

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

LUTSK NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY

СУЧАСНІ
ТЕХНОЛОГІЇ
В
МАШИНОБУДУВАННІ
ТА ТРАНСПОРТІ

ADVANCES
IN
MECHANICAL
ENGINEERING
AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSN 2313-5425

№1 (10)

2018

<http://avtomash.lntu.edu.ua>

ЛУЦЬК

LUTSK

Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017.– №1(10).– 149 с.

В матеріалах наукового журналу висвітлюються результати наукових досліджень та науково-дослідних розробок в галузі машинобудування, автомобільного транспорту, транспортних систем і транспортних технологій на автомобільному транспорті, а також, математичного та комп'ютерного моделювання технічних процесів та систем.

Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації – КВ №20504-10304Р від 30.12.2013р.

**Науковий журнал включений до Переліку наукових фахових видань України
згідно наказу Міністерства освіти і науки України № 528 від 12.05.2015р.**

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Пустюльга С.І., д.т.н., професор, Луцький НТУ (головний редактор); **Дідух В.Ф.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ (заступник головного редактора), **Плоский В.О.**, д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва і архітектури (заступник головного редактора); **Сахно В.П.**, д.т.н., професор, Національний транспортний університет (заступник головного редактора); **Ярошевич М.П.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ (заступник головного редактора); **Онищук В.П.**, к.т.н., доцент (відповідальний секретар); **Самостян В.Р.**, к.т.н., доцент (відповідальний секретар); **Владут Валентин**, PhD. Eng., Національний інститут проектування машин та обладнання для сільського господарства і харчової промисловості (INMA, Румунія); **Головачук І.П.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Голячук С.Є.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Дударев І.М.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Заболотний О.В.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Захарчук В.І.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Кравченко О.П.**, д.т.н., професор, Житомирський державний технологічний університет; **Лобанова С.І.**, к.пед.н., доцент Луцький НТУ; **Марчук В.І.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Матейчик В.П.**, д.т.н., професор, Національний транспортний університет; **Мурований І.С.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Олександренко В.П.**, д.т.н., професор, Хмельницький національний університет; **Рудь В.Д.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Савчук П.П.**, д.т.н., професор, ректор Луцького НТУ; **Селезньов Е.Л.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Славінскас Стасіс**, д.т.н., професор, Університет ім. Александраса Стулгінскіса (Литва); **Цизь І.Є.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Хамед Ашраф**, Dr.-Ing., ВАТ «Dornier Consulting» (Німеччина); **Бартломейчик Миколай**, доктор інженерії, Політехніка Гданська (Польща); **Шимчук С.П.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ.

Друкується за рішенням Вченої ради
Луцького національного технічного університету
(Протокол №10 від 30.05.2018р.)

ЗМІСТ

<i>Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Чернай А.Є., Лукашук А.П.</i> Sustainable urban mobility plan – new approach of transport planning for the development of Ukrainian cities in the course of European integration	5
<i>Бас К.М.</i> Кінематика автомобіля в просторі.....	12
<i>Біліченко В.В., Цимбал С.В., Коробов С.С.</i> Системний підхід до вдосконалення виробничої системи міських пасажирських перевезень.....	17
<i>Гандзюк М.О., Гандзюк Д.М.</i> Експериментальне дослідження маневреності модульного триланкового причіпного автопоїзда.....	22
<i>Горшков Т.Ш., Бутхузи Н.Б.</i> Автомобильный транспорт в логистической системе.	30
<i>Гуменюк Л.О., Онищук В.П., Павлова І.О., Сліченко А.М.</i> Моделювання процесу руху автомобілів на регульованому переході у середовищі AnyLogic	33
<i>Кужель В.П., Буда А.Г., Юров А.Р.</i> Варіанти моделювання зовнішніх форм автомобіля застосуванням сучасних технологій 3d графіки.....	38
<i>Літвінова Я.В.</i> Оцінка споживчої цінності послуг громадського транспорту в аспекті підвищення якості їх надання....	44
<i>Лотиш В.В., Гуменюк П.О., Демків В.О.</i> Імітаційне моделювання системи запобігання зіткнення автомобіля з пішоходом	50
<i>Маяк М.М., Мельничук С.В., Головня Р.М., Чуйко С.П.</i> До питання визначення технічної швидкості міського маршрутного автобусу в залежності від умов його експлуатації.....	58
<i>Пашкевич С.М., Кристопчук М.Є.</i> Аналіз параметрів функціонування об'єктів транспортної інфраструктури на формування транспортних та пасажирських потоків у містах.....	66
<i>Подригало М.А., Кайдалов Р.О., Абрамов Д.В., Молодан А.А., Гацько В.И., Мазин А.С.</i> Применение модели многокомпонентного сложного движения для оценки энергетической эффективности автомобиля.....	73
<i>Поляков В.М., Горпинюк А.В., Разбойников О.О.</i> Експериментальне визначення параметрів еластичних коліс фізичної моделі автомобіля.....	79
<i>Постранський Т.М., Афонін М.О.</i> Тривалість роботи водія як чинник впливу на безпеку руху.....	85

CONTENT

<i>V. Aulin, S. Lysenko, A. Hrinkiv, A. Chernai, A. S. Lukashuk.</i> Possibilities of tribotechnical recovery technologies for increasing wear resistance and durability of the associated parts of vehicles.....	5
<i>Bas K.M.</i> Spatial kinematics of a vehicle.....	12
<i>Bilichenko V., Tsymbal S., Korobov S.</i> System approach to improving the production system of urban passenger transportation.....	17
<i>N. Gandzyuk, D. Gandzyuk</i> Experimental research of the maneuverability of a three-tier modular trailer road train.....	22
<i>Gorchkov T.SH ; Butkhuzi N.B</i> Automobile Transport in Logistics system.....	30
<i>Gumenyuk L., Onyshchuk V., Pavlova I., Slichenko A.</i> Modeling the process of moving cars on regulated junctions in the Anylogic environment.....	33
<i>V. Kuzhel, A. Buda, A. Yurov.</i> External vehicles modeling options for application of 3D graphics modern technologies.....	38
<i>Ya. Litvinova.</i> Assessment of the public transport services consumer value in the quality improving aspects of their providing.	44
<i>Lotysh V.V., Gumeniuk P.O., Demkiv V.O.</i> Imitation modeling of the vehicle collision avoidance system with the pedestrian.....	50
<i>Maiak M.M., Melnichuk S.V., Holovnia R.M., Chuiko S.P.</i> To the question of determining the technical speed of the city bus considering the conditions of its operation of on the passenger route.....	58
<i>S. Pashkevych, M. Krystopchuk</i> Analysis of the parameters of the functioning of transport infrastructure facilities on the formation of transport and passenger flows in cities.....	66
<i>M. Podryhalo, R. Kaidalov, D. Abramov, A. Molodan, V. Hats'ko, O. Mazin</i> Application of the multicomponent complex movement model for estimation of the vehicle energy efficiency.....	73
<i>V. Poliakov, A. Gorpiniuk, A. Razboynikov.</i> Experimental determination of the parameters of the elastic wheels of the physical vehicle model.....	79
<i>Postransky T., Afonin M.</i> Driver's work duration as a factor in the impact on traffic safety.....	85

ЗМІСТ

<i>Рудзінський В.В., Мельничук С.В., Шумляківський В.П., Рафальський О.І.</i> Покращення екологічності експлуатації міського маршрутного автобусу шляхом оптимізації вибору його технічних характеристик.....	90
<i>Рябушенко О.В., Наглюк І.С.</i> Вплив обмеження швидкості на показники ефективності дорожнього руху в умовах великого міста.....	97
<i>Сакно В.П., Кузнєцов Р.М., Стельмащук В.В., Пазин Р.В.</i> Маневреність автопоїзда з причепами категорії О ₁ , О ₂	102
<i>Сітовський О.П., Дембіцький В.М., Мазилюк П.В., Медведєв І.І.</i> Оцінка паливної економічності міських автобусів у їздовому циклі приведеному до реальних умов руху	112
<i>Старжичны П., Папикова М.</i> Испытания систем аккумуляторных батарей электрических транспортных средств в соответствии с пересмотром Правил ЕЭК ООН №100.....	117
<i>Таран І.О., Литвин В.В.</i> Дослідження конкурентоспроможності міських автобусних маршрутів м. Дніпро.....	123
<i>Тарандушка Л.А., Костьян Н.Л.</i> Функціональна модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві.....	131
<i>Шарай С.М., Мурований І. С., Дехтяренко Д.О., Яценко В.М.</i> Підвищення ефективності процедур перетину кордону– потреба часу.....	137
<i>Шум Г.П., Захарчук В.І., Куць Н.Г.</i> Поліпшення паливної економічності паритетної мототехніки.....	142
Перелік зовнішніх рецензентів	148

CONTENT

<i>V. Rudzinskyi, S. Mel'nychuk, V. Shumliakivskyi, O. Rafal'skyi.</i> The improvement of environmental friendly operation of the city route bus by optimizing the choice of its technical characteristics.....	90
<i>A. Ryabushenko, I. Naglyuk</i> Effect of speed limits on traffic efficiency in a large city.....	97
<i>V.Sakhno, I.Myrovanyi, V.Stelmashchuk, R.Pazyn.</i> Maneuverability of the road train with trailers of category O ₁ , O ₂	102
<i>O. Sitovskyi, V. Dembitskyi, P. Mazylyuk., I. Medvediev</i> Evaluation fuel economy of city buses in the urban driving cycle, adjusted to actual traffic conditions.....	112
<i>P. Starzhichny, M. Papikova</i> Tests of Rechargeable Energy Storage Systems electric motor vehicles according to the revision of the UN ECE Regulation No. 100.....	117
<i>I. Taran, V. Litvin.</i> Competitiveness research of city bus routes in the city of Dnepr.....	123
<i>L. Tarandushka, N. Kostian.</i> Functional model of selection the strategy form organization of production for the qualitative performance of services at auto service enterprises....	131
<i>S. Sharai, I.Myrovanyi, D. Dekhtyarenko, V. Yashchenko.</i> Improving the effectiveness of border crossing procedures is a time-consuming task.....	137
<i>H. Shum, V. Zakharchuk, N. Kuts</i> The improvement of fuel economy of rare motorcycles.....	142
List of invited reviewers	148

Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Чернай А.Є., Лукашук А.П.
Центральноукраїнський національний технічний університет

МОЖЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Встановлено, що при реалізації триботехнологій відновлення спряжень зразків і деталей різних типів ефективним є застосування відновлювальної суміші КГМТ-1. При використанні цієї суміші на конструкціях трибоспряжень зразків і деталей I і III типу відбувається швидке та ефективне формування зносостійких шарів на поверхнях тертя. Показано зміну моменту тертя, а також зменшення інтенсивності зношування в 3...6 разів за рахунок використання відновлювальної суміші КГМТ-1.

Ключові слова: спряження деталей, технологія триботехнічного відновлення, відновлювальна суміш, покриття, олива, транспортний засіб, зносостійкість, довговічність

Постановка проблеми. Аналіз робіт вітчизняних і зарубіжних вчених свідчить, що всі відомі на цей час методи й засоби безрозбірного відновлення трибоспряжень деталей за компонентним складом відновлюваних сумішей, фізико-хімічними процесами їх взаємодії з поверхнею тертя, властивостям отриманих покриттів (захисних плівок), а також механізмами функціонування варто ділити на три основні групи: металоплакувальні композиції, що реалізують ефект вибіркового переносу; речовини, які полімеризуються; металокерамічні матеріали, які формують відновлювальні покриття та захисні плівки [1, 2]. До відновлювальних сумішею присадок, які дають найбільший техніко-економічний ефект, можливо віднести кондиціонери металу і інші поверхнево-активні речовини, а також добавки модифікаторів [3, 4]. Ці продукти відрізняються за умовами й способами застосування.

В роботах [5, 6] з фізичної точки зору обґрунтовано та розроблено технологічний процес електротрибохімічного плакування зразків і деталей трибоспряження "гільза циліндра-поршневе кільце" шаром міді в моторній оливі з додаванням гліцерату міді. Металографічними дослідженнями показано, що покриття міді не повністю займає площу поверхні, а розподіляється по локальним областям, в основному, на площах контакту. Коефіцієнт заповнення залежить від щільності струму, тиску, концентрації гліцерату міді в композиційній оливі.

Фізико-хімічні дослідження складу, структури та властивостей сформованого покриття при реалізації триботехнологій відновлення показали, що воно перебуває в нерівноважному стані і в процесі формування мають місце ряд ефектів:

- спостерігаються дифузійні процеси як на поверхні (С, О), так і на межі з основним металом з утворенням інтерметаліду CuFe, останнє суттєво підвищує міцність зчеплення;
- підвищена концентрація О і С приводить до зміцнення поверхневого шару міді і істотного зменшення його схильності до схоплювання;
- залежність щільності дислокацій, фізичного уширення рентгенівських ліній міді від параметрів трибопроцесу відображає наявність процесу пластифікації нанесеного шару міді при електротрибохімічному плакуванні;
- встановлено, що ефект пластифікування шарів міді, нанесеної при електротрибохімічному плакуванні, більш виражений при збільшенні питомого тиску в трибоспряженні зразків і деталей.

Застосування композиційної оливи забезпечує зниження початкового зносу деталей в процесі припрацювання спряжень деталей і прискорює формування рівноважної мікрогеометрії поверхонь тертя ($Ra=0,08$ мкм) за рахунок утворення тонкого плакувального шару антифрикційного матеріалу при електротрибохімічному плакуванні

За хімічним й фазовим складом в композиційній оливі можуть бути представлені ревіталізанти як суміші магнезійно-залізного силікату – серпентиніту $Mg_6\{Si_4O_{10}\}(OH)_8$, що є формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів. Кінцевими фазами при цьому є форстерит Mg_2SiO_4 і фаяліт Fe_2SiO_4 , а також, у невеликих кількостях, кремнезем SiO_2 і доломіти $CaMg(CO_3)_2$.

Хімічні елементи Fe і Al, що входять до складу триботехнічних відновлювальних сумішей, є каталізаторами утворення піролітичного вуглецю на границях зерен підповерхневого шару. На поверхнях тертя, за рахунок механохімічної активації аморфної фази двоокису кремнію SiO_2 і атомів металу, утворюється плівка металосилікату. По суті відбувається типова коливальна хімічна реакція

модифікування:



Аналогічне рівняння виводиться й для тривалентного алюмінію Al^{+3} . Як видно з рівняння, на поверхні утворюються кристали металосилікату з об'ємною анізотропною структурою, до того ж зв'язується й віддається розчинений у поверхневих шарах металу водень, тим самим запобігаючи водневому окрихчуванню спряження деталей.

Зазначимо, що хімічна складова утворення металокерамічного шару, з ревіталізаторів та модифікаторів тертя розроблена досить ґрунтовно в роботах [7, 8], але недостатньо досліджені триботехнічні характеристики та експлуатаційні властивості шару покриття. Автори робіт [3, 4] наводять показники ударної міцності й твердості металокерамічного шару, сформованого на поверхні деталі. Глибоких фізичних досліджень поверхневого та підповерхневого шарів, які сформовані на поверхнях тертя при обробці ревіталізаторами у відкритій літературі не виявлено.

Недостатньо досліджені динаміка утворення й руйнування металокерамічного шару на поверхнях тертя при використанні триботехнічних відновлювальних сумішей. При цьому зносостійкі покриття безумовно мають дисипативні та метастабільні структури. Відомості про стійкість покриттів, отриманих за допомогою технологій триботехнічного відновлення, в процесі експлуатації практично відсутні. Різними є відомості про товщину металокерамічних шарів, утворених на поверхнях тертя: від 0,005 до 0,7 мм.

Таким чином, до складу триботехнічних відновлювальних сумішей можуть входити структурні складові різного походження, при реалізації які обумовлюють різну зносостійкість при реалізації триботехнологій відновлення і формуванні покриттів на різних типах спряжень деталей систем і агрегатів засобів транспорту. Зазначене потребує наукового обґрунтування з точки зору забезпечення належного рівня зносостійкості поверхневих шарів деталей та їх довговічності.

У зв'язку з цим **метою роботи** є дослідження триботехнічних характеристик робочих поверхонь зразків і деталей, на яких сформовано покриття при реалізації триботехнології відновлення з використанням відновлювальної суміші КГМТ-1. Метою реалізовано розв'язанням завдань:

- вивчення процесів формування покриттів на робочих поверхнях зразків (деталей), використовуючи схему "кільце-кільце" на машині тертя 2070 СМТ-1;
- виявлення ефективності додавання відновлювальної суміші КГМТ-1 до оливи М-10Г_{2К} для формування покриття на робочій поверхні зразка (деталі);
- дослідження зміни моменту тертя різних типів спряжень зразків з напрацюванням на машині тертя 2070 СМТ-1;
- дослідження зміни інтенсивності зношування різних типів спряжень зразків з напрацюванням на машині тертя 2070 СМТ-1 з використанням методу акустичної емісії.

Результати досліджень. Досліджували зразки і деталі використовували сталь 45 (HRC52) і бронзу Бр.АЖ 9-4 (НВ95). Як мастильне середовище використовували моторну оливу М-10Г_{2К} – базова олива та оливу М-10Г_{2К} з додаванням триботехнічної відновлювальної суміші: базова олива+присадка КГМТ-1. Дослідження ефективності застосування відновлювальної суміші КГМТ-1 проводили на різних типах конструкцій трибоспрямижень зразків (табл. 1).

Табл. 1. Типи трибоспрямижень зразків (деталей) та характерні ознаки їх властивостей

Характерні ознаки властивостей трибоспрямижень зразків (деталей)				
Тип спряження	Рухомий зразок (деталь)		Нерухомий зразок (деталь)	
	Твердість матеріалу, H_p	Площа зони тертя, S_p	Твердість матеріалу, H_n	Площа зони тертя, S_n
I	більша	більша	менша	менша
II	менша	більша	більша	менша
III	більша	менша	менша	більша
IV	менша	менша	більша	більша

Широко розповсюдженою конструкцією є перший тип трибоспрямиження зразків (деталей), у яких матеріал рухомого зразка (деталі) має більшу твердість (H_p) і більшу площу зони тертя (S_p), а нерухомого – відповідно меншу твердість (H_n) і меншу площу зони тертя (S_n). Для трибоспрямижень другого типу характерним є $H_p < H_n$, $S_p > S_n$, третього типу – $H_p > H_n$, $S_p < S_n$ та четвертого типу – $H_p < H_n$, $S_p < S_n$. Інтенсивність зношування твердих і м'яких матеріалів зразків (деталей) трибоспрямижень четвертого типу однакова.

Відновлювальна суміш КГМТ-1 внесена в моторну оливу М-10Г_{2К} пройшла випробування на чотирикульковій машині тертя ЧШМ-К1. Випробування мали порівняльний характер. Вплив

присадки КГМТ-1 в складі моторної оливи М-10Г_{2К} порівнювали з базовою оливою М-10Г_{2К}. В процесі випробувань визначали показник зносу, критичне навантаження, і навантаження зварювання в середовищі оливи М-10Г_{2К} та композиційній оливі М-10Г_{2К}+ КГМТ-1. Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Табл. 2. Результати випробувань на чотирикульковій машині тертя ЧШМ-К1

Середні значення показників	М-10Г _{2К}	М-10Г _{2К} + КГМТ-1
Показник зносу, мм	0,560	0,454
Критичне навантаження, Н	1236	1570
Навантаження зварювання, Н	1962	2452

Отримані результати випробувань свідчать, що трибологічні характеристики моторної оливи після введення відновлювальної суміші КГМТ-1 покращилися: показник зносу зменшився на 19 %, а критичне навантаження зросло на 27 %. Це пояснюється формуванням шарів покриття на поверхнях кулькових зразків. Протизадирні властивості, які визначаються навантаженням зварювання, покращилися на 25%.

Результати досліджень закономірностей зміни моменту тертя (табл.3) та інтенсивності зношування (табл.4) представлені для різних типів трибоспрямижень зразків.

