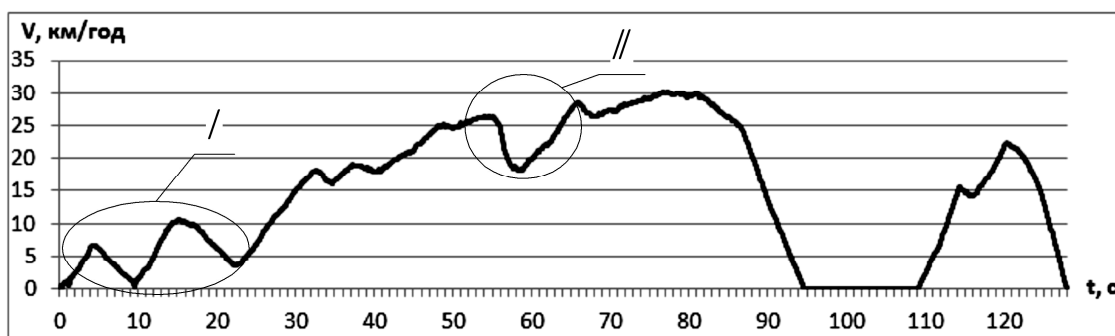


Рис. 3. Залежність швидкості руху автобуса в «години пік» на другому перегоні



а)

б)

Рис. 4. Перелаштування в ліву смугу для руху:  
а) дорожня ситуація I; б) дорожня ситуація II

Після проведення аналізу даних було визначено, на скільки збільшується час руху під час «години пік» по дослідженій ділянці дороги. Збільшення часу становить 26–28 %.

При аналізі даних, що були отримані в умовах руху після «години пік» (рис. 5, 6) було встановлено, що основною причиною зниження швидкості, порівняно з режимом руху на дорозі з високою інтенсивністю, становлять автомобілі, що зупинені у правій смозі руху. Меншою мірою – регульовані перехрестя. У зв'язку з цим, збільшення часу зменшилося до 15–19 %.

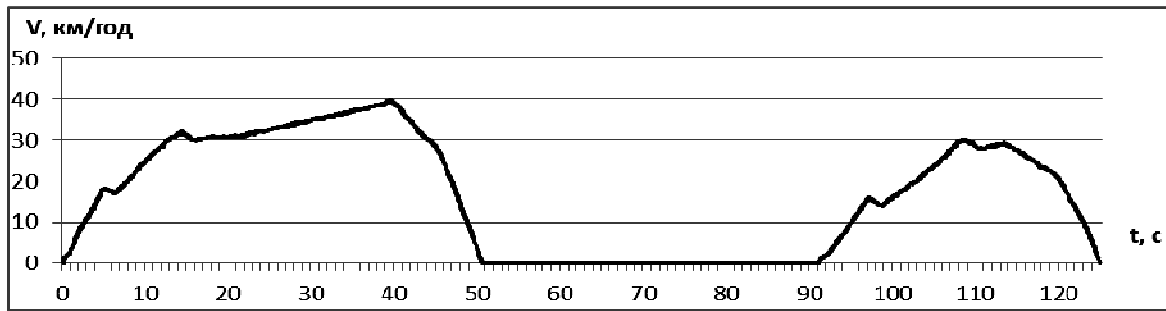


Рис. 5. Залежність швидкості руху автобуса після «години пік» на першому перегоні

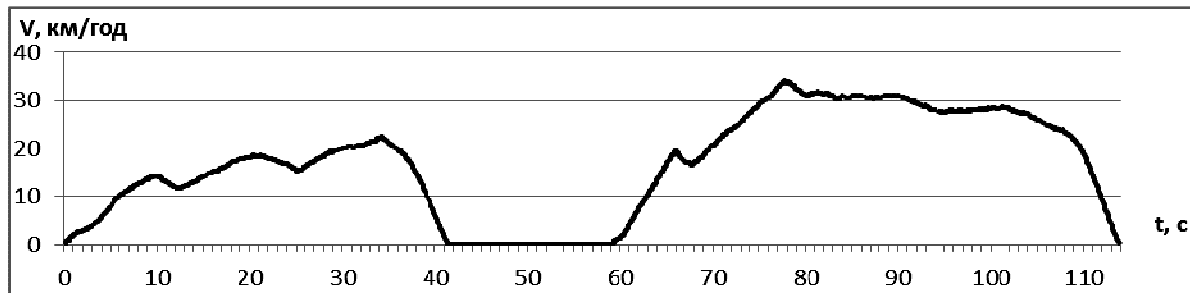


Рис. 6. Залежність швидкості руху автобуса після «години пік» на другому перегоні

Оскільки в «години пік» автобус, здебільшого, рухається з явним перевантаженням (під час експерименту спостерігалось перевантаження в 50–75 %), це не може не впливати на його динамічні якості. Під час аналізу даних було встановлено, що для розгону перенавантаженого ТЗ потрібно в середньому на 25 % часу більше (рис. 7).