Табл. 3. Закономірності зміни моменту тертя $M_{тр}$ (мНм) в різних конструкціях трибоспрямижень зразків на базовій оливі (чисельник) і з додаванням суміші КГМТ-1 в оливу (знаменник) з напрацюванням

Тип конструкції трибоспрямиження зразків	Тривалість випробування, хв.											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
I	$\frac{1,2}{1,2}$	$\frac{2,4}{2,7}$	$\frac{2,7}{2,8}$	$\frac{2,7}{2,7}$	$\frac{1,8}{2,2}$	$\frac{1,8}{2,0}$	$\frac{1,8}{2,0}$	$\frac{1,7}{1,9}$	$\frac{1,7}{1,8}$	$\frac{1,8}{1,8}$	$\frac{1,8}{1,7}$	
II	$\frac{1,2}{1,7}$	$\frac{1,8}{2,2}$	$\frac{2,3}{3,0}$	$\frac{2,1}{2,9}$	$\frac{2,5}{2,8}$	$\frac{2,5}{2,9}$	$\frac{2,5}{2,9}$	$\frac{2,5}{2,9}$	$\frac{2,5}{2,9}$	$\frac{2,1}{2,9}$	$\frac{2,1}{2,9}$	
III	$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{2,5}{2,1}$	$\frac{2,4}{1,9}$	$\frac{4,3}{1,9}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,3}{1,8}$	
IV	$\frac{2,3}{2,2}$	$\frac{4,1}{2,6}$	$\frac{4,2}{3,0}$	$\frac{4,2}{3,1}$	$\frac{4,0}{3,6}$	$\frac{3,7}{3,6}$	$\frac{3,6}{3,6}$	$\frac{3,6}{3,5}$	$\frac{3,3}{3,4}$	$\frac{3,7}{3,1}$	$\frac{3,7}{3,1}$	

Табл. 4. Закономірності зміни інтенсивності зношування I_u (10^{-9}) в різних конструкціях трибоспрямижень зразків на базовій оливі (чисельник) і з використанням суміші КГМТ-1 в оливу (знаменник) з напрацюванням

Тип конструкції трибоспрямиження	Тривалість випробування, хв.											
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
I	$\frac{0,20}{0,28}$	$\frac{0,55}{0,40}$	$\frac{0,59}{0,39}$	$\frac{0,58}{0,38}$	$\frac{0,57}{0,30}$	$\frac{0,57}{0,24}$	$\frac{0,58}{0,22}$	$\frac{0,57}{0,21}$	$\frac{0,57}{0,20}$	$\frac{0,57}{0,20}$	$\frac{0,57}{0,20}$	
II	$\frac{0,40}{0,20}$	$\frac{0,60}{0,45}$	$\frac{0,75}{0,45}$	$\frac{0,83}{0,45}$	$\frac{1,00}{0,50}$	$\frac{1,12}{0,55}$	$\frac{1,15}{0,55}$	$\frac{1,18}{0,57}$	$\frac{1,19}{0,58}$	$\frac{1,19}{0,60}$	$\frac{1,20}{0,60}$	
III	$\frac{0,50}{0,50}$	$\frac{1,10}{0,65}$	$\frac{1,20}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,29}$	$\frac{1,21}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,20}$	$\frac{1,21}{0,20}$	
IV	$\frac{0,50}{0,40}$	$\frac{0,64}{0,60}$	$\frac{1,00}{1,20}$	$\frac{1,21}{1,15}$	$\frac{1,38}{1,22}$	$\frac{1,43}{1,22}$	$\frac{1,54}{1,21}$	$\frac{1,58}{1,21}$	$\frac{1,59}{1,20}$	$\frac{1,60}{1,20}$	$\frac{1,60}{1,20}$	

Можна бачити, що при роботі на моторній оливі М-10Г_{2К} з добавкою відновлювальної суміші КГМТ-1

процес припрацювання змінюється. Виявлено, що момент тертя має більшу величину та коливання. Інтенсивність зношування спряження зразків при роботі на базовій оливі і оливі з КГМТ-1, різко відрізняється. Після формування зносостійких захисних шарів на поверхнях тертя вона зменшується в три рази. Такий результат можна пояснити наступним чином. Тверді мікрочастинки триботехнічної відновлювальної суміші КГМТ-1 шаржуються в м'яку поверхню нерухомого зразка та, володіючи хорошою хімічною активністю, вступають в реакцію з лугами, які знаходяться в їх складі. Тиск і температура, які генеруються в процесі тертя, сприяють протіканню трибохімічної реакції утворення зносостійких шарів.

Біля поверхні тертя нерухомого бронзового зразка зафіксовано формування покриття, яке значно знижує інтенсивність зношування, але практично не змінює момент тертя. Виявлено, що таке покриття є пластичним та рухомих і може поводити себе як пружно-пластичне середовище.

Визначено позитивний ефект і на трибоспряженні зразків III типу, в якому нерухомий зразок виготовлено з м'якого матеріалу, тобто як і в трибоспряженні I типу. Можна припустити, що процес шаржування і процес протікання хімічних реакцій на поверхнях тертя в даному випадку проходить за тим же механізмом, що і в I типі трибоспряжень, але з тою відмінністю, що процес припрацювання протікає швидше і закінчується за 15...20 хвилин. Пояснюється це тим, що рухомий твердий зразок має меншу площу тертя, а отже і більш ефективно діє на м'яку поверхню спряженого зразка.

При застосуванні відновлювальної суміші КГМТ-1 незначно знижується момент тертя (табл. 3), але при цьому також майже в шість разів знижується інтенсивність зношування (табл. 4). Це свідчить про те, що ефективність використання відновлюваної суміші КГМТ-1 на трибоспряженнях зразків і деталей III типу краща, ніж на трибоспряженнях I типу.

Результати випробувань різних типів трибоспряжень зразків з хромованої сталі 45 і сірого модифікованого чавуну СЧМ представлено на рис.2-5.

Закономірності зміни моменту тертя та інтенсивності зношування трибоспряжень зразків I типу, наведено на рис. 2.

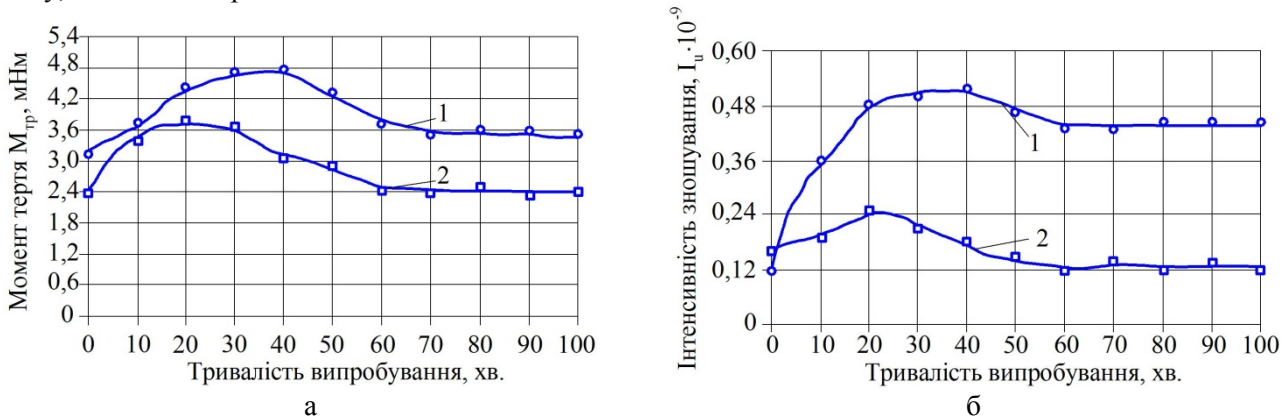


Рис. 2. Закономірності зміни моменту тертя (а) і інтенсивності зношування (б) трибоспряження зразків I типу в часі:

1 – базова олива М-10Г_{2К}; 2 – базова олива М-10Г_{2К} + КГМТ-1

Результати досліджень закономірностей зміни моменту тертя та інтенсивності зношування трибоспряження зразків другого, третього та четвертого типів наведена на рис. 3-5.

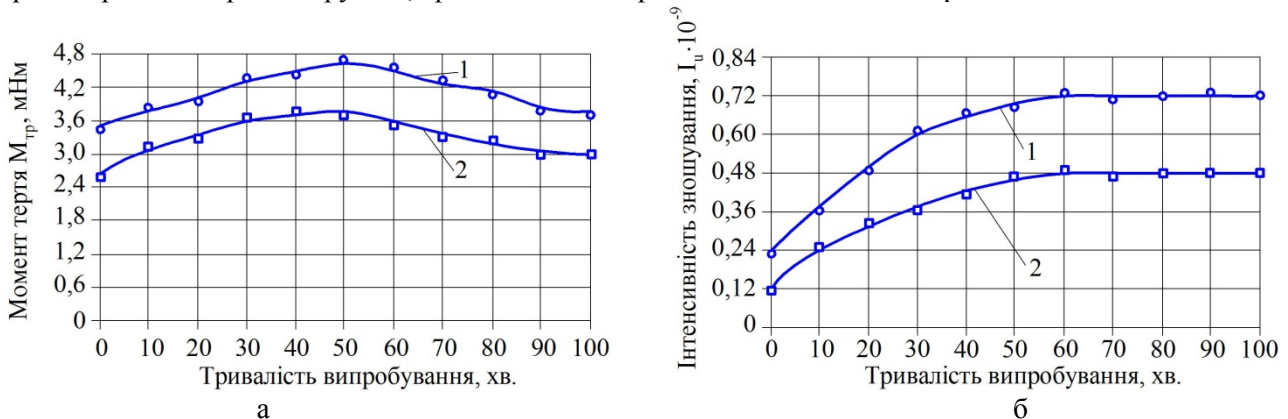


Рис. 3. Закономірності зміни моменту тертя (а) і інтенсивності зношування (б) трибоспряження II типу з часом:

1 – базова олива М-10Г_{2К}; 2 – базова олива М-10Г_{2К} + КГМТ-1

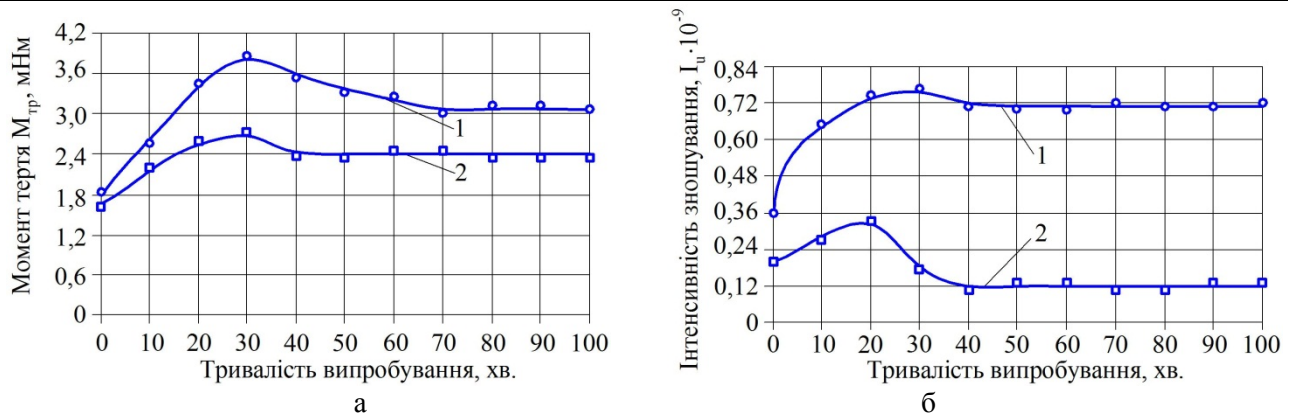


Рис 4. Закономірність зміни моменту тертя (а) і інтенсивності зношування (б) трибоспряження зразків III типу з напрацюванням:

1 – базова олива М-10Г_{2К}; 2 – базова олива М-10Г_{2К} + КГМТ-1

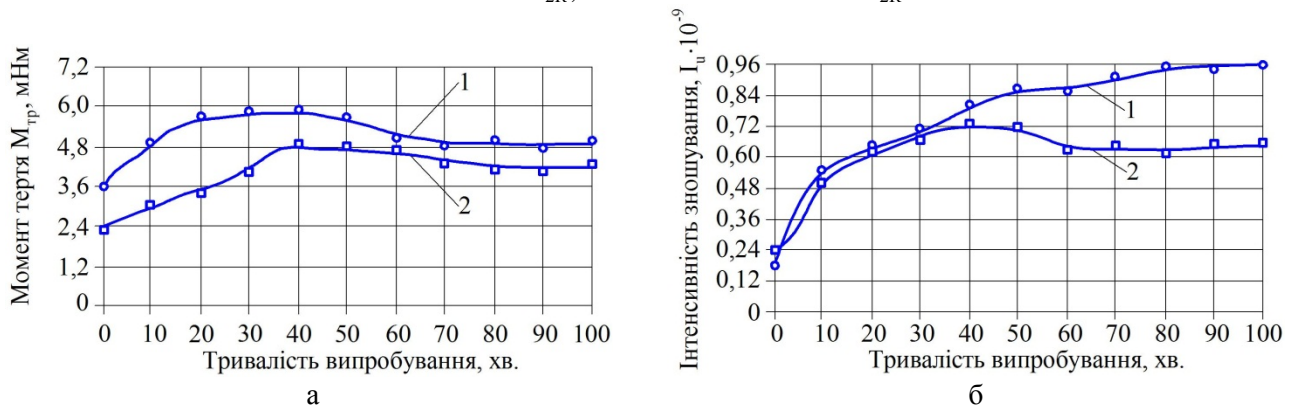


Рис. 5. Закономірність зміни моменту тертя (а) і інтенсивності зношування (б) трибоспряження IV типу в часі:

1 – базова олива М-10Г_{2К}; 2 – базова олива М-10Г_{2К} + КГМТ-1

В порівнянні з трибоспряженням, в якому використовували більш м'які матеріали, тривалість припрацювання трибоспряжень зразків I типу (рис. 2) збільшилась. Це можна пояснити покращенням трибологічних властивостей матеріалів. При цьому спостерігається збільшення моменту тертя. На відміну від трибоспряження матеріалів "сталь 45-Бр.Аж 9-4", для більш твердих матеріалів при використанні відновлювальної суміші КГМТ-1, момент тертя змінюється на більшу величину.

Після формування зносостійких шарів на поверхнях тертя, спостерігається характерне для I типу трибоспряжень зразків і деталей зменшення інтенсивності зношування. Зафіксовано також поліпшення властивостей у трибоспряженнях зразків і деталей III типу (рис.3). В цих трибоспряженнях отримано найбільший позитивний ефект від використання відновлювальної суміші КГМТ-1.

У трибоспряженнях II (рис. 4) і IV (рис. 5) типів ефект від використання присадки КГМТ-1 незначний. Це підтверджує справедливність припущення, яке використовували для пояснення поведінки твердих мікрочастинок відновлювальних сумішей, що формують основу зносостійкого покриття при триботехнологіях відновлення на різних типах трибоспряжень зразків і деталей.

Висновки

1. Результати експериментальних досліджень на машині тертя ЧШМ-К1 підтверджують ефективність застосування відновлювальної суміші КГМТ-1 при реалізації триботехнологій відновлення спряжень зразків і деталей різних типів.

2. Швидке та ефективне формування зносостійких шарів на поверхнях тертя відбувається на конструкціях трибоспряжень зразків і деталей I і III типу, причому трибоспряження III типу ефект проявляється швидше.

3. Після завершення формування зносостійких шарів набагато менше змінюється момент тертя у порівнянні з випробуваннями у базовому мастильному середовищі, а інтенсивність зношування зменшується в 3...6 раз.

4. На трибоспряженнях зразків і деталей II і IV типу ефективність застосування відновлювальної суміші КГМТ-1 недостатня, особливо це стосується трибоспряжень IV типу.

1. Балабанов В.И. Восстановление работоспособности ДВС в процессе эксплуатации / В.И. Балабанов // Автомобильная промышленность. – 1996. – №8. – С. 16-19.
2. Погодаев Л.И. Износостойкость пар трения серый чугуно-гальваническое хромовое покрытие при использовании смазочных композиций с различными присадками / Л.И. Погодаев, В.Н. Кузьмин, П.П. Дудко // Трение, износ, смазка. (Электр. ресурс). – www.tribo.ru. – 2000. – Т.2, №3. – С. 17-20.
3. Аратский П.Б. Применение геомодификаторов трения для увеличения ресурса работы металлообрабатывающего инструмента / П.Б. Аратский, А.Г. Капсаров // Трение, износ, смазка. (Электр. ресурс). – www.tribo.ru. – 2001. – Т.3, №1. – С. 7-10.
4. Половинкин В.Н. Антифрикционная противоизносная добавка в смазочные материалы минерального происхождения (геомодификатор трения) / В.Н. Половинкин, В.Б. Лянной, Ю.Г. Лавров // Трение, износ, смазка. (Электр. ресурс). – www.tribo.ru. – 1999. – Т.1, №1. – С. 17-21.
5. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення : монографія / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, О. В. Кузык, А. В. Гриньків, Д. В. Голуб; ред.: В. В. Аулін. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
6. Аулін В.В. Фізико-мезомеханічний підхід до виявлення характеру зношування спряжень деталей сільськогосподарської і автотранспортної техніки / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузык, І.В. Жилова // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2017. – №4 – С.82-86.
7. Погодаев Л.И. Структурно-энергетическая модель изнашивания / Л.И. Погодаев [и др] // Трение и износ. – 2001. – Т.22, №2. – С. 168-172.
8. Бершадский Л.И. Масштабное переупорядочение структуры и энтропийные эффекты при трении и износе металлов / Л.И. Бершадский // Физика износостойкости поверхности металлов. – Л., 1988. – С. 166–182.

REFERENCES

1. Balabanov, V. (1986). *Vosstanovlenie rabotosposobnosti DVS protsesse ekspluatatsii* [Restoration of the operability of internal combustion engine during operation]. *Automobile industry - Avtomobilnaya promyshlennost*, 8, 16-19 [in Russian].
2. Pogodaev, L., & Kuzmin, V., & Dudko, P. (2000). *Iznosostojkost par treniya seryj chugun-galvanicheskoe hromovoe pokrytie pri ispolzovanii smazochnyh kompozicij s razlichnymi prisadkami* [Wear resistance of friction pairs gray cast-galvanic chrome coating when using lubricating compositions with different additives]. *Trenie, iznos, smazka - Friction, wear, lubrication*, 3(2), 17-20. Retrieved from <http://tribo.ru> [in Russian].
3. Aratskij P., & Kapsarov, A. (2001). *Primenenie geomodifikatorov treniya dlya uvelicheniya resursa raboty metalloobrabatyvayushchego instrumenta* [The use of friction geomodifiers for increasing the life of a metalworking tool]. *Trenie, iznos, smazka - Friction, wear, lubrication*, 1(3), 7-10. Retrieved from <http://tribo.ru> [in Russian].
4. Polovinkin, V., Lyannoj, V., & Lavrov, Yu. (1999). *Antifrikcionnaya protivoznosnaya dobavka v smazochnye materialy mineralnogo proiskhozhdeniya (geomodifikator treniya)* [Antifriction antiwear additive in lubricants of mineral origin (friction geomodifier)]. *Trenie, iznos, smazka - Friction, wear, lubrication*, 1(1), 17-21. Retrieved from <http://tribo.ru> [in Russian].
5. Aulin, V., Lysenko, S., Kuzyk, O., Hryniv, A., & Holub D. (2016). *Trybofizychni osnovy pidvyshchennia nadiinosti mobilnoi silskohospodarskoi ta avtotransportnoi tekhniki tekhnolohiiamy trybotekhnichnoho vidnovlennia: monohrafiia* [Tribological bases of increasing the reliability of mobile agricultural and motor vehicles technology of tribotechnical restoration: monograph]. Кропивницький: Лисенко В.Ф. [in Ukrainian].
6. Aulin, V., Lysenko, S., Kuzyk, O., & Zhylova, I. (2017). *Fizyko-mezomekhanichni pidkhid do vyavlennia kharakteru znoshuvannia spriazhen detalei silskohospodarskoi i avtotransportnoi tekhniki* [Physico-mezomechanical approach to detecting the nature of wearing couplings of parts of agricultural and road vehicles]. *Problemy trybolohii - Problems of tribology*, 4, 82-86 [in Ukrainian].
7. Pogodaev, L. (2001). *Strukturno-ehnergeticheskaya model iznashivaniya* [Structural-energy model of wear]. *Trenie i iznos - Friction and wear*, 2(22), 168-172 [in Russian].
8. Bershadskij, L. (1988). *Masshtabnoe pereuporyadochenie struktury i ehntropijnye ehffekty pri trenii i iznosne metallov* [Scale rearrangement of the structure and entropic effects in the friction and wear of metals]. *Fizika-iznosostojkosti-poverhnosti-metallov - Physics of wear resistance of metal surfaces*, 166-182 [in Russian].

Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Чернай А.Є., Лукашук А.П. Возможности технологий триботехнического восстановления для повышения износостойкости и долговечности сопряженных деталей транспортных средств.

Установлено, что при реализации триботехнологий восстановления сопряжений образцов и деталей различных типов эффективно применение восстановительной смеси КГМТ-1. При использовании этой смеси на конструкциях трибоспряжений образцов и деталей I и III типа происходит быстрое и эффективное формирование износостойких слоев на поверхностях трения. Показано изменение момента трения, а также уменьшение интенсивности износа в 3...6 раз за счет использования восстанавливающей смеси КГМТ-1.

Ключевые слова: сопряжения деталей, технология триботехнического восстановления, восстановительная смесь, покрытие, масло, транспортное средство, износостойкость, долговечность.

V. Aulin, S. Lysenko, A. Hrinkiv, A. Chernai, A. Lukashuk. Possibilities of tribotechnical recovery technologies for increasing wear resistance and durability of the associated parts of vehicles.

It is established that when implementing tribotechnology for restoring conjugations of samples and parts of various types, it is effective to use the KGMT-1 restorative composition. When this mixture is used on the constructions of triboconjugations of samples and parts of type I and III, wear-resistant layers on the friction surfaces are rapidly and efficiently formed. Shown the change in the friction moment, as well as the decrease in the intensity of wear in 3...6 times due to the use of the repair composition KGMT-1.

Keywords: conjugation of parts, technology of tribotechnical recovery, repair composition, coating, oil, vehicle, wear resistance, durability.

АВТОРИ:

АУЛІН Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор кафедри «Експлуатація та ремонт машин», Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: AulinVV@gmail.com

ЛИСЕНКО Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація та ремонт машин», ЦНТУ, e-mail: sv07091976@gmail.com

ГРИНЬКІВ Андрій Вікторович, молодший науковий співробітник кафедри «Експлуатація та ремонт машин», ЦНТУ, e-mail: avgrinkiv@gmail.com

ЧЕРНАЙ Андрій Євгенійович, аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт машин» ЦНТУ, e-mail: chernayae91@gmail.com

ЛУКАШУК Андрій Петрович, аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт машин» ЦНТУ, e-mail: atdvnz@ukr.net

АВТОРЫ:

АУЛИН Виктор Васильевич, д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», Центральноукраинский национальный технический университет, e-mail: AulinVV@gmail.com

ЛЫСЕНКО Сергей Владимирович, к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ЦНТУ, e-mail: sv07091976@gmail.com

ГРИНЬКИВ Андрей Викторович, младший научный сотрудник кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ЦНТУ, e-mail: avgrinkiv@gmail.com

ЧЕРНАЙ Андрей Евгеньевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ЦНТУ, e-mail: chernayae91@gmail.com

ЛУКАШУК Андрей Петрович, аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ЦНТУ, e-mail: atdvnz@ukr.net

AUTHORS:

Viktor AULIN, Doctor of Science in Engineering, Professor Operation and repair of machines Department, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: AulinVV@gmail.com

Sergii LYSENKO, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Operation and repair of machines Department, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: sv07091976@gmail.com

Andrii HRINKIV, Junior research fellow operation and repair of machines Department, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: avgrinkiv@gmail.com

Andrii CHERNAI, Postgraduate Student of operation and repair of machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: chernayae91@gmail.com

Andrii LUKASHUK, Postgraduate Student of operation and repair of machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: atdvnz@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 23.05.2018р.

Бас К.М.
Національний транспортний університет

КІНЕМАТИКА АВТОМОБІЛЯ В ПРОСТОРИ

Кінематика автомобіля за різних режимів руху по трасі визначається заданим годографом, який відповідає істинній траєкторії руху і визначається в класі спірале-гвинтових ліній. Швидкість і прискорення автомобіля розглянуто в векторній і матричній формах стосовно нерухомої (земної) і рухомої (натуральний триєдр) декартових системах відліку.

Ключові слова: годограф, швидкість, прискорення, натуральний триєдр траєкторії, параметри Рогдріга - Гамільтона, кватерніонні матриці.

Постановка проблеми.

Завдяки своїм перевагам автомобільний транспорт широко застосовується в різних гірничотехнічних умовах практично на більшості підприємств гірничодобувних галузей України та усіх розвинених країн світу. На залізничних кар'єрах України автотранспорт набув найбільшого поширення: ним перевозять близько 60...70 % усієї гірничої маси [1,2].

Автоперевезення вважаються ефективними за таких умов: у процесі облаштування кар'єрів, зокрема при розробці родовищ з неправильними контурами, що мають обмежені розміри в плані (2,0...2,5 км), а також під час селективного виймання корисних копалин. При цьому річний обсяг перевезень може перевищувати 80 млн т; раціональна довжина транспортування становити 3...4 км, глибина кар'єрів – 200...300 м [2].

Специфіка відкритих гірничих робіт полягає в постійному переміщенні робочих місць, що й зумовлює особливості експлуатації кар'єрного транспорту. Тому кар'єрні дороги зазвичай являють собою складну трасу зі значними ухилами, частими поворотами малого радіуса кривизни. На них велика інтенсивність руху (100 і більше машин на годину); велике навантаження на вісь транспортного засобу (від 20 до 200 т залежно від його вантажопідймальності) [2]. Термін служби цих об'єктів нетривалий.

Подальший розвиток автотранспорту пов'язаний із застосуванням автомобілів великої вантажопідймальності, підвищенням їхньої надійності й терміну служби, удосконаленням автодоріг і систем технічної експлуатації.

Для зменшення витрат на транспортування, враховуючи значну вагу транспортних засобів та вантажу, складність схеми руху і часту зміну траси автомобільних доріг, через забезпечення технологічного процесу на підприємстві, виникає потреба в достовірному комп'ютерному моделюванні. Але моделі, що побудовані із застосуванням числових методів, потребують обов'язкової перевірки з використанням коштовного натурального експерименту.

У зв'язку з цим **метою роботи** є отримання залежностей для визначення кінематичних параметрів автомобіля у матричній формі, яка дозволяє проводити розрахунки прозоро і з високою точністю.

Результати досліджень.

Направляюча дорожньої поверхні. Кінематика автомобіля за різних режимів руху по трасі визначається заданим годографом $\vec{r}(t)$. Математичну модель дорожньої поверхні автомагістралі в розв'язках і поворотах можна побудувати у вигляді лінійчатої поверхні (поверхні Шухова). Направляюча цієї поверхні вибирається відповідно до істинної траєкторії руху автомобіля, який розглядається тут як матеріальна точка. Цю траєкторію можна надати в параметричній формі, де в якості параметра приймається час руху автомобіля в повороті, тобто годограф. Він відповідає істинній траєкторії руху, що визначена в класі спірале-гвинтових ліній, заданих в нерухомій (земній) системі координат [3].

Лінійна швидкість автомобіля на криволінійній ділянці. Відомо, що вектор лінійної швидкості матеріальної точки знаходиться за заданим годографом у вигляді [4]: $\vec{V} = \vec{i}\dot{r}_1 + \vec{j}\dot{r}_2 + \vec{k}\dot{r}_3$.

Величина швидкості визначається за допомогою скалярного добутку: $v^2 = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2$.

Величина швидкості, за визначенням, знаходиться як похідна від шляху за часом: $v = \frac{ds}{dt}$ або $v = \dot{s}$.

Тоді шлях, що пройдений матеріальною точкою за довільний відрізок часу, обчислюється за допомогою визначеного інтеграла із змінною верхньою межею:

$$s(t) = \int_0^t v(t) dt \text{ або } s(t) = \int_0^t \sqrt{\dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2} dt.$$

Вводячи шлях як проміжний аргумент, вектор швидкості надають у вигляді:

$$\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{ds} \frac{ds}{dt} \text{ або } \bar{V} = \frac{d\bar{r}}{ds} \dot{s}$$

і, вважаючи що $\frac{d\bar{r}}{ds} = \bar{\tau}$, отримаємо: $\bar{V} = \bar{\tau} \dot{s}$.

Вочевидь, що проекція вектору швидкості;

- на орт дотичної до просторової траєкторії: $\bar{\tau} \cdot \bar{V} = \bar{\tau} \cdot \bar{\tau} \dot{s}$ визначає величину швидкості: $V_\tau = \dot{s}$;
- на орт головної нормалі: $\bar{n} \cdot \bar{V} = \bar{n} \cdot \bar{\tau} \dot{s}$, тобто $V_n = 0$;
- на орт біномалі: $\bar{b} \cdot \bar{V} = \bar{b} \cdot \bar{\tau} \dot{s}$, тобто $V_b = 0$.

У векторно-матричній формулі отримаємо:

$$\left\| \begin{array}{ccc} \bar{\tau} & \bar{n} & \bar{b} \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{c} V_\tau \\ V_n \\ V_b \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{ccc} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{c} \dot{r}_1 \\ \dot{r}_2 \\ \dot{r}_3 \end{array} \right\|,$$

$$\text{або } \bar{\tau} \dot{s} = \bar{i} \dot{r}_1 + \bar{j} \dot{r}_2 + \bar{k} \dot{r}_3.$$

Скалярний добуток векторів представимо в кватерніонних матрицях [4]:

$$\left\| \frac{\bar{a} \cdot \bar{b}}{0} \right\| \leftrightarrow \frac{1}{2} (A_0 + A_0^t) b_0,$$

$$\text{де } A_0 = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ -a_1 & 0 & -a_3 & a_2 \\ -a_2 & a_3 & 0 & -a_1 \\ -a_3 & -a_2 & a_1 & 0 \end{array} \right\|, \quad A_0^t = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & a_1 & a_2 & a_3 \\ -a_1 & 0 & a_3 & -a_2 \\ -a_2 & -a_3 & 0 & a_1 \\ -a_3 & a_2 & -a_1 & 0 \end{array} \right\|, \quad b_0 = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{array} \right\|.$$

Тоді в земній системі координат отримаємо:

$$\left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \frac{1}{2} (\dot{R}_0 + \dot{R}_0^t) \dot{r}_0,$$

$$\text{де } \dot{R}_0 = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & \dot{r}_1 & \dot{r}_2 & \dot{r}_3 \\ -\dot{r}_1 & 0 & -\dot{r}_3 & \dot{r}_2 \\ -\dot{r}_2 & \dot{r}_3 & 0 & -\dot{r}_1 \\ -\dot{r}_3 & -\dot{r}_2 & \dot{r}_1 & 0 \end{array} \right\|, \quad \dot{R}_0^t = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & \dot{r}_1 & \dot{r}_2 & \dot{r}_3 \\ -\dot{r}_1 & 0 & \dot{r}_3 & -\dot{r}_2 \\ -\dot{r}_2 & -\dot{r}_3 & 0 & \dot{r}_1 \\ -\dot{r}_3 & \dot{r}_2 & -\dot{r}_1 & 0 \end{array} \right\|, \quad \dot{r}_0 = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ \dot{r}_1 \\ \dot{r}_2 \\ \dot{r}_3 \end{array} \right\|,$$

$$\text{або } \left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \left\| \begin{array}{cccc} 0 & \dot{r}_1 & \dot{r}_2 & \dot{r}_3 \\ -\dot{r}_1 & 0 & 0 & 0 \\ -\dot{r}_2 & 0 & 0 & 0 \\ -\dot{r}_3 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right\| \left\| \begin{array}{c} \dot{r}_1 \\ \dot{r}_2 \\ \dot{r}_3 \end{array} \right\|,$$

$$\text{тобто } \left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \left\| \frac{\dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2}{0} \right\|.$$

В осях натурального трієдру аналогічно отримаємо:

$$V_0 = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & V_\tau & V_n & V_b \\ -V_\tau & 0 & -V_b & V_n \\ -V_n & V_b & 0 & -V_\tau \\ -V_b & -V_n & V_\tau & 0 \end{array} \right\|, \quad V_0^t = \left\| \begin{array}{cccc} 0 & V_\tau & V_n & V_b \\ -V_\tau & 0 & V_b & -V_n \\ -V_n & -V_b & 0 & V_\tau \\ -V_b & V_n & -V_\tau & 0 \end{array} \right\|.$$

$$\text{Тобто } \left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \frac{1}{2}(V_0 + V_0') \nu_0,$$

$$\text{де } \nu_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ V_\tau \\ V_n \\ V_b \end{pmatrix}.$$

В розгорнутому вигляді:

$$\left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \begin{pmatrix} 0 & V_\tau & V_n & V_b \\ -V_\tau & 0 & 0 & 0 \\ -V_n & 0 & 0 & 0 \\ -V_b & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ V_\tau \\ V_n \\ V_b \end{pmatrix},$$

$$\text{або } \left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \begin{pmatrix} 0 & \dot{s} & 0 & 0 \\ -\dot{s} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ \dot{s} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$\text{Тобто } \left\| \frac{\bar{V} \cdot \bar{V}}{0} \right\| \leftrightarrow \left\| \frac{\dot{s}^2}{0} \right\|.$$

Звідки отримаємо очевидну рівність: $\dot{s}^2 = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2$.

Лінійне прискорення автомобіля на криволінійній ділянці. Вектор лінійного прискорення в земній системі координат знаходиться за заданим годографом у вигляді [5]:

$$\bar{W} = \frac{d^2 \bar{r}}{dt^2} \text{ або } \bar{W} = \bar{i}\ddot{r}_1 + \bar{j}\ddot{r}_2 + \bar{k}\ddot{r}_3.$$

Величина прискорення визначається за допомогою скалярного добутку:

$$\bar{W} \cdot \bar{W} = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2.$$

Вектор лінійного прискорення в осях натурального трієдру траєкторії має вигляд:

$$\bar{W} = \bar{\tau} \dot{s} + \bar{n} K \dot{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{тобто } W_\tau &= \bar{\tau} \cdot \bar{W}, & \text{або } W_\tau &= \dot{s}, & \text{або } W_\tau &= \frac{\dot{\bar{r}} \cdot \ddot{\bar{r}}}{|\dot{\bar{r}}|}, \\ W_n &= \bar{n} \cdot \bar{W}, & \text{або } W_n &= K \dot{s}^2, & \text{або } W_n &= \frac{|\dot{\bar{r}} \times \ddot{\bar{r}}|}{|\dot{\bar{r}}|}, \\ W_b &= \bar{b} \cdot \bar{W}, & \text{або } W_b &= 0, \end{aligned}$$

де K - кривизна.

Тоді $\bar{W} \cdot \bar{W} = \dot{s}^2 + K^2 \dot{s}^4$, тобто має місце рівність: $\dot{s}^2 + K^2 \dot{s}^4 = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2$.

Орієнтація природного тригранника в земній системі координат

Орти $\bar{\tau}$, \bar{n} , \bar{b} природного тригранника просторової, криволінійної траси визначаються заданим годографом в наступній векторній формі [6]:

$$\bar{\tau} = \frac{\dot{\bar{r}}}{|\dot{\bar{r}}|}, \quad \bar{n} = \frac{\dot{\bar{r}} \times (\ddot{\bar{r}} \times \dot{\bar{r}})}{|\dot{\bar{r}}| |\dot{\bar{r}} \times \ddot{\bar{r}}|}, \quad \bar{b} = \frac{\dot{\bar{r}} \times \ddot{\bar{r}}}{|\dot{\bar{r}} \times \ddot{\bar{r}}|}.$$

Тоді параметри Рогдріга - Гамільтона, що описують поворот (орієнтацію) природного тригранника (рухлива, пов'язана з автомобілем система відліку) в земній (нерухомій, інерціальній системі) координат, безпосередньо знаходяться по заданому годографу з наступного матричного рівняння:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0^2 \\ a_1^2 \\ a_2^2 \\ a_3^2 \end{pmatrix} = \frac{1}{|\dot{\vec{r}}| |\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}|} \begin{pmatrix} |\dot{\vec{r}}| |\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}| \\ |\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}| \dot{r}_1 \\ \ddot{r}_2 (\dot{r}_1^2 + \dot{r}_3^2) - \dot{r}_2 (\dot{r}_1 \dot{r}_1 + \dot{r}_3 \dot{r}_3) \\ |\dot{\vec{r}}| (\dot{r}_1 \dot{r}_2 - \dot{r}_2 \dot{r}_1) \end{pmatrix},$$

де $|\dot{\vec{r}}|^2 = \dot{r}_1^2 + \dot{r}_2^2 + \dot{r}_3^2$, $|\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}|^2 = (\dot{r}_2 \ddot{r}_3 - \dot{r}_3 \ddot{r}_2)^2 + (\dot{r}_3 \ddot{r}_1 - \dot{r}_1 \ddot{r}_3)^2 + (\dot{r}_1 \ddot{r}_2 - \dot{r}_2 \ddot{r}_1)^2$.

Відзначимо, що матриця $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ симетрична, невироджена і має наступну властивість

ортогональності: $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} = 4 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$

тобто зворотна матриця має вигляд: $\frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$

Тоді шукане рішення може бути знайдено в наступній матричній формі:

$$\begin{pmatrix} a_0^2 \\ a_1^2 \\ a_2^2 \\ a_3^2 \end{pmatrix} = \frac{1}{4|\dot{\vec{r}}| |\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}|} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} |\dot{\vec{r}}| |\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}| \\ |\dot{\vec{r}} \times \ddot{\vec{r}}| \dot{r}_1 \\ \ddot{r}_2 (\dot{r}_1^2 + \dot{r}_3^2) - \dot{r}_2 (\dot{r}_1 \dot{r}_1 + \dot{r}_3 \dot{r}_3) \\ |\dot{\vec{r}}| (\dot{r}_1 \dot{r}_2 - \dot{r}_2 \dot{r}_1) \end{pmatrix}.$$

Кінематична залежність компонент швидкості руху автомобіля в зв'язаній і земній системах координат. Компоненти швидкості автомобіля в земній системі координат і в осях природного тригранника пов'язані кінематичними співвідношеннями виду:

$$\begin{pmatrix} 0 \\ \dot{r}_1 \\ \dot{r}_2 \\ \dot{r}_3 \end{pmatrix} = A \cdot {}^t A \begin{pmatrix} 0 \\ V_\tau \\ V_n \\ V_b \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 0 \\ V_\tau \\ V_n \\ V_b \end{pmatrix} = A^t \cdot {}^t A^t \begin{pmatrix} 0 \\ \dot{r}_1 \\ \dot{r}_2 \\ \dot{r}_3 \end{pmatrix},$$

де A , ${}^t A$, A^t , ${}^t A^t$ - кватерніонні матриці в параметрах Родріго-Гамільтона: a_0 , a_1 , a_2 , a_3 [5,6].