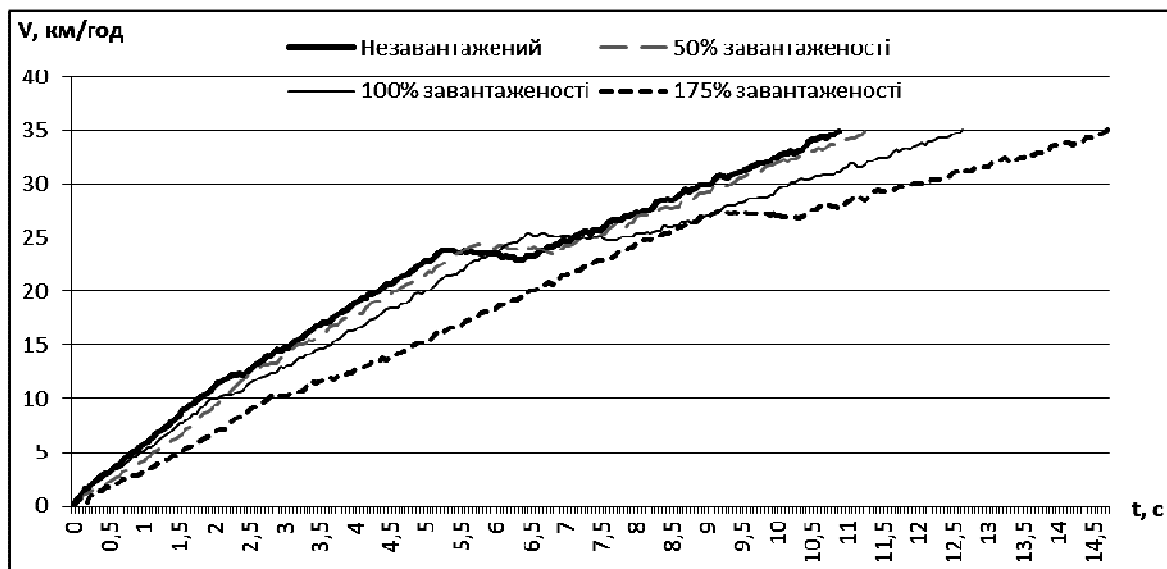


Рис. 7. Час розгону автобуса до оптимальної швидкості руху, без перешкод

Враховуючи всі чинники, що були досліджені експериментальним шляхом і можуть вплинути на інтенсивність руху в заданій смузі, коефіцієнт  $K_3$  для (1) може набувати значення  $K_3 = 0,82 \dots 1$ . Причому  $K_3 = 1$  може бути тоді, коли водій обирає для руху таку швидкість, що забезпечує йому проїзд «зеленою хвилею», і завантаженість автобуса є номінальною.

Для підвищення безпеки перевезень та зменшення максимальних прискорень та уповільнень ТЗ, з метою підвищення комфорту і збереження ресурсу автобуса, пропонується встановлення на ТЗ систему допомоги водію. Завданням цієї системи є виявлення та ідентифікація перешкод для руху, в тому числі

тих, що знаходяться в «сліпій зоні», визначення відстані до них та подання водію значень рекомендованої швидкості та прискорень (сповільнень). При визначенні рекомендаційних значень враховуються динамічні можливості в ТЗ. Прототипами такої системи можуть бути системи, що описані в [5, 6, 8].

Виявлення перешкод здійснюється за допомогою сучасних технічних засобів, які встановлені на ТЗ (рис. 8). Принципова функціональна схема системи показана на рисунку 9.

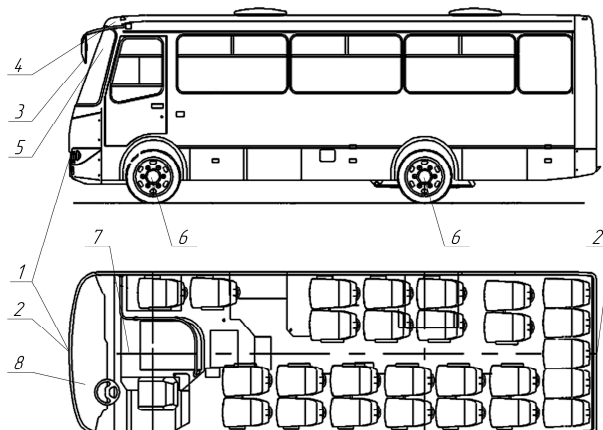


Рис. 8. Схема розташування приладів на ТЗ:

- 1 – автомобільний радар далекої дії; 2 – автомобільні радары короткої дії;  
3 – автомобільний радар середньої дії; 4 – модуль системи GPS; 5 – відеокамера;  
6 – датчики навантаження на вісь; 7 – блок обробки інформації; 8 – засоби сповіщення водія