Тут компоненти швидкості руху в осях природного тригранника мають вигляд:

$$V_\tau = |\dot{r}|, \quad V_n = 0, \quad V_b = 0.$$

Висновки. Розроблено матрично-векторний метод визначення траєкторії, швидкості та прискорення автомобіля на підставі годографа руху. Він дозволяє знаходити кривизну і скручування автомагістралі та відкриває можливості проведення досліджень з оцінки керованості автомобіля, динамічного навантаження його конструкції й дорожньої поверхні.

1. Монастирський, Ю.А. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України / Ю.А. Монастирський, А. В. Гальченко, А. С. Вівчарик// Вісник НТУ «ХПІ». – Х. : НТУ«ХПІ», 2014. – №9 (1052). – С. 38-42.

2. Ширін Л.Н. Транспортні комплекси кар'єрів: навч. посіб. / Л.Н. Ширін, О.С. Пригунов, О.В. Денищенко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2015. – 241 с.

3. Kravets, V., Kravets, T., Bas, K., Tokar, L. *Mathematical model of a path and hodograph of surface transport* / Transport problems, 2014. – P. 830-841.

4. Kravets T.V. *On the use of quaternion matrices in the analytical and computational solid mechanics*. Technical Mechanics, 2013. Issue 3.- P. 91-102.

5. Kravets, T.V. *Control forces and moments determining in the process of asymmetric aircraft along program trajectory of complex spatial configuration*. Technical Mechanics, 2003. № 1.- P. 60-65

6. Kravets, V.V., Kravets, T.V., Kharchenko, A.V. *Using quaternion matrices to describe the kinematics and nonlinear dynamics of an asymmetric rigid body* // Int. Appl. Mech., 2009. — 44. #2. — P. 223-232.

REFERENCES

1. Monastirskiy, U.A., Galchenko, A.V. & Vivcharik, A.S. (2014) *Analysis park open-pit dump-trucks enterprise of the central part of Ukraine*, Bulletin of NTU «KhPI». Series: Car- and tractorbuilding. — Kharkiv : NTU «KhPI», No9 (1052), pp. 38-42
2. Shyrin, L.N., Prygunov, O.S., Denyshtnko, O.V. (2015). *Transportation complexes of quarries: textbook. [Transportni kompleksi karyeriv: navch. posib.]*. Ministry of Education and Science of Ukraine, National Mining University. — D. : NMU, 2015. — 241p.
3. Kravets, V., Kravets, T., Bas, K. & Tokar, L. (2014). *Mathematical model of a path and hodograph of surface transport* // Transport problems, pp. 830-841.
4. Kravets T.V. (2013). *On the use of quaternion matrices in the analytical and computational solid mechanics*. Technical Mechanics. 2013. Issue 3: 91-102 pp
5. Kravets, T.V. (2003) *Control forces and moments determining in the process of asymmetric aircraft along program trajectory of complex spatial configuration*. Technical Mechanics. No. 1. P. 60-65
6. Kravets, V.V., Kravets, T.V., & Kharchenko, A.V. (2009) *Using quaternion matrices to describe the kinematics and nonlinear dynamics of an asymmetric rigid body* // Int. Appl. Mech. — 44. #2. — 223-232 pp.

Бас К.М. Кинематика автомобиля в пространстве

Кинематика автомобиля при различных режимах движения по трассе определяется заданным годографом, который соответствует истинной траектории движения и определяется в классе спирале-винтовых линий. Скорость и ускорение автомобиля рассматривается в векторной и матричной формах в неподвижной (земной) и подвижной (натуральный триэдр) декартовых системах отсчета.

Ключевые слова: годограф, скорость, ускорение, натуральный триэдр траектории, параметры Родрига-Гамильтона кватернионные матрицы.

Bas K.M. Spatial kinematics of a vehicle.

The kinematics of the vehicle in the context of various motion modes is determined by the specified hodograph corresponding to the true guidepath being identified in the class of spiral lines. Velocity of a vehicle as well as its acceleration is considered in both vector and matrix forms in terms of the fixed (terrestrial) and mobile (natural trihedral) Cartesian frame of reference.

Keywords: hodograph, speed, acceleration, natural trihedral of trajectory, Rodriguez-Hamilton parameters, quaternion matrices.

АВТОРИ:

БАС Костянтин Маркович, кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: k.m.bas.69@gmail.com

АВТОРЫ:

БАСС Константин Маркович, к.т.н., доцент, докторант кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: k.m.bas.69@gmail.com

AUTHORS:

Kostiantyn BAS, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Doctoral student of Department of Motor Vehicles, National Transport University, e-mail: k.m.bas.69@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 23.05.2018р.

Біліченко В.В., Цимбал С.В., Коробов С.С.
Вінницький національний технічний університет

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Виробнича системи міських пасажирських перевезень (ВСМПП), є однією з найважливіших складових інфраструктури сучасного міста, вона має істотний вплив на функціонування всіх його елементів

Ключові слова: міські перевезення; пасажирський транспорт; виробнича система; вдосконалення; системний підхід.

Постановка проблеми. Економічним призначенням ВСМПП є забезпечення населення міст перевезеннями при мінімальних витратах суспільно корисного часу на пересування, максимальному транспортному комфорту, що забезпечує мінімальну транспортну стомлюваність, мінімальній собівартості транспортної роботи для транспортних підприємств. Це пов'язано з тим впливом, який має ВСМПП на матеріальне виробництво сучасних міст. Як відомо, транспорт відноситься не до сфери матеріального виробництва, а до сфери обслуговування, сфери сервісу. Він не створює матеріальних цінностей, але забезпечує їх створення транспортним обслуговуванням промислових підприємств. Без ВСМПП зона впливу промислових підприємств на місто обмежувалася б зоною пішохідної доступності з невеликою кількістю населення, нездатним забезпечити їх робочою силою. ВСМПП розширює цю зону і поширює її практично на все місто. Від чіткої роботи ВСМПП залежить своєчасна доставка робітників і службовців від місць проживання до місць праці і, отже, ритмічність роботи промислових підприємств.

Таким чином, економічне значення ВСМПП полягає в тому, що через якість транспортного обслуговування вона безпосередньо впливає на матеріальне виробництво. В роботі ВСМПП основним є неприбутковість транспортних підприємств, а той економічний ефект, який пов'язаний зі зниженням витрат транспортного часу населення і підвищенням комфортабельності пасажирських перевезень.

Аналіз функціонування виробничої системи міських пасажирських перевезень в містах України показав, що сьогодні існує ряд проблем: нераціональний розподіл обсягів перевезень між різними видами транспорту, нераціональне співвідношення між різними видами і типами рухомого складу, які обслуговують міські автобусні маршрути, відсутність позитивної динаміки нарощування кількості рухомого складу автотранспорту великої і середньої місткості, недостатнє оновлення рухомого складу; зниження безпеки та якості пасажирських перевезень, зростання дорожньо-транспортних пригод та цілий ряд інших. Вирішення зазначених проблем потребує спеціальних у тому числі і наукових досліджень.

При дослідженнях спрямованих на підвищення ефективності функціонування ВСМПП доцільно розглядати її як складну систему. Визначальним, при застосуванні системних принципів досліджень, є поняття "система" і пов'язані з ним системні поняття (структура, ієрархія, складність, цілеспрямованість та ін.) У сучасній літературі можна знайти безліч визначень системи, кожне з яких відображає основні риси будь-якої системи, або певного класу систем. Система трактується при цьому, як сукупність елементів, визначеним чином пов'язаних між собою, і утворюють певну цілісність [1,2].

В даний час немає єдності у визначенні поняття "система". Так основоположник теорії систем Л. Фон Бертоланфі визначає систему як комплекс взаємодіючих елементів. Потім в визначення "система" стали включати додаткові ознаки (наявність зв'язку, відношення, мети, спостерігача і ін.) [1]. Одним з найбільш важливих і важких етапів при застосуванні системного підходу в дослідженні є виділення системи з навколишнього середовища - "системного оточення". Відповідно до завдання дослідження спостерігач задає критерії (системо утворюючі відношення або системо утворюючі властивості), на основі яких здійснюється віднесення тих чи інших об'єктів до системи, тобто визначаються елементи даної системи. Після того, як система виділена, спостерігач вирішує поставлене перед ним завдання з використанням емерджентних властивостей, тобто властивостей системи як цілісності, якими може бути не володіє жоден з окремо взятих елементів (хоча в

кінцевому рахунку, емерджентні властивості визначаються властивостями складових частин системи).

На автомобільному транспорті ідеї системного підходу успішно застосовували в своїх роботах такі вчені, як Аринін І.М., Афанасьєв Л. Л., Бідняк М. Н., Крамаренко Г.В., Кузнецов Є.С. Островський Н.Б., Островцев А.Н., Ротенберг Р.В. і інші [3].

Метою даної статті є розгляд виробничої системи міських пасажирських перевезень як складної системи, виділення підсистем та елементів розглядуваної системи з позицій підвищення ефективності її функціонування.

Основна частина.

Аналіз наукових праць що, до вдосконалення функціонування ВСМПП [3,4], а також дослідження функціонування систем міських пасажирських перевезень у містах України проведені авторами дозволили виділити наступні підсистеми виробничої системи міських пасажирських перевезень наведені на рис.1.

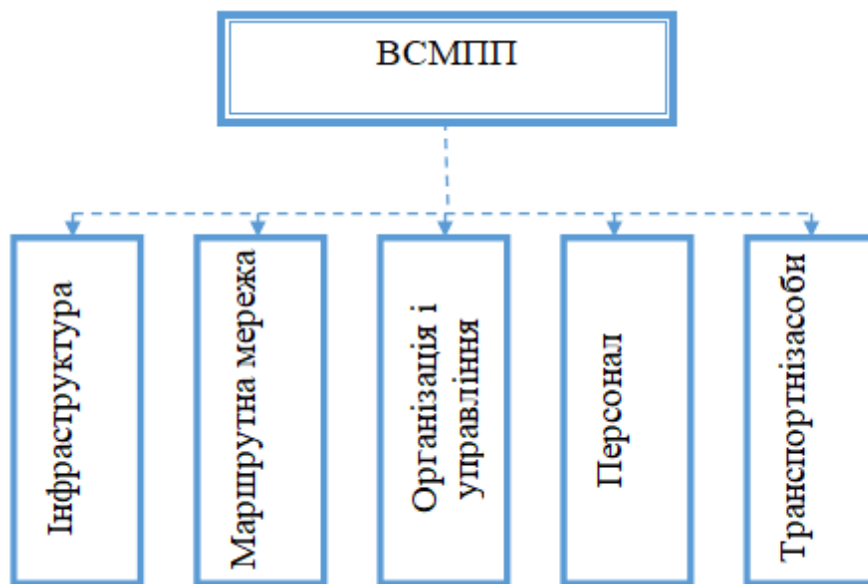


Рис. 1 Структура виробничої системи міських пасажирських перевезень

Модель ВСМПП може бути представлена у вигляді:

$$S = \{M, T, F, O, P\}$$

де М – маршрутна мережа; Т – транспортні засоби; F – інфраструктура перевезень; О – організація і управління; Р – персонал.

Кожна з наведених підсистем включає в себе певну кількість функціональних елементів або елементів які складають структуру підсистеми і визначають ефективність її функціонування а також ефективність функціонування системи в цілому з урахуванням емерджентності. Емерджентність це наявність у системи таких властивостей, які не властиві окремим її частинам, є однією з форм прояву найважливішого діалектичного принципу переходу кількісних змін у якісні.

Неважко помітити, що побудована за даним принципом система являє собою об'єктивну єдність певним чином взаємозв'язаних елементів, і дослідження системи якраз і полягає в виявленні і аналізі елементів, властивостей, відносин, властивих даній системі.

Підсистема маршрутна мережа включає елементи наведені на рис. 2.

Аналогічним чином будуються і структури інших підсистем.

Модель підсистеми маршрутної мережі буде мати вигляд :

$$M = \{m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7\}$$

де m_1 - загальна схема маршрутів;

m_2 – раціональний розподіл маршрутів між видами транспортних засобів;

m_3 – раціональні режими руху транспортних засобів;

m_4 – раціональна кількість і розташування зупинок;
 m_5 – дублювання маршрутів;
 m_6 – зручність пересадки на інший вид транспорту та маршрут;
 m_7 – протяжність та щільність маршрутної мережі міста.



Рис. 2. Структура підсистеми маршрутна мережа

Модель підсистеми транспортні засоби має вигляд :

$$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$$

де t_1 – раціональна кількість транспортних засобів;
 t_2 – раціональна пасажиромісткість транспортних засобів;
 t_3 – відповідність транспортних засобів сучасним вимогам;
 t_4 – наявність облаштувань для пасажирів з особливими потребами;
 t_5 – технічний стан транспортних засобів;
 t_6 – зовнішній вигляд і санітарний стан транспортних засобів;
 t_7 – технічне оновлення транспортних засобів.

Модель підсистеми інфраструктура перевезень буде виглядати:

$$F = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$$

де f_1 – стан дорожньої інфраструктури;
 f_2 – виробничо-технічна база підприємств;
 f_3 – стан зупинок та тротуарів;
 f_4 – зовнішній вигляд та інформативність зупинок.
 Модель підсистеми організація та управління має вигляд:

$$O = \{o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7\}$$

де o_1 – забезпечення встановлених інтервалів руху;
 o_2 – використання відведених смуг руху;
 o_3 – наявність єдиної диспетчерської служби;
 o_4 – наявність контролю за випуском і роботою рухомого складу на лінії;
 o_5 – нормативно-правова база перевезень;
 o_6 – використання ІТС або її елементів;
 o_7 – використання експресних перевезень.
 Модель підсистеми персонал та управління має вигляд:

$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$$

де p_1 – кваліфікація персоналу;
 p_2 – зовнішній вигляд персоналу служби перевезень;
 p_3 – психологічний стан служби перевезень;
 p_4 – професійна підготовка персоналу.
 З урахуванням вище наведеного системна модель ВСМПП має вигляд :

$$S = \begin{cases} M = (m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7) \\ O = (o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7) \\ T = (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7) \\ F = (f_1, f_2, f_3, f_4) \\ P = (p_1, p_2, p_3, p_4) \end{cases}$$

Висновок. Виробничу систему міських пасажирських перевезень при проведенні досліджень спрямованих на підвищення ефективності її функціонування доцільно розглядати як складну систему яка складається з певної кількості підсистем і елементів які є взаємопов'язаними і впливають один на одного. Вирішення питань пов'язаних з підвищенням ефективності функціонування системи можливе лише з урахуванням усіх підсистем і їх взаємовпливу.

1. Волкова В.Н. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи. / В.Н. Волкова, В.А. Воронков и др. - М.: Радио и связь, 1983. - 248 с.
2. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов — М.: Транспорт, 1990. - 272 с.
3. Афанасьев Л.Л. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / Л.Л. Афанасьев, А.И. Воркут, А.Б. Дьяков, Л.Б. Миротин, Н.Б. Островский. - М.: Транспорт, 1986. - 220 с.
4. Багдасаров А. М. Пассажирский автомобильный транспорт и организация его работы за рубежом / А.М. Багдасаров, И.Л. Цеханович. - М.: МАДИ, 1983.- 97 с.

REFERENCES

1. Volkova, V.N. & Voronkov V.A. (1983). *Teoriya sistem i metody sistemnogo analiza v upravlenii i svyazi [Theory of systems and methods of system analysis in management and communication]*. М.: Radio i svyaz [in Russian].
2. Kuznetsov Ye.S. (1990) *Upravleniye tekhnicheskoy ekspluatatsiyey avtomobiley [Management of technical operation of cars]*. М.: Transport [in Russian].
3. Afanas'yev L.L., Vorkut A.I., D'yakov A.B., Mirotin L.B. & Ostrovskiy N.B. (1986). *Passazhirskiye avtomobil'nyye перевозки [Passenger motor transport: a textbook for universities]*. М.: Transport [in Russian].
4. Bagdasarov A.M. & Tsekhanovich I.L. (1983). *Passazhirskiy avtomobil'nyy transport i organizatsiya yego raboty za rubezhom [Passenger motor transport and organization of its work abroad]*. М.: MADI [in Russian].

Біліченко В.В., Цимбал С.В., Коробов С.С. Системный подход к совершенствованию производственной системы городских пассажирских перевозок.

Производственная системы городских пассажирских перевозок (ПСГПП), является одной из важнейших составляющих инфраструктуры современного города, она оказывает существенное влияние на функционирование всех его элементов.

Ключевые слова: городские перевозки; пассажирский транспорт; производственная система; совершенствования; системный подход.

Bilichenko V., Tsybal S., Korobov S. System approach to improving the production system of urban passenger transportation.

The production system of urban passenger transportation is one of the most important components of the infrastructure of a modern city, it has a significant impact on the functioning of all its elements

Keywords: urban transportation; passenger transport; production system; improve; system approach.

АВТОРИ:

БІЛІЧЕНКО Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілів та транспортного менеджменту», Вінницького національного технічного університету, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

ЦИМБАЛ Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілів та транспортного менеджменту», Вінницького національного технічного університету, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

КОРОБОВ Сергій Сергійович, аспірант кафедри «Автомобілів та транспортного менеджменту», Вінницького національного технічного університету, e-mail: Dabl-s@ukr.net

АВТОРЫ:

БИЛИЧЕНКО Виктор Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобилей и транспортного менеджмента», Винницкого национального технического университета, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

ЦЫМБАЛ Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобилей и транспортного менеджмента», Винницкого национального технического университета, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

КОРОБОВ Сергей Сергеевич, аспирант кафедры «Автомобилей и транспортного менеджмента», Винницкого национального технического университета, e-mail: Dabl-s@ukr.net

AUTHORS:

Viktor BILICHENKO, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Serhii TSYMBAL, Ph.D., lecturer at the Department of Automotive and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

Serhii KOROBOV, postgraduate student of the Department of Automotive and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: Dabl-s@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 10.05.2018 р.

Гандзюк М.О., Гандзюк Д.М.
Луцький національний технічний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МАНЕВРНОСТІ МОДУЛЬНОГО ТРИЛАНКОВОГО ПРИЧІПНОГО АВТОПОЇЗДА

У роботі запропоновано методику проведення експериментальних досліджень руху модульного триланкового причіпного автопоїзда, що складається з тривісного автомобіля-тягача, двовісного підкатного візка з неповоротними осями (dolly) і тривісного напівпричєпа. Наведено результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: автопоїзд, модульний триланковий причіпний автопоїзд, компоновальна схема, причіпна ланка, причіп, напівпричєп, підкатний візок, габаритна смуга руху, маневреність, теоретичні дослідження, експериментальні дослідження.

Постановка проблеми. Поява сучасних потужних тягачів привела до значного підвищення максимальної швидкості руху автопоїздів. У результаті цього керування автопоїздом, що більш складне, ніж керування одиночним автомобілем, ще більше ускладнюється й вимагає особливої уваги й зусиль водія. Маневреність автопоїзда за аналогією з маневреністю одиночного автомобіля характеризується як здатністю керованого водієм тягача, що працює в складі автопоїзда, а також його причіпних ланок зберігати рух по заданій траєкторії та при мінімальних коректуваннях змінювати її за бажанням водія, використовуючи органи управління тягача, забезпечувати відповідність його габаритної смуги криволінійного руху (ГСП) зовнішнім обмеженням на опорній поверхні. Розглядаючи маневреність автопоїзда з такого погляду, можна стверджувати, що для автопоїзда вона завжди буде гірша, ніж для одиночного автомобіля. Це пояснюється більшою величиною поперечних коливань ланок автопоїзда в порівнянні з одиночним автомобілем, наявністю декількох рухливих елементів, з'єднаних шарнірно, більшими габаритними розмірами і рядом інших особливостей, властивих автопоїзду.

Практика експлуатації автопоїздів і виконані теоретичні дослідження показують, що характер руху автопоїзда може, в ряді випадків, значно змінюватися при зміні деяких конструктивних й експлуатаційних факторів - числа його ланок, розташування вантажу, тиску повітря в шинах, величини зазору в тягово-зчїпному пристрої, швидкості руху, дорожніх умов, а також при порушенні геометричних параметрів ходової частини причіпних ланок автопоїзда.