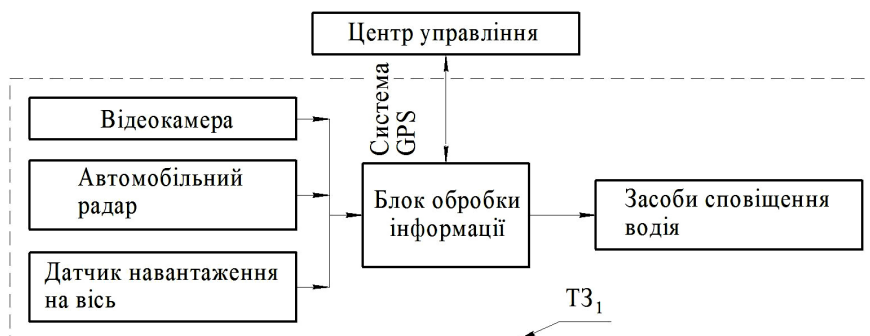


Рис. 9. Принципова функціональна схема системи

Отримавши від вхідних пристроїв інформацію, блок обробки інформації (БОІ) аналізує її, визначає масу автобуса, проводить аналіз відеозображення з фронтальної камери (класифікація об'єктів на відеозображенні доцільно проводити за [10]). За сигналами з фронтальних радарів визначається швидкість транспортних засобів, що знаходяться попереду, та відстань до них. Інформацію від автомобільних радарів, що встановлені на дзеркала заднього вигляду БОІ, отримує не постійно. Це пов'язано з тим, що сканування простору радаром середньої дії відбувається при включенні покажчиків повороту.

Після аналізу інформації формується пакет даних, який передається на екран, що встановлений на панелі приладів. На екрані відображується фактична швидкість ТЗ та швидкість рекомендована. Рекомендована швидкість визначається БОІ на підставі завантаженості автобуса, вимог стаціонарних засобів регулювання дорожнього руху, швидкості ТЗ, що знаходяться попереду в цій же смузі руху. Також відображується проаналізоване відеозображення з виділеними на ньому елементами, що потребують уваги. Такими є: елементи дорожньої обстановки, дефекти дорожнього покриття, інші ТЗ. Також на це зображення накладається зображення відстані до тих елементів, що вимірюються за допомогою радарів.

#### Висновки:

1. Встановлено організаційно-технічні фактори, що впливають на технічну швидкість автобусів. Визначення технічної швидкості корегується відповідними коефіцієнтами.
2. Досліджено вплив інтенсивності руху на міських дорогах на технічну швидкість ТЗ та його безпеку. Визначено орієнтовне значення відповідного корегувального коефіцієнта.

3. Представлено систему допомоги водію, яка на основі даних про розташування інших учасників дорожнього руху, враховуючи технічний стан ТЗ, виводить для водія рекомендовані значення швидкості руху та прискорень (уповільнень).

#### Список використаної літератури:

1. Редзюк А.М. Проблеми міського автобусного транспорту / А.М. Редзюк // Автошляховик України. – 1998. – № 4. – С. 7–9.
2. Доля В.К. Аспекти ефективності пасажирських перевезень / В.К. Доля, О.І. Лежнева // Коммунальное хозяйство городов. – 2004. – № 58. – С. 158–163.
3. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / В.К. Доля. – Харьков : Основа, 1992. – 144 с.
4. Кравченко О.П. Підвищення ефективності роботи пасажирського транспорту в сучасних умовах / О.П. Кравченко, В.В. Пуха, В.Е. Пінер // Зб. наук. пр. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – С. 17–18.
5. Mazurkiewicz J. Intelligent Driving e-Assistant / J.Mazurkiewicz, T.Serafin // the 14-th International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication”. Session 1 : Transport systems. – 2014. – P. 15–16.
6. Система Non-Hit Car and Truck [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://trucks.autocentre.ua/news/komavto/gruzoviki-volvo-osnastyat-sistemoy-krugovogo-obzora-gb-62869.html>.
7. Мурований І.С. Вплив вуличного паркування на ефективність транспортних потоків міста / І.С. Мурований, І.О. Павлова, В.М. Придюк // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – № 4. – С. 90–98.
8. Рудзінський В.В. Інтелектуальні транспортні системи автомобільного транспорту (функціональні основи) : навч. посібник. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – 96 с.
9. Рудзінський В.В. Спеціалізовані дорожні транспортні засоби: стан та перспективи розвитку / В.В. Рудзінський // Автошляховик України. – 2005. – № 1.
10. Ярышев С.Н. Цифровые методы обработки видеоинформации и видеоаналитика / С.Н. Ярышев. – Санкт-Петербург, 2011. – 83 с.

РУДЗІНСЬКИЙ Володимир Васильович – доктор технічних наук, завідувач кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство» Житомирського державного технологічного університету, професор, академік Транспортної академії України.

Наукові інтереси:

- сертифікаційні випробування автотранспорту.

ШУМЛЯКІВСЬКИЙ Володимир Петрович – старший викладач кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство» Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- експлуатаційні властивості засобів транспорту;
- інтелектуальні транспортні системи;
- організація автосервісу.

КУХАРЧУК Олександр Петрович – магістрант кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство» Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- сучасні технології в автомобільному транспорті.

Стаття надійшла до редакції 30.07.2015