Дотепер проведено досить багато експериментальних досліджень, на основі яких можна було порівняти їх результати з результатами теоретичних досліджень, одержати певні характеристики, зрівняти маневреність одиночного автомобіля й автопоїзда й досліджувати, як змінюється маневреність автопоїзда при зміні різних його конструктивних параметрів й умов руху. Дослідження проводилися за допомогою натурних експериментів з автопоїздами і на моделях.

Проте експериментальних досліджень модульних триланкових причіпних автопоїздів проводилось дуже мало.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз публікацій показує, що робіт, присвячених дослідженню експлуатаційних властивостей багатоланкових автопоїздів (насамперед, триланкових) порівняно не багато. Так, у роботах [4], [5] розглянуто рух триланкових автопоїздів різних компоновальних схем у різних режимах руху. Дослідженню маневреності та стійкості руху автопоїздів компоновальної схеми «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок - тривісний напівпричєп» присвячені роботи [8], [9].

На сьогодні існує багато конструкцій багатоланкових автопоїздів. На наш погляд компоновальна схема з тривісним напівпричєпом, двовісним підкатним візком (dolly) і тривісним напівпричєпом є найбільш універсальною.

Крім того, завдяки введенню у математичну модель сил взаємодії кожного колеса з дорогою, можливо моделювання різних режимів руху автопоїзда (тягового, вільного та гальмівного), а також можливо враховувати вплив перерозподілу мас по осях та між бортами ланок автопоїзда.

Дослідженню експлуатаційних властивостей автопоїздів присвячені роботи Д.О. Антонова, С.С. Атаєва, В.Г. Вербицького, Я.Х. Закіна, Е.М. Ібрагімова, А.П. Колпакова, М.І. Кришеня, Л.Г. Лобаса, М. Мічке, С.Я. Марголіса, В.П. Сахно, Я.Є. Фаробіна, Д.Р. Елліса, а також інших вітчизняних та закордонних вчених. Аналіз публікацій показує, що достатньо добре вивчені закономірності руху

дволанкових автопоїздів. Робіт, присвячених дослідженню багатоланкових автопоїздів (насамперед, триланкових) порівняно не багато. Ця тематика почала досліджуватися в останні роки.

При наявності у автопоїзда більше трьох ланок суттєво ускладнюється дослідження руху такого багатоланкового АТЗ з причини необхідності врахування впливу значної кількості факторів на характер руху усіх ланок. Взаємодія сусідніх ланок при русі автопоїзда розповсюджується на весь транспортний засіб і призводить до певних відхилень складових автопоїзда від заданого ведучою ланкою (тягачем) напрямку руху. Враховуючи те, що автопоїзд як АТЗ є засобом підвищеної небезпеки, при вирішенні проблем щодо можливості експлуатації багатоланкових автопоїздів у числі перших слід робити кроки у напрямку теоретичних та експериментальних досліджень їх руху, результати яких будуть підґрунтям для відповіді на багато питань технічного, організаційного, юридичного характеру.

На підставі наведеного компоновальну схему автопоїзда з тривісним автомобілем-тягачем, двовісним підкатним візком (dolly) і тривісним напівпричепом (рисунок 1) як універсальну та перспективну (розроблено фірмами «Scania» та «Krone») обрано в якості об'єкта для дослідження його маневреності, що, насамперед, впливає на безпеку руху.

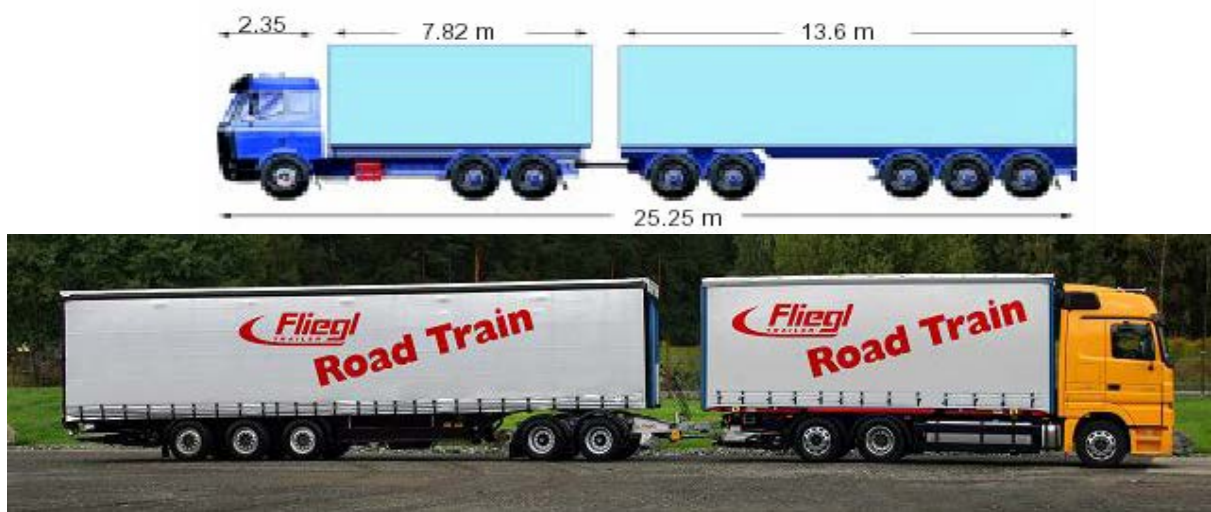


Рисунок 1 – Компоновальна схема триланкового автопоїзда з тривісним автомобілем-тягачем, двовісним підкатним візком (dolly) і тривісним напівпричепом довжиною 25,25м

Плоску математичну модель руху вказаного модульного триланкового причіпного автопоїзда запропоновано у роботі [1]. Вона дозволить у теоретичних дослідженнях визначати вплив компоновальної схеми та режимів руху вказаного автопоїзда на його експлуатаційні властивості.

Мета роботи. Викладене вище дозволяє сформулювати головне завдання виконання роботи, що полягає в тому, щоб на підставі експериментальних досліджень одержати дані, які характеризують показники маневреності причіпного триланкового автопоїзда, що складається з тривісного автомобіля-тягача, двовісного підкатного візка з неповоротними осями (dolly) і тривісного напівпричепа, а саме дотримання габаритної смуги руху (ГСР) при виконанні маневру «Поворот $R_{\Pi}=25$ м» та можливість автопоїзда вписуватися в коло з внутрішнім радіусом 5,3м і зовнішнім радіусом 12,5м, і провести аналіз, що дозволяє оцінити зміну маневрених властивостей автопоїзда залежно від його конструктивних особливостей.

Матеріали та результати досліджень.

В нашому випадку проведення досліджень на натурних зразках пов'язане з більшими матеріальними витратами, а можливості дослідження натурального зразка вказаного модульного триланкового автопоїзда неможливі.

У таких випадках завдання успішно виконується на масштабних і фізично подібних моделях та шляхом комп'ютерного моделювання.

При цьому слід зазначити, що такий метод проведення має істотні недоліки - неможливість моделювання всіх параметрів їхнього руху (зокрема, відведення шин, лінійні й кутові прискорення та інші), які в ряді випадків впливають на характер руху автопоїзда.

З огляду на викладене, для виконання експериментів використана програма комп'ютерного моделювання руху автопоїздів TrailerWIN.

Фінська компанія «TrailerWIN», яка створила цей продукт, заснована в 1982 році і є провідною компанією у галузі, що спеціалізується на створенні програмного забезпечення для різноманітних технічних розрахунків автобусів, вантажних автомобілів і причепів. Саме програмне середовище TrailerWIN складається із семи модулів:

- TrailerWIN;
- CraneWIN;
- FrameWIN;
- CornerWIN;
- DrivelineWIN;
- BusWIN and Seating Plan;
- BrakeWIN.

Метою експериментальних досліджень стала перевірка можливості дотримання габаритної смуги руху (ГСР) при виконанні маневру «Поворот $R_{\Pi}=25$ м» та перевірка можливості автопоїзда вписуватися в коло з внутрішнім радіусом 5,3м і зовнішнім радіусом 12,5м.

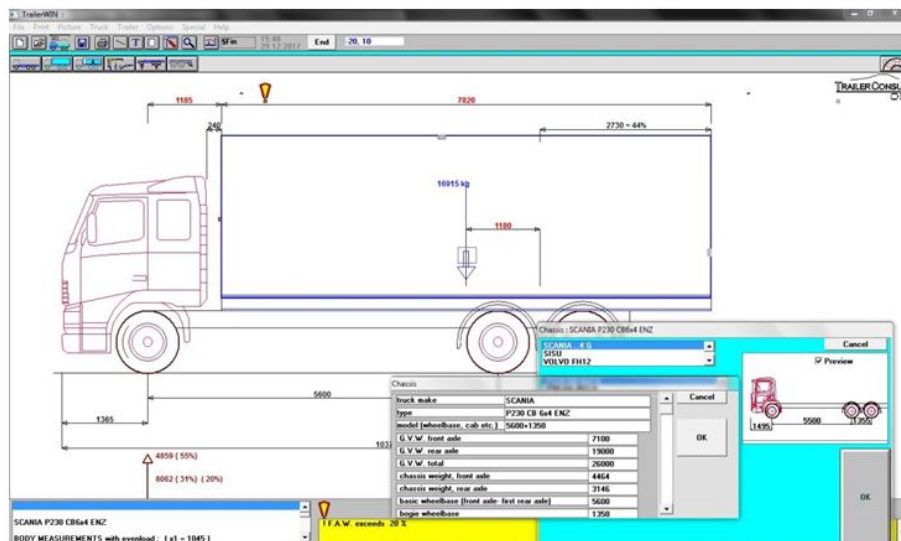
До задач експериментальних досліджень автопоїзда входило визначення показників маневреності, а саме величини габаритної смуги руху (ГСР) при виконанні маневру «Поворот $R_{\Pi}=25$ м» та перевірка можливості автопоїзда вписуватися в коло з внутрішнім радіусом 5,3м і зовнішнім радіусом 12,5м.

Об'єктом експериментальних досліджень є комп'ютерна модель модульного причіпного триланкового автопоїзда, що складається з тривісного автомобіля-тягача, двовісного підкатного візка з неповоротними осями і тривісного напівпричепа.

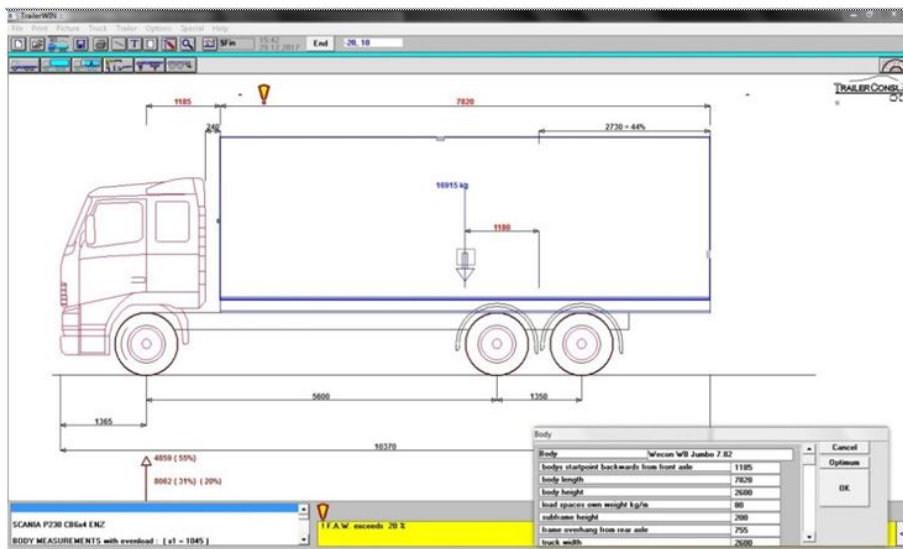
Програма експериментальних досліджень автопоїзда передбачає комп'ютерне моделювання виконання маневру «Поворот $R_{\Pi}=25$ м» триланковим автопоїздом з некерованими колесами напівпричепа та перевірку можливості вказаного автопоїзда вписуватися в коло з внутрішнім радіусом 5,3м і зовнішнім радіусом 12,5м.

Для виконання програми експериментальних досліджень було використано комп'ютерну модель модульного триланкового причіпного автопоїзда, що складається з тривісного автомобіля-тягача, двовісного підкатного візка з неповоротними осями і тривісного напівпричепа, створену у програмному середовищі TrailerWIN.

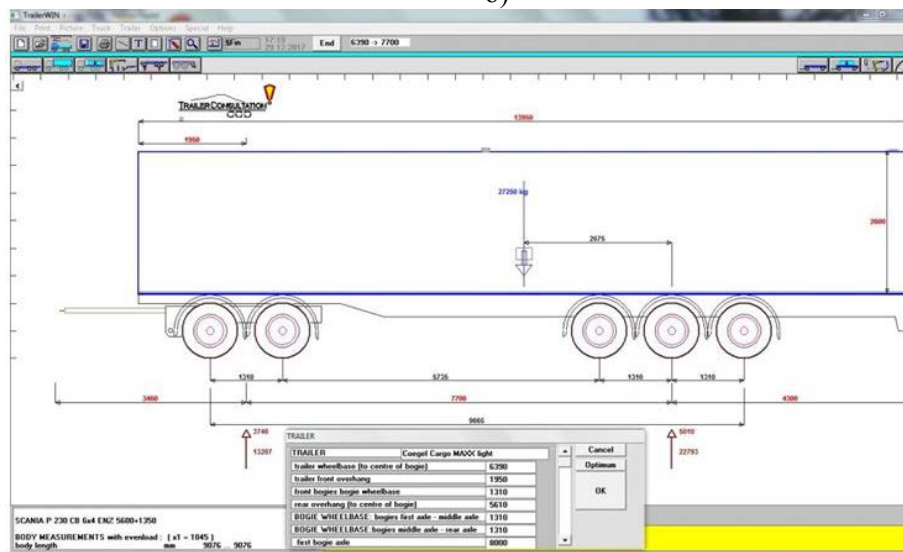
При створенні комп'ютерної моделі автопоїзда (рисунок 2) були використані реальні геометричні параметри кожної ланки автопоїзда.



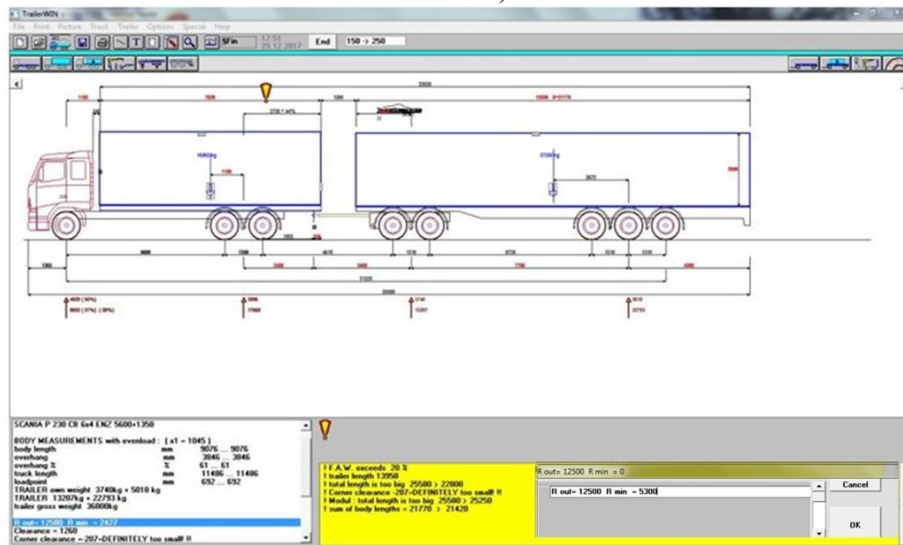
a)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Комп’ютерна модель експериментального автопоїзда
 а, б) автомобіль-тягач Scania P230 CB 6x4 ENZ із знімним кузовом Wecon WB Jumbo 7.82;
 в) напівпричіп Koegel Cargo MAXX light;
 г) експериментальний автопоїзд.

Розмітка ділянок для випробувань «Поворот $R_{П}=25\text{ м}$ » й «Рух по колу» здійснювалась у відповідності зі схемами, наведеними на рисунку 3 та рисунку 4.

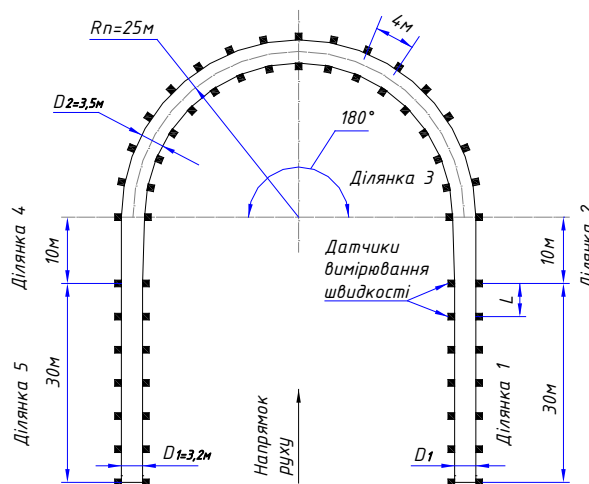


Рисунок 3 – Вигляд ділянки для випробувань «Поворот $R_{П}=25\text{ м}$ » згідно вимог Directive 96/53/EC при габаритній ширині транспортного засобу більше 2,5 м

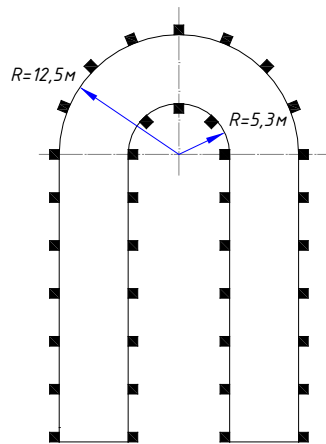


Рисунок 4 – Вигляд ділянки для випробувань «Рух по колу» згідно вимог Directive 96/53/EC

Ширина D_1 а також ширина D_2 коридору для випробувань «Поворот $R_{П}=25\text{ м}$ » наведені в таблиці 1 залежно від максимальної ширини АТЗ.

Таблиця 1 - Ширина коридору для випробувань, залежно від ширини АТЗ

Ширина АТЗ, м	Ширина розміченого коридору, м	
	Ділянка D_1	Ділянка D_2
До 1,3	1,6	1,9
Понад 1,3 до 1,5	1,8	2,1
1,5 – 1,7	2,0	2,3
1,7 – 1,9	2,2	2,5
1,9 – 2,1	2,4	2,7
2,1 – 2,3	2,6	3,0
2,3 – 2,5	2,9	3,5
2,5	3,2	3,5

Методикою проведення експериментальних досліджень передбачено комп'ютерне моделювання вказаних маневрів модульного триланкового причіпного автопоїзда у програмному середовищі TrailerWIN з використанням модуля CornerWIN.

Програма автоматично визначає внутрішній та зовнішній габаритні радіуси повороту.

Аналізуючи положення автопоїзда при випробуваннях «Поворот $R_{П}=25\text{ м}$ » (рисунок 5) можна стверджувати, що автопоїзд практично вписується в розмічений коридор руху. підтверджує те, що за

З впевненістю можна сказати, що досліджуваний модульний триланковий причіпний автопоїзд з некерованими колесами задньої осі напівпричепа не задовольняє вимоги Directive 96/53/EC по маневреності.

Висновки. Під час проведення експериментальних досліджень було встановлено, що досліджуваний модульний триланковий причіпний автопоїзд з некерованими колесами задньої осі напівпричепа не задовольняє вимоги Directive 96/53/EC по маневреності [11], [12]. Габаритна смуга руху за результатами експерименту більша за нормативну на 39,9%.

Для поліпшення маневреності причіпні ланки автопоїздів повинні бути обладнані системами керування осями або використовуватись самоустановлювальні осі чи самоустановлювальні колеса осей напівпричепа.

1. Гандзюк М.О., Селезньов Е.Л., Гандзюк Д.М. Розробка плоскої математичної моделі руху модульного триланкового причіпного автопоїзда у складі «автомобіль-тягач - двовісний підкатний візок з неповоротними осями (dolly) - тривісний напівпричіп» // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник, випуск 55, Луцьк: Редакційно видавничий відділ Луцького НТУ, 2016 – С.72-79.

2. Енглезі О.А. Дослідження кінематики повороту автопоїзда на фізичній моделі / О.А. Енглезі // Управління проектами, системний аналіз і логістика - К.: НТУ, 2007. - Вип. 5.

3. Закин Я.Х. Методы анализа маневренных свойств автопоездов / Закин Я.Х. - М.: Автотрансиздат, 1961. — 42 с.

4. Сахно В.П., Вороніна І.Ф., Стельмашук В.В. Поляков В.М. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на показники маневреності трьохланкових автопоїздів // Автошляховик України. Окремий випуск. – 2003. Жовтень. – С.98-101.

5. Сахно В.П., Вербицький В.Г., Вороніна І.Ф., Стельмашук В.В. До визначення показників маневреності і стійкості руху трьохланкових автопоїздів // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. К.:НТУ, 2003. - №17. - С.141-146.

6. Сахно В.П. Маневреність триланкових автопоїздів типу “В-Double” / Сахно В.П., Глінчук В.М., Марчук Р.М., Онищук В.П. // Проблеми автомобільного транспорту: Збірник наукових праць : Випуск 7. - Київ: НТУ, 2010.- С.187-198.

7. Сахно В.П. Маневреність та безпека руху триланкових автопоїздів різних компоновальних схем / В.П. Сахно, П.О. Гуменюк, Р.М. Марчук, В.П. Онищук, В.М. Придюк // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. Науковий журнал, 2011. - Вип. 4.

8. Сахно В. П. Математичне моделювання триланкових автопоїздів в поздовжній, вертикальній і поперечній площинах / В.П. Сахно, В.М. Поляков, В.М. Глінчук // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. Науковий журнал, 2013. - Вип. 3. - С.73-84.

9. Сахно В.П. Порівняльна оцінка маневреності триланкових автопоїздів різних компоновальних схем / В.П. Сахно, В.М. Поляков, Р.М. Марчук, П.О. Гуменюк // Автомобільний транспорт. Науково-виробничий журнал, 2013. - №1 (231). – С.2-6.

10. Фаробин Я.Е. Трехзвенные автопоезда / Фаробин Я.Е., Якобашвили А.М., Иванов А.М. и др. // Машиностроение, 1993, - 224 с.

11. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities, 2002. - No L67/47-49.

12. COUNCIL DIRECTIVE 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities, 1996. - No L235/59-75.

REFERENCES

1. Gandzyuk, M.O., & Seleznev, E.L., & Gandzyuk, D.M. (2016). Rozrobka ploskoyi matematychnoyi modeli rukhu modul'noho trylankovoho prychipnoho avtopoyizda u skladi «avtomobil' -tyahach - dvovisnyy pidkatnyy vizok z nepovorotnyy osyamy (dolly) - tryvisnyy napivprychip» [Development of flat mathematical model of motion of the module three-unit towed lorry convoy in composition a «car-tractor is a biaxial pidkatniy light cart with irrevocable axes (dolly) is a triaxial semitrailer]. *Naukovi notatky - The Scientific notes*, 55, 72-79 [in Ukrainian].

2. Enhlezi, O.A. (2007). Doslidzhennya kinematyky povorotu avtopoyizda na fizychniy modeli [Investigation of the kinematics of rotation of a train on a physical model]. *Upravlinnya proektamy, systemnyy analiz i lohistyka - Project Management, System Analysis and Logistics*, 5, [in Ukrainian].

3. Zakin, YA.X. (1961). *Metody analiza manevrennykh svoystv avtopoyezdov* [Methods for analyzing the maneuvering properties of road trains]. Moscow: Avtotransizdat [in Russian].

4. Sakhno, V.P., & Voronina, I.F., & Stel'mashchuk, V.V., & Polyakov, V.M. (2003). Vplyv konstruktyvnykh i ekspluatatsiynykh faktoriv na pokaznyky manevrenosti tr'okhlankovykh avtopoyizdiv [Influence of constructive and operational factors on indicators of maneuverability of three-axle road trains]. *Avtoshlyakhovyk Ukrainy - SUV of Ukraine, Installment*, 98-101 [in Ukrainian].

5. Sakhno, V.P., & Verbyts'kyi, V.H., & Voronina, I.F., & Stel'mashchuk, V.V. (2003). Do vyznachennya pokaznykiv manevrenosti i stiykosti rukhu tr'okhlankovykh avtopoyizdiv [To determination of indicators of maneuverability and stability of three-lane trains]. *Systemni metody keruvannya, tekhnolohiya ta orhanizatsiya vyrobnytstva, remontu ta ekspluatatsiyi avtomobiliv - System management methods, technology and organization of*

production, repair and operation of cars, 17, 141-146 [in Ukrainian].

6. Sakhno, V.P. (2010). Manevrenist' trylankovykh avtopoyizdiv typu "V -Double" [Maneuverability of three-lane automobile trains of the type "B-Double"]. *Problemy avtomobil'noho transportu - Problems of motor transport*, 7, 187-198 [in Ukrainian].

7. Sakhno, V.P. (2011). Manevrenist' ta bezpeka rukhu trylankovykh avtopoyizdiv riznykh komponoval'nykh skhem [Maneuverability and safety of three-lane trains of various combining schemes]. *Visnyk Donets'koyi akademiyi avtomobil'noho transportu - Bulletin of the Donetsk Academy of Automobile Transport*, 4, [in Ukrainian].

8. Sakhno, V.P. (2013). Matematychnе modelyuvannya trylankovykh avtopoyizdiv v pozdovzhniy, vertykal'niy i poperechniy ploshchynakh [Mathematical modeling of three-axle road trains in longitudinal, vertical and transverse planes]. *Visnyk Donets'koyi akademiyi avtomobil'noho transportu - Bulletin of the Donetsk Academy of Motor Transport*, 3, 73-84 [in Ukrainian].

9. Sakhno, V.P. (2013). Porivnyal'na otsinka manevrenosti trylankovykh avtopoyizdiv riznykh komponoval'nykh skhem [Comparative estimation of maneuverability of trilanked automobile trains of different layout schemes]. *Avtomobil'nyy transport - Automobile transport*, 1 (231), 2-6 [in Ukrainian].

10. Farobin, YA.Ye. (1993). *Trekhzvennyye avtopoyezda [Three-link road train]*. Moscow: Mechanical Engineering [in Russian].

11. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities, 2002. - No L67/47-49.

12. COUNCIL DIRECTIVE 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities, 1996. - No L235/59-75.

Гандзюк Н.А., Гандзюк Д.Н. Экспериментальное исследование маневренности модульного трехзвенного прицепного автопоезда.

В работе предложена методика проведения экспериментальных исследований движения модульного трехзвенного прицепного автопоезда, состоящего из трехосного автомобиля-тягача, двухосной подкатной тележки с неповоротными осями (dolly) и трехосного полуприцепа. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: автопоезд, модульный трехзвенный прицепной автопоезд, компоновочная схема, прицепное звено, прицеп, полуприцеп, подкатная тележка, габаритная полоса движения, маневренность, теоретические исследования, экспериментальные исследования.

N. Gandzyuk, D. Gandzyuk. Experimental research of the maneuverability of a three-tier modular trailer road train.

In the paper, a technique for conducting experimental studies of the movement of a modular three-link trailer road train consisting of a three-axle tractor truck, a biaxial trolley with non-rotating axles (dolly) and a triaxial semitrailer is proposed. The results of experimental studies are presented.

Keywords: road train, modular three-link trailer road train, layout scheme, trailer link, trailer, semitrailer, sub cart, overall lane, maneuverability, theoretical studies, experimental studies.

АВТОРИ:

ГАНДЗЮК Микола Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри АТТ Луцького національного технічного університету, e-mail: Gandzyuk64.MG@gmail.com

ГАНДЗЮК Дмитро Миколайович, магістр транспорту, аспірант Луцького національного технічного університету, e-mail: Gandzyukd@gmail.com

АВТОРЫ:

ГАНДЗЮК Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры АТТ Луцкого национального технического университета, e-mail: Gandzyuk64.MG@gmail.com

ГАНДЗЮК Дмитрий Николаевич, магистр транспорта, аспирант Луцкого национального технического университета, e-mail: Gandzyukd@gmail.com

AUTHORS:

Nikolay GANDZYUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: Gandzyuk64.MG@gmail.com

Dmitriy GANDZYUK, Magistr of Transport, Postgraduate Student of Lutsk National Technical University, e-mail: Gandzyukd@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 20.04.2018р.

Горшков Т.Ш., Бутхузи Н.Б.
Грузинский технический университет

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Рассматривается вопрос о рациональных сферах использования грузового автомобильного транспорта в логистической системе, так как в затратах на организацию товародвижения в цепях поставок логистических систем значительный вес имеют транспортные расходы. Описаны пути и возможности грузовых автотранспортных компаний конкурировать на рынке транспортных услуг.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, грузовые перевозки, автотранспортная компания, логистические системы, рынок услуг, конкуренция, товародвижение.

Постановка проблемы. В составе транспортной системы Грузии автомобильный транспорт занимает ведущее положение по динамике развития и востребованности услуг. В настоящее время сфера автомобильных грузоперевозок в логистической системе страны отмечается рядом существенных задач – при взаимодействии и конкуренции автомобильного транспорта с другими видами транспорта следует учитывать:

- развитие экономических связей в регионе и плотность транспортной сети на грузообразующей территории;
- технико-эксплуатационные характеристики транспортных средств, как внутри автомобильной отрасли, так и других видов транспорта;
- достигнутый уровень качества управления и мониторинга перевозочного процесса;
- способность, различных видов транспорта, в логистических каналах повышать гибкость и адаптивность системы менеджмента к возможным сбоям при перевозке грузов и сервисном обслуживании;
- ценовую оценку транспортных затрат;
- потенциал конкурентоспособности на рынке грузовых перевозок.

В статье, на основе экспертных заключений и динамики деятельности грузовых перевозок, обосновывается необходимость применения логистических подходов в организации перевозки грузов автомобильным транспортом. Важность вопроса обусловлена тем, что в условиях рыночной экономики только высокоорганизованные и конкурентоспособные системы (грузовые автотранспортные компании) качественным управлением могут добиться эффективной работы.

Результаты. Развитие рыночной экономики, как известно, идет по пути глобализации деятельности компаний, в том числе автотранспортных грузовых компаний, и которая предопределяет концентрацию компаний на ключевых компетенциях и аутсорсинг непрофильных направлений, стремление к совершенствованию логистической цепочки и оптимизации затрат на её звеньях. Данный подход наиболее эффективен в случае ускорения оборачиваемости оборотных средств компании и которое, в основном, обеспечивается решением основного звена логистической системы – процесса товародвижения. В связи с этим резко возрастает роль и значение транспортировки – как ключевой логистической функции компании (предприятия).

Актуальность совершенствования автомобильного грузового транспорта в логистической системе компании (предприятия) в последние годы постоянно возрастает, что в значительной степени объясняется развитием инфраструктуры внутреннего и внешнего товарных рынков, увеличением товарооборота, активного участия автомобильного транспорта в смешанных грузоперевозках, ужесточением конкурентной борьбы и все возрастающей необходимостью к оптимизации затрат на всех участках логистической цепи, особенно на её транспортной составляющей.

Как известно, в системе логистики товародвижения грузовой автомобильный транспорт обладает определенными особенностями:

- по объему грузооборота автомобильные перевозки занимают устойчивую позицию с тенденцией к увеличению;
- грузовой автомобильный транспорт участвует во всех транспортных цепочках, обеспечивая логистическую доставку грузов непосредственно от производителя (продавца) до транспортных узлов и терминалов;

- грузовой автомобильный транспорт способен обеспечивать необходимую регулярность поставки грузов разного тоннажа и практически неограниченного ассортимента;
- существующая система быстрого оформления дорожной документации.

Анализ деятельности грузового автомобильного транспорта на рынке транспортных услуг как в Грузии так и в регионе выявил ряд проблемных вопросов, сдерживающих развитие отрасли:

- высокие цены на новые грузовики которые сдерживают вопросы обновления и расширения парка автомобильного транспорта;
- инвестиционный и кредитный дефицит, вызванный внешними вызовами;
- перманентный рост цен на горючее;
- экономико-финансовая ситуация сдерживающая платежеспособность на транспортные и логистические услуги;
- проблемы технического и сервисного обслуживания транспортных средств грузоперевозчиков, особенно на автомобильных магистралях;
- из – за линейной конфигурации транзитной транспортной сети сохраняется высокий уровень конкуренции с железнодорожным транспортом;
- недостаточный уровень регулирования и координации деятельности участников грузоперевозок автомобильным транспортом со стороны государственных организаций и ведомств;
- наплыв, более современных, грузовиков иностранных компаний – перевозчиков, вызвавших обострение конкуренции как на внутренних линиях страны, так и на транзитных и экспортных направлениях.

Не менее важной, но часто «незаметной» проблемой компаний автоперевозчиков являются недостатки в подборе и управлении персоналом, включая водителей, управленческих менеджеров и логистов. Не каждая автотранспортная компания проводит обязательное регулярное медицинское предрейсовое освидетельствование водителей.

Завершающей темой в рассмотрении проблем автоперевозок следует обозначить вопросы межотраслевого взаимодействия, поскольку грузовой автомобильный транспорт участвует во всех смешанных логистических направлениях при перевозке грузов. Например, сбой при перевозках на одном из видов транспорта вызывает незамедлительный спрос на услуги конкурирующего вида транспорта, что предопределяет резкие изменения в её менеджменте. Такое явление связано с медленным и не всегда рациональным продвижением идеи упорядочения грузовых транспортных потоков за счет создания крупных логистических центров.

На территории Грузии действуют более сотни автотранспортных компаний и отдельных предпринимателей, ориентированных на осуществление грузоперевозок. Естественно данное обстоятельство предопределяет существование конкурентной среды и возможности конкурентной борьбы. Обострение конкурентной борьбы в этом сегменте транспортной системы имеет двоякое влияние: с одной стороны, у автотранспортных компаний появляются весомые стимулы для совершенствования своей деятельности (перевозки, услуги, логистика), но с другой стороны, требует со стороны государства создания необходимых регламентирующих и регулирующих усилий для искоренения, между компаниями – перевозчиками, неправых бизнес – методов.

Следует отметить, что возможность грузовых автотранспортных компаний конкурировать на рынке транспортных услуг в основном зависит от конкурентоспособности перевозок и совокупности производственно-финансовой деятельности компании, оказывающих воздействие на результаты конкурентной борьбы.

Возможности повышения конкурентоспособности транспортной компании непосредственно связаны с функциями его внутрифирменного управления:

- концентрация и использование ресурсов;
- организация перевозочного процесса;
- организация маркетинговых исследований;
- увеличение доходности, финансовой устойчивости, несение рисков;
- накопление опыта.

Концентрация и использование ресурсов. Грузовые автотранспортные компании в своей деятельности осуществляют соединение и использование материальных, денежных и трудовых ресурсов – поэтому необходимо получить их в свое распоряжение, добившись при этом, чтобы по своим качественным и стоимостным характеристикам они были пригодны для организации конкурентоспособных перевозок.

Организация перевозочного процесса. Влияние рыночной среды на автотранспортную компанию сказывается на «входе» в производственный процесс через цены и качество потребляемых ресурсов, и на «выходе» из него через спрос на предлагаемые перевозки. Но сама организация перевозок – выбор технологии, техническое состояние подвижного состава, создание стимулов к труду, контроль качества и т.п.

- является сугубо внутрифирменной проблемой. Поэтому, организуя перевозочный процесс, автотранспортная компания находит собственный способ удовлетворения объективных требований рынка.

Организация маркетинговых исследований. Сущность данной функции заключается в целесообразности предлагать продукты, пользующиеся спросом (с учетом сегментации рынка и изучения спроса), а не продавать то, что уже произведено. К основным факторам, воздействующим на отношение потребителей к транспортной продукции компании относят: коммерческие условия (например – долгосрочные контракты, гибкое тарифное регулирование и т.п.); организация мониторинга процесса перевозок (например – доставка груза точно в срок, сохранность груза, безопасность движения и т.п.); представление о компании (например – информировать потенциальных клиентов о сумме скидок, видах оказываемых услуг, сервисе и т.п.). Необходимо также стимулировать реализацию транспортной продукции, для чего использовать широкий спектр маркетинговых приемов.

Увеличение доходности, финансовой устойчивости, несение рисков. Рост финансовых показателей, устойчивости является одной из основных целей всей производственно-финансовой деятельности автотранспортной компании и что, в первую очередь, позволит увеличить инвестиционные возможности. Что касается неотъемлемого элемента рыночного механизма – экономических рисков, то для компании выбор объема и характера принимаемых на себя рисков - важный элемент общей стратегии, отличающий его рыночное поведение от других.

Накопление опыта. Способность к самообучению, к повышению степени совершенствования технологии грузоперевозок, внедрение современных средств информатизации и автоматизации определяет эффективность выполнения всех функций, а значит рыночный успех компании. Для оценки реальных возможностей в конкурентной борьбе компания должна придавать большое значение анализу своих сильных и слабых сторон, разрабатывать меры и средства, за счет которых она сможет повысить свою конкурентоспособность.

Заключение. Автотранспортный комплекс страны, постепенно наращивая и укрепляя свое присутствие в транспортной системе, имеет неплохие перспективы развития и совершенствования, но при этом изобилует немалым количеством проблем и нерешенных вопросов. Решение возникающих вопросов требует от транспортных компаний комплексных и системных усилий и реального участия в процессе организации и функционирования грузоперевозок государственных структур для обеспечения национальных интересов.

1. Горшков Т. Ш. Некоторые аспекты логистики грузовых перевозок, Научно-технический журнал «Транспорт и машиностроение», №2(39),2017г. ГТУ, Тбилиси

2. Кирилова А.Г. Мультимодальные контейнерные и контрейлерные перевозки, М., ВИНТИ РАН, 2011 г.

REFERENCES:

1. Gorshkov T., Some aspects of logistics of freight transportation, Transport and machintbulding, №2(39), 2017, GTU, Tbilisi
2. Kirillova A.G. Multimodal container and contrailer transportation, M., VINITI of RAS, 2011

Gorchkov T.SH ; Butkhuzi N.B Automobile Transport in Logistics system

The article discusses areas of automobile transport in the logistics system, in organize of goods movement, in delivery chain and transportation costs formation. There is description of possibilities of the cargo transportation company in the specific environment of the transport service market.

Keywords: road transport, freight transport, trucking company, logistics systems, service market, competition, commodity circulation

АВТОРЫ:

ГОРШКОВ Теймураз Шотаевич, профессор Департамента логистики Грузинского технического университета, tgor777@mail.ru

БУТХУЗИ Натия Бондоевна, профессор Департамента логистики Грузинского технического университета. natiaksi@mail.ru

AUTHORS:

Teymuraz GORSHKOV, Professor of the Department of Logistics of the Georgian Technical University, tgor777@mail.ru

Natia BUTKHUZI, Professor of the Department of Logistics of the Georgian Technical University, natiaksi@mail.ru

Стаття надійшла в редакцію 3.05.2018 р.

Гуменюк Л.О., Онищук В.П., Павлова І.О., Сліченко А.М.
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РУХУ АВТОМОБІЛІВ НА РЕГУЛЬОВАНОМУ ПЕРЕХОДІ У СЕРЕДОВИЩІ ANYLOGIC

Сучасна транспортна система міста характеризується різким зростанням кількості автомобілів і як наслідок зростанням інтенсивності трафіку, що призводить до перевантаження транспортної мережі міста виникнення заторів у критичних точках.

Значна тривалість часу, що витрачається на поїздки створює дискомфорт для водіїв та перешкоди в роботі екстрених служб та спецавтомобілів, які перевозять небезпечні вантажі. Вищепераховані фактори спонукають використовувати імітаційне моделювання для аналізу та оптимізації часу пересування учасників дорожнього руху в міській транспортній мережі.

Ключові слова: AnyLogic, моделювання, процес руху автомобілів, регульоване перехрестя.

Постановка проблеми. Міська транспортна інфраструктура відіграє важливу роль в еволюції та розвитку будь-якого міста. Чітке функціонування міської дорожньої мережі має позитивний вплив на населення, яке живе у переповнених районах міста.

При аналізі транспортної інфраструктури міста необхідно враховувати багато факторів, серед яких зокрема розміщення елементів транспортної інфраструктури – вулиць, автомагістралей (за наявності таких), велосипедних доріжок, ліній громадського транспорту та ін.

Імітаційне моделювання транспортного процесу дозволяє оцінити ефективність як існуючих транспортних мереж міст, так і спрогнозувати її на стадії проектування нових жилих кварталів міст, що теж є дуже важливим моментом, оскільки даний фактор не завжди враховується у міській забудові.

Безпека на автотранспорті стала однією з глобальних проблем, тому вдосконалення дорожнього руху, збільшення пропускної здатності, оптимізація транспортних потоків є надзвичайно актуальними питаннями для дослідницьких робіт і мають практичне значення. З огляду на складність і багатоплановість цих питань, нині широко використовують інформаційні технології, різні комп'ютерні засоби математичного моделювання, імітаційного моделювання [1], нечіткого моделювання [2], теорія масового обслуговування [3]. У дослідженнях можна виділити ключові завдання – це моделювання транспортних потоків, опис роботи світлофорів в структурі міської транспортної мережі та управління потоками транспорту вулицями міста. Від адекватності таких моделей залежать точність результатів досліджень в цілому. Таким чином, дослідницькі роботи, спрямовані на вдосконалення моделей і управління транспортними потоками з використанням сучасних комп'ютерних технологій, є актуальними.

На теперішній час існує чимала кількість програмних засобів для здійснення імітаційного моделювання процесів на транспорті, а саме моделювання руху транспортних засобів на різних ділянках доріг. Серед основних, найбільш відомих можна виділити наступні: Aimsun, AnyLogic, Arena, GPSS World, PTV VISUM, VISSIM, VISWALK, OPTIMA, LISA +, INES +, TRANSIMS, True, UML2 SP, Vensim, WebGPSS тощо [4].

Найбільш дієвим і простим у використанні з перерахованих вище програмних продуктів є AnyLogic, який має підтримку всіх існуючих методів імітаційного моделювання, а також потужну вбудовану бібліотеку для моделювання об'єктів і процесів на транспорті. AnyLogic включає графічну мову моделювання, а також дозволяє користувачеві розширювати створені моделі за допомогою мови Java. Інтеграція компілятора Java в AnyLogic надає широкі можливості при створенні моделей, а також створення Java аплетів, що можуть відкриватися у будь-якому сучасному браузері. Ці аплети можуть бути розміщені на веб-сайтах. Також AnyLogic Professional надає можливості розробки Java-додатків, завдяки яким користувач може запускати модель без встановлення AnyLogic.

Результати досліджень. Для вирішення задачі оптимізації дорожнього руху в транспортному вузлі було створено модель руху транспортних засобів у ньому. В якості досліджуваної ділянки руху було обрано відрізок дороги в місті Луцьк по проспекту Соборності перед ы за поворотом на проспект Молоді. Особливістю цієї ділянки є значна інтенсивність руху на ній і наявність двох світлофорів на відстані приблизно 450 м.

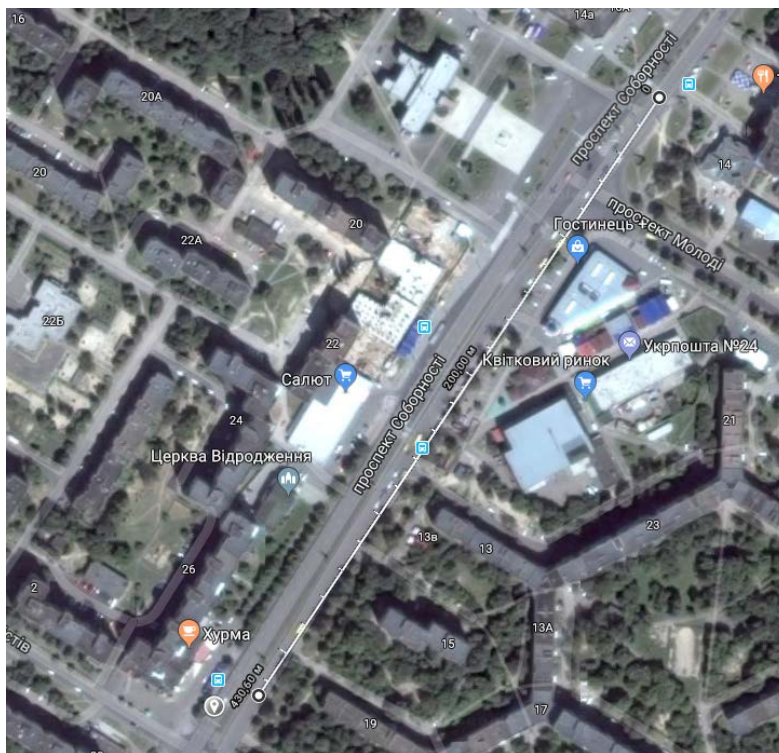


Рис. 1. – Досліджувана ділянка руху

Після вибору дорожньої ділянки і збереження її у графічний файл – завантажуюмо його у програму AnyLogic і додаємо дорогу у модель. Після додавання дороги, потрібно налаштувати її у розділі «Свойства». Тут ми бачимо, що дорога за замовчуванням має двосторонній рух та по дві полоси в одному напрямку, що відповідає реальній дорожній обстановці на нашій ділянці.

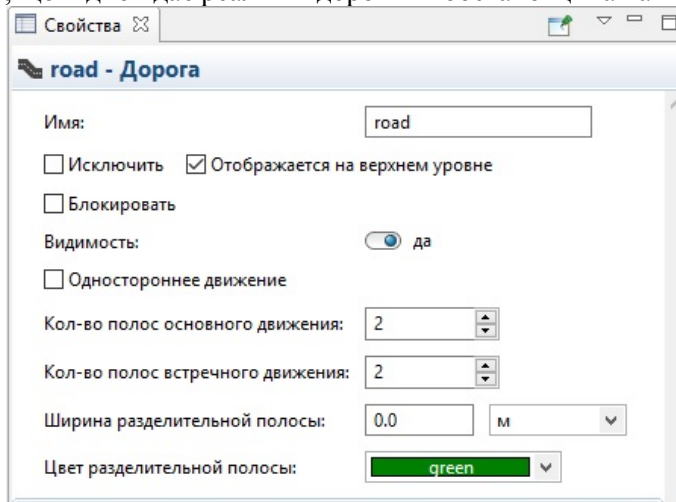


Рис. 2 – Задання параметрів дороги в AnyLogic

Задавши параметри дороги далі створюємо так званого агента, тобто транспортний засіб і описуємо його параметри руху по дорозі, тим самим імітуючи дорожню обстановку.

Далі відкриться діалогове вікно «Создание» нового типу агента, залишаємо ту ж назву «Car», тиснемо Далее, переходимо до «Анимации агента», обираємо фігуру «Автомобиль», та анімація 3D – Готово. Автоматично відкриться діаграма нового агента Car, її не потрібно закривати, а лише переключитись назад на діаграму Main.

Вибираємо у «Палитра - Библиотека дорожного движения», переміщуємо на графічну діаграму carSource, carMoveTo, carDispose (з'єднати їх можна клацнувши два рази на вхід/вихід блоку на «точку»)

Тепер нам потрібно у розділі «Свойства» прив'язати блоки до дороги та агентів. Ми вибираємо дорогу Road, напрям руху автомобіля та робимо прив'язку до одного з агентів.

Так само ми робимо і з наступними блоками. Оскільки у нас двосторонній рух, то блоків діаграми процесу у нас теж дві.

Наступним нашим кроком є створення стоп-ліній. Для цього у дорожній бібліотеці вибираємо компонент «Стоп-линия». Нам їх потрібно чотири. Стоп-лінії до дороги чи агентів нам прив'язувати не потрібно, тому ми переходимо до наступного компонента - світлофор.

Світлофор знаходиться у тій же бібліотеці та називається TrafficLight. Оскільки у нас два пішохідних переходи, то ми беремо і два світлофора.

В кінці ми можемо додати компонент RoadNetworkDescriptor, який буде показувати затори на дорогах. Крім того, за допомогою цього блока можна управляти всім дорожнім процесом.

Ну і нашим завершальним кроком у побудові цієї моделі буде створення 3D анімації.

Для цього розділа «Палитра-Презентация», переміщуємо - 3D окно у графічний редактор.

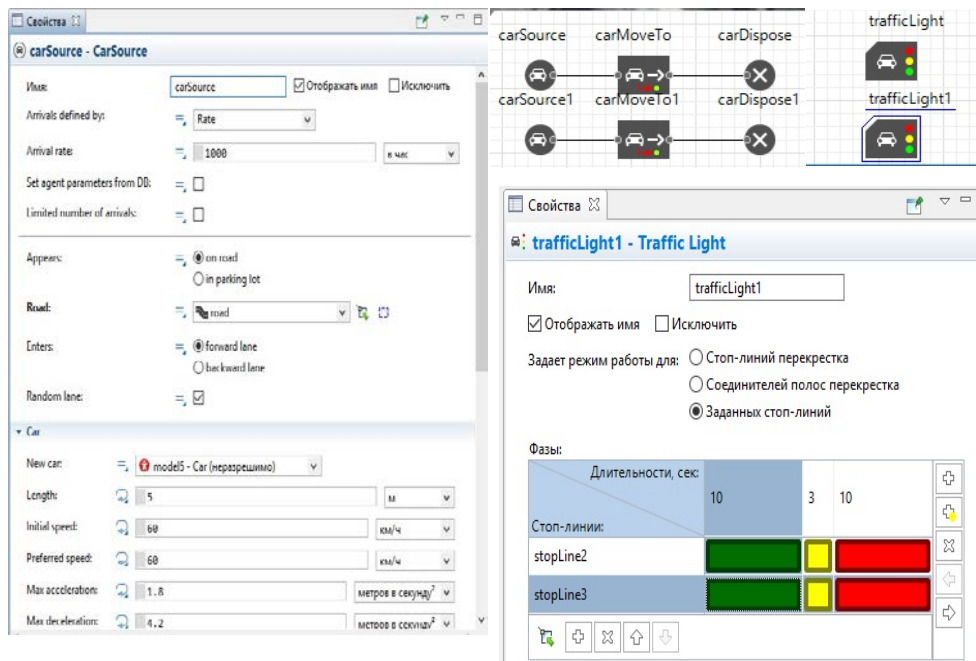


Рис. 3 – Параметры задания поведения блоков в AnyLogic



Рис. 4 – 3D модель работы ділянки дороги

Висновки. Суть даного імітаційного експерименту на моделі полягає в тому, що транспортні засоби, змодельовані в середовищі, рухаються з різними швидкостями в різні проміжки часу. Модель

можна відрегулювати за часом для аналізу перевантаженого ділянки дороги в годину пік. За допомогою таких змін, як видалення або додавання пішоходів, світлофорів, смуг можна змінювати хід експерименту.

Імітаційне моделювання є сучасним і зручним засобом, що дозволяє оцінювати плановані результати до впровадження запропонованих рішень.

Оптимізація управління міськими пасажирськими перевезеннями за допомогою імітаційного моделювання дозволить поліпшити рівень транспортного і пасажирського обслуговування, а також знизить напруженість на дорогах міста

1. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5: учеб. пособие / Ю. Г. Карпов. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с..
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат. – М.: БИНОМ, 2009. – 798 с.
3. Влацкая И.В. Моделирование систем массового обслуживания: метод. указ. к расчетно-графическим работам. / И.В. Влацкая, О.А. Татжибаева – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 30 с.
4. Huynh, N., Cao, V. L., Wickramasuriya, R., Berryman, M., Perez, P., & Barthelemy, J. (2015). Infrastructure and the City, An Agent Based Model for the Simulation of Transport Demand and Land Use , available at <http://discovery.ucl.ac.uk/1469210/1/67-72.pdf>.

REFERENCES

1. Karpov YU. G. (2005) Imitatsionnoye modelirovaniye sistem. Vvedeniye v modelirovaniye s AnyLogic 5: ucheb. Posobiye [Simulation modeling of systems. Introduction to modeling with AnyLogic 5: tutorial. allowance]. SPb: BKHV-Peterburg [in Russian]
2. Pegat A. (2009) Nechetkoye modelirovaniye i upravleniye [Fuzzy modeling and control]. M.: BINOM [in Russian]
3. Vlatskaya I.V., Tatzhibayeva O.A. (2005) Modelirovaniye sistem massovogo obsluzhivaniya: metod. ukaz. k raschetno-graficheskim rabotam [Simulation of queuing systems: a method. decree. to computational and graphic work]. Orenburg: GOU OGU [in Russian]
4. Huynh, N., Cao, V. L., Wickramasuriya, R., Berryman, M., Perez, P., & Barthelemy, J. (2015). Infrastructure and the City, An Agent Based Model for the Simulation of Transport Demand and Land Use , available at <http://discovery.ucl.ac.uk/1469210/1/67-72.pdf>.

Гуменюк Л.О., Онищук В.П., Павлова І.О., Сліченко А.М. Моделирование процесса движения автомобилей на регулируемом переходе в среде Anylogic.

Современная транспортная система города характеризуется резким ростом количества автомобилей и как следствие ростом интенсивности трафика, что приводит к перегрузке транспортной сети города возникновения пробок в критических точках.

Значительная продолжительность времени, затрачиваемого на поездку создает дискомфорт для водителей и препятствия в работе экстренных служб и спецавтомобилей, перевозящих опасные грузы. Вышеперечисленные факторы побуждают использовать имитационное моделирование для анализа и оптимизации времени передвижения участников дорожного движения в городской транспортной сети.

Ключевые слова: AnyLogic, моделирование, процесс движения автомобилей, регулируемый перекресток.

Gumenyuk L., Onyshchuk V., Pavlova I., Slichenko A. Modeling the process of moving cars on regulated junctions in the Anylogic environment.

The modern transport system of the city is characterized by a sharp increase in the number of cars and as a consequence of the growth of traffic intensity, which leads to overloading the city's transport network with the emergence of traffic jams at critical points.

A significant amount of time spent on a trip creates discomfort for drivers and impedes the work of emergency services and special vehicles carrying dangerous goods. The above factors encourage the use of simulation for analyzing and optimizing the travel time of traffic participants in the urban transport network.

Keywords: AnyLogic, modeling, automobile moving process, adjustable crossroads.

АВТОРИ:

ГУМЕНЮК Лариса Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій», Луцький національний технічний університет, e-mail: nacacom@gmail.com

ОНИЩУК Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: fantom.root@gmail.com

ПАВЛОВА Ірина Олексіївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: iruna_pavlova@ukr.net

СЛІЧЕНКО Анна Миколаївна, магістр кафедри автоматизації та комп'ютерно – інтегрованих технологій, Луцький НТУ

АВТОРЫ:

ГУМЕНЮК Лариса Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий», Луцкий национальный технический университет, e-mail: nacacom@gmail.com

ОНИЩУК Василий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: fantom.root@gmail.com

ПАВЛОВА Ирина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: iruna_pavlova@ukr.net

СЛИЧЕНКО Анна Николаевна, магистр кафедры автоматизации и компьютерно - интегрированных технологий, Луцкий НТУ

AUTHORS:

Larysa GUMENYUK, Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Lutsk National Technical University, e-mail: nacacom@gmail.com

Vasyl ONYSCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: fantom.root@gmail.com

Iryna PAVLOVA, Ph.D., Associate Professor, Department of Automobile and Transport Technologies, Lutsk NTU, e-mail: fantom.root@gmail.com

Anna SLICHENKO, Master of Automation and Computer - Integrated Technologies Department, Lutsk NTU

Стаття надійшла в редакцію 13.05.2015р.

Кужель В.П., Буда А.Г., Юров А.Р.
Вінницький національний технічний університет

ВАРІАНТИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНІХ ФОРМ АВТОМОБІЛЯ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 3D ГРАФІКИ

Для створення зовнішніх форм автомобіля запропоновано використання ортогональних двовимірних проєкцій. Наведені приклади та етапи моделювання зовнішніх поверхонь кузова автомобіля в тривимірному просторі за допомогою сплайнів. Для створення моделі кузова автомобіля запропоновано метод отримання 3D зображення за допомогою ортогональних двовимірних проєкцій. В розробці розглядається основний із методів моделювання автомобілів – використання фотографій.

Ключові слова: 3D модель, сплайн, двовимірні проєкції, зображення, графічне моделювання

Постановка проблеми. На сьогоднішній завдання зміни технічного оснащення автомобіля без попереднього моделювання – це складний, довготривалий процес [1], який часто вимагає звернень до спеціалізованих підприємств, СТО, майстерень, тощо. Також в наслідок пошкоджень кузовних деталей автомобіля під час експлуатації нерідко постає проблема відновлення його зовнішніх форм, або їх модернізації (тюнінгу). В свою чергу, суттєвими факторами зміни технічного оснащення залишаються фінансова частина та значні витрати часу. В таких випадках застосовують 3D моделювання. Відомі два способи створення 3D зображення автомобіля: сканування [2] та моделювання [3].

Мета роботи: за допомогою CAD-програм провести моделювання зовнішніх поверхонь кузова автомобіля в тривимірному просторі за допомогою сплайнів.

Результати досліджень. Для прикладу, з метою моделювання зовнішніх поверхонь кузова сплайнами, вибрані фотографії з різних ракурсів автомобіля Toyota Land Cruiser 200 (рис. 1). Налаштування камер проводилося у програмному продукті Autodesk ImageModeler 2009. Моделювання виконується у програмному продукті 3DS Max 2014.

Наступний крок – співставлення фотографій з необхідними проєкціями та камерами. Готовий результат цих операцій зображено на рисунку 2.

Створення моделі починається з лінії. Обираємо розділ «Create>Splines>Line». Після створення лінії проводимо операції щодо її згладжування. Для цього використовується модифікатор «Bezier». З'являється відрізок з двома зеленими точками на його кінцях, центр якого знаходиться в вершині, яку ми модифікуємо. Пересування точок цього відрізка змінюють форму лінії (сплайну). Показані нижче рисунки демонструють відповідність сплайну головним виглядам: вигляду спереду та вигляду зліва (рис. 3, 4).

Після встановлення відповідностей в просторі, ми отримуємо тривимірний сплайн. Під час моделювання також відіграють велику роль допоміжні точки, що мають назву «Helpers», які були створені під час роботи у Autodesk ImageModeler 2009 (червоні точки на рис. 2).



Рис. 1. Фотографії автомобіля Toyota Land Cruiser 200



Рис. 2. Фотографії автомобіля Toyota Land Cruiser 200, співставлені з камерами

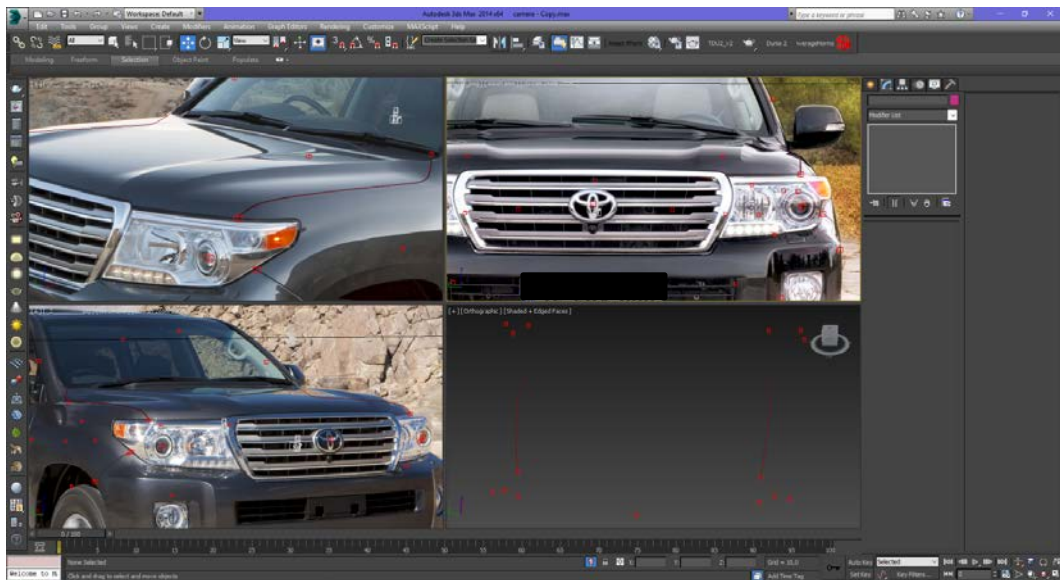


Рис. 3. Операція «створення слайнів» в режимі перспективи



Рис. 4. Операція «створення слайнів» спереду

Дуже важливим є момент відповідності форми сплайнів усім проекціям. Похибка при моделюванні може призвести до створення хибної поверхні. Також якість готової поверхні залежить від правильності розташування камер. Процес моделювання сплайнів крила наведений на рис. 5 та 6.

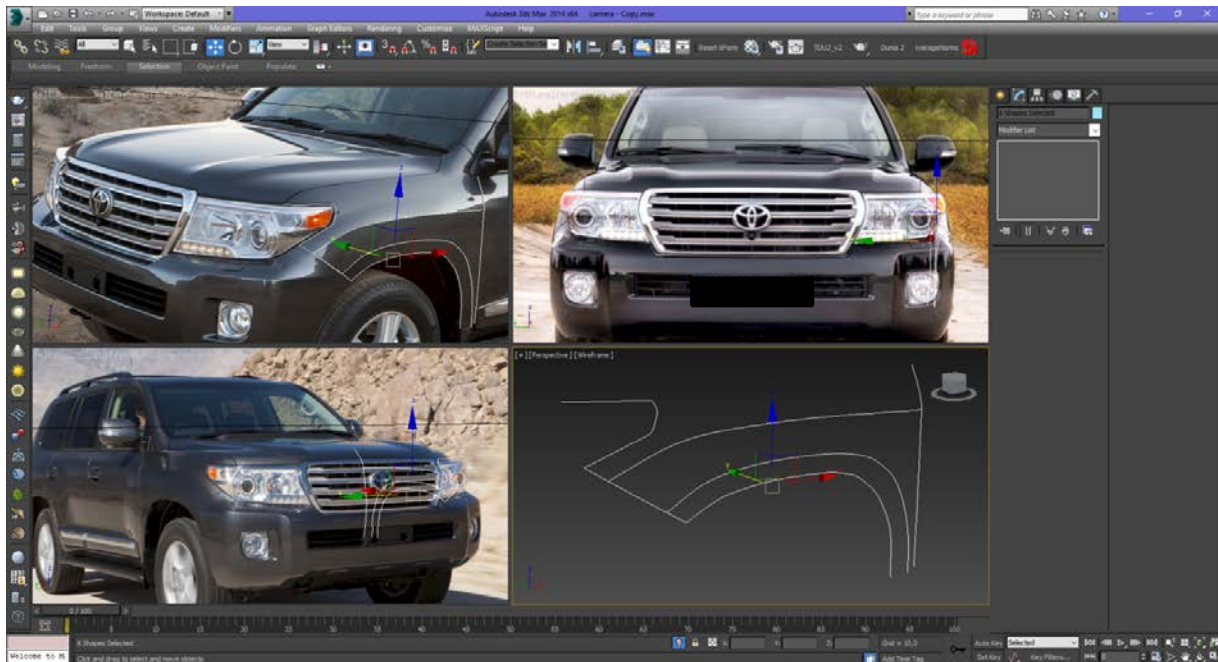


Рис. 5. Моделювання сплайнів крила

Головна вимога при моделюванні поверхонь: вершини різних сплайнів повинні знаходитись в одній точці. Для цього виділяються необхідні вершини, та використовується модифікатор «Fuse», який їх переміщує в спільний для них центр осей. Модифікатором «Refline» (з додатковою опцією «Connect») можна об'єднати між собою сплайни, створити додаткові вершини.

Нижче перераховані інші модифікатори: «Chamfer» (створює з однієї вершини декілька, що дозволяє робити більш плавні сплайни), «Insert» (вставити вершину в необхідну точку сплайна), «Attach» (об'єднання сплайнів) та інші.

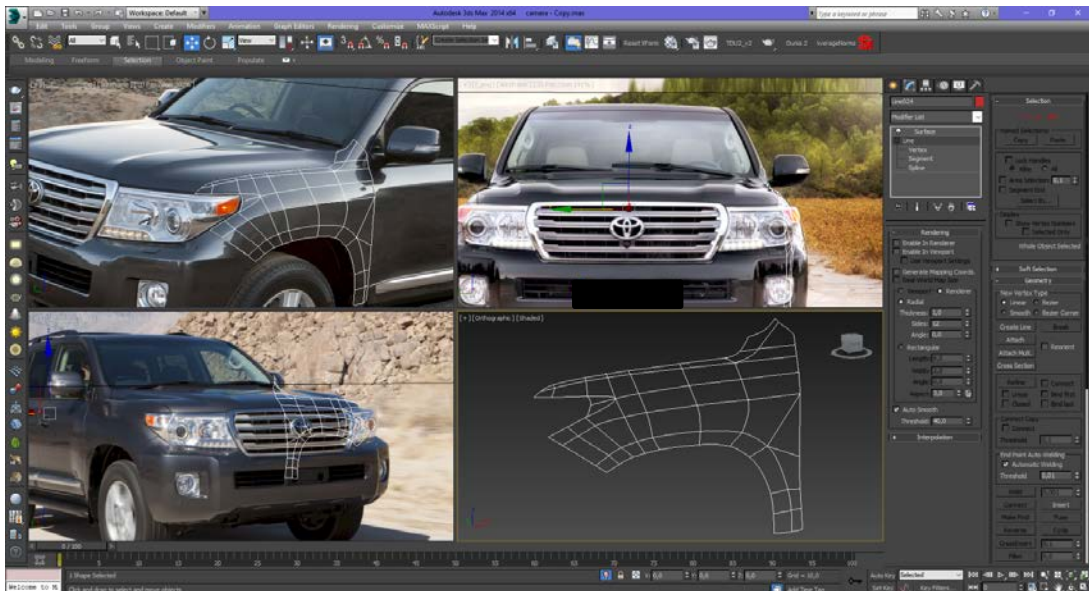


Рис. 6. Етапи моделювання крил автомобіля

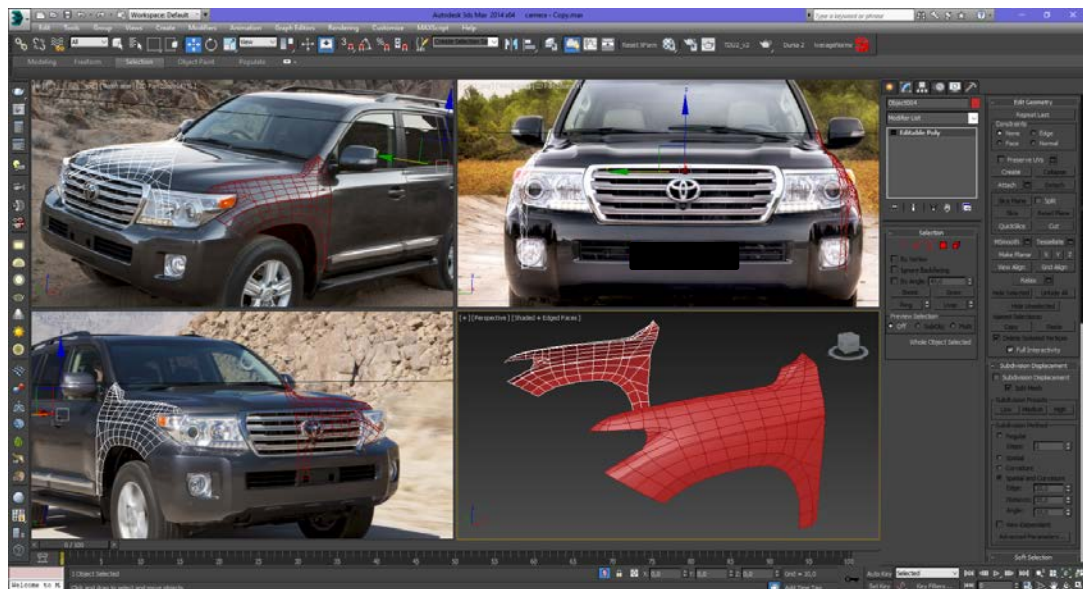
Під час моделювання необхідно бути уважним до форми об'єкту, оскільки неправильно побудований сплайн створить абсолютно некоректну поверхню. Чим більше допоміжних сплайнів використовується – тим точніше буде генеруватись сама поверхня (рис 7, а, б).

Найбільш оптимальним варіантом є створення такої сітки із сплайнів, яка забезпечить найбільш точне передання форми об'єкту за найменшого використання ресурсів. Результат моделювання ілюструється рисунком 7. Таким чином моделюються й всі інші елементи кузова автомобіля. В результаті можна отримати доволі точну форму кузова, та надати моделі широкого застосування.

Приклад готової 3D моделі кузова автомобіля, створеного зі сплайнів наведений на рис 8.



а) сплайн-об'єкт



б) полігональний об'єкт після деяких ручних допрацювань

Рис. 7. Етапи перетворення сплайн-об'єкту в 3D модель

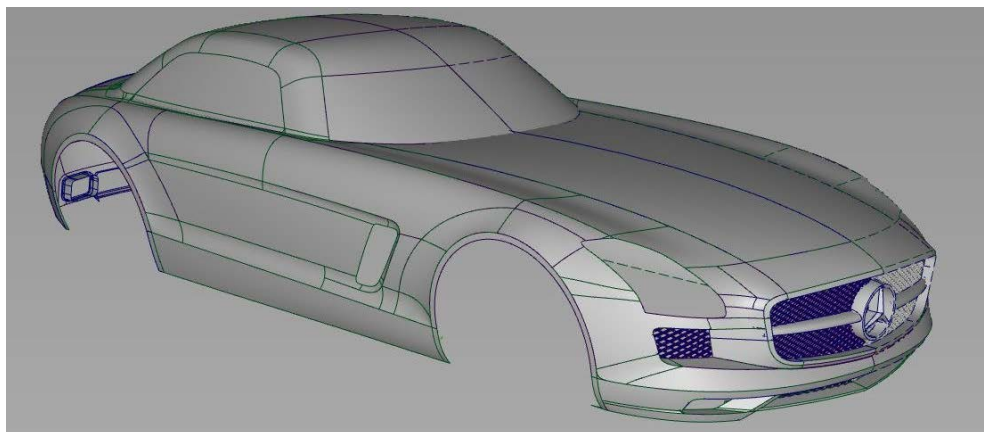


Рис. 8. Приклад готового кузова автомобіля Mercedes, створеного зі сплайнів

В подальшому такі готові 3D-моделі можна застосовувати для: рендерингу; анімації та симуляції (3D-візуалізація краш-тестів, відтворення аварій, тощо). Рендеринг (або візуалізація) – процес отримання зображення по моделі за допомогою комп'ютерної програми. Рендеринг набув широкого застосування в автомобільній індустрії, та застосовується найчастіше для демонстрації концептів, втілення дизайнерських рішень та ідей, тощо.

На сьогоднішній день ці підходи широко застосовуються для 3D візуалізації краш-тестів. Так, наприклад, Honda спільно з компанією 3DXCITE створила програму DeltaGen, здатну детально змодельовати краш-тест в форматі 3D (рис. 9), що дозволить інженерам провести віртуальні тести на недосяжних раніше рівнях. Новий інструмент дає можливість створити незліченну кількість аварій, змодельованих за допомогою декількох кліків «миші».

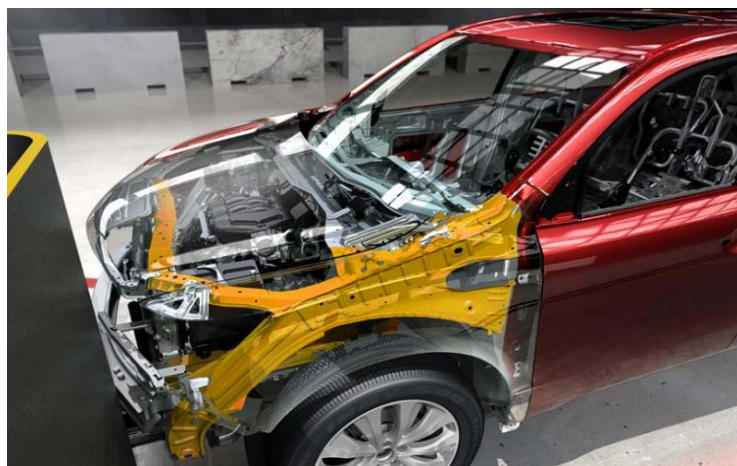


Рис. 9. 3D - зображення автомобіля Honda в програмному середовищі DeltaGen

Висновки: Запропонований підхід забезпечує достатній рівень візуалізації об'єму кузова автомобіля та дозволяє: створювати в тривимірному просторі складові елементи кузова, в тому числі для особливо складних поверхонь; розробляти нові модифікації моделі; отримувати якісну текстуру; поліпшити якість створюваної поверхні; заощаджувати час на моделювання складних поверхонь, якщо моделюванням займається достатньо кваліфікований оператор; для подальшого застосування отриманої моделі необхідні додаткові розрахунки (жорсткість конструкції для краш-тестів).

1. Буда А.Г. Моделювання зовнішніх поверхонь легкового автомобіля в тривимірному просторі за допомогою сплайнів // Буда А.Г., Кужель В.П., Юров А.Р. // Вісник Машинобудування та транспорту. №1(7), 2018. – С. 26 – 34.
2. Кужель В.П. Моделювання зовнішніх поверхонь кузова автомобіля Toyota Land Cruiser 200 за допомогою сплайнів / Кужель В.П., Буда А.Г., Юров А.Р. // Матеріали VI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 12–13 квітня 2018 р. :Збірник наукових праць, Вінницький національний технічний університет [та інш.] . – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 110 – 113. Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/material2018.pdf>
3. Буда А.Г. Графічні моделі конструювання форм кузова автомобіля // Буда А.Г., Кужель В.П., Юров А.Р. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. - Випуск №1(5). – С. 32-37.

REFERENCES

1. Buda, A.H. & Kuzhel, V.P., & Yurov, A.R. (2018). Modeliuvannia zovnishnikh poverkhon lekhovoho avtomobilia v tryvymirnomu prostori za dopomohoiu splineiv [External surfaces of light cars modeling in three-dimensional spaces by the splines]. *Visnyk Mashynobuduvannia ta transportu - Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 1(7), 26-34 [in Ukrainian].
2. Kuzhel, V.P., & Buda, A.H. & Yurov, A.R. (2018). Modeliuvannia zovnishnikh poverkhon kuzova avtomobilia Toyota Land Cruiser 200 za dopomohoiu splineiv [Modeling the exterior surfaces of the body of the Toyota Land Cruiser 200 by means of splines]. *Proceedings from VI mizhnarodna naukovo-praktychnoi internet-konferentsiia «Suchasni tekhnolohii ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu» – The VI International Scientific and Practical Internet Conference «Modern Technologies and Prospects for the Development of Automobile Transport»*. (pp. 110-113). Vinnitsa: VNTU. Retrieved from <http://atmconf.vntu.edu.ua/material2018.pdf> [in Ukrainian].

3. Buda, A.H. & Kuzhel, V.P., & Yurov, A.R. (2016). Hrafichni modeli konstruiuvannia form kuzova avtomobilia [Graphic models of the car body forms design]. *Suchasni tekhnologii v mashynobuduvanni ta transporti - scientific journal of technology in engineering and transport*, 1(5), 32-37 [in Ukrainian].

Кужель В.П., Буда А.Г., Юров А.Р. Варианты моделирование внешних форм автомобиля применением современных технологий 3D графики.

Для создания внешних форм автомобиля предложено использование ортогональных двумерных проекций. Приведенные примеры и этапы моделирования внешних поверхностей кузова автомобиля в трехмерном пространстве с помощью сплайнов. Для создания модели кузова автомобиля предложен метод получения 3D изображения с помощью ортогональных двумерных проекций. В разработке рассматривается основной из методов моделирования автомобилей - использование фотографий.

Ключевые слова: 3D модель, сплайн, двумерные проекции, изображение, графическое моделирование.

V. Kuzhel, A. Buda, A. Yurov. External vehicles modeling options for application of 3D graphics modern technologies.

The use of orthogonal two-dimensional projections is proposed to create external forms of the car. The examples and stages of modeling of exterior surfaces of a car body in three-dimensional space with the help of splines are given. To create a car body model, we propose a method for obtaining a 3D image using orthogonal two-dimensional projections. The development focuses on car modeling techniques-the use of photographs.

Keywords: 3D model, spline, two-dimensional projections, image, graphic modeling.

АВТОРИ:

КУЖЕЛЬ Володимир Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент», Вінницький національний технічний університет, e-mail: kuzhel2017@gmail.com

БУДА Антоніна Героніївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки», Вінницький національний технічний університет, e-mail: antbu@ukrnet.ua

ЮРОВ Андрій Русланович, студент третього курсу, Вінницький національний технічний університет, e-mail: streetking12@yandex.ua

АВТОРЫ:

КУЖЕЛЬ Владимир Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортный менеджмент», Винницкий национальный технический университет, e-mail: kuzhel2017@gmail.com

БУДА Антонина Героньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерного эколого-экономического мониторинга и инженерной графики», Винницкий национальный технический университет, e-mail: antbu@ukrnet.ua

ЮРОВ Андрей Русланович, студент третьего курса, Винницкий национальный технический университет, e-mail: streetking12@yandex.ua

AUTHORS:

Volodimir KUZNEL, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport management Department, Vinnytsa National Technical University, e-mail: kuzhel2017@gmail.com

Antonina BUDA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Computer ecological and economical monitoring and Engineering Graphics Department, Vinnytsa National Technical University, e-mail: antbu@ukrnet.ua

Andrew YUROV, a third-year student, Vinnytsa National Technical University, e-mail streetking12@yandex.ua

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018 р.

Літвінова Я.В.
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

ОЦІНКА СПОЖИВЧОЇ ЦІННОСТІ ПОСЛУГ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В АСПЕКТІ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЇХ НАДАННЯ

Проаналізовані теоретичні засади та думки провідних науковців щодо вирішення існуючих проблем в сфері задоволення потреб населення у послугах громадського транспорту. З метою оцінки споживчої цінності послуг місцевих автотранспортних підприємств було проведено опитування серед користувачів громадського транспорту. За результатами опитування визначені шляхи підвищення якості пасажирських перевезень у м. Дніпро.

Ключові слова: пасажирські перевезення, громадський транспорт, споживча цінність, опитування.

Постановка проблеми. На сьогодні у великих містах особливо відчутно проявляється низький рівень якості перевезення пасажирів, який на тлі розвитку євроінтеграційних процесів, має важливе значення. У зв'язку з цим, для міського пасажирського транспорту, основною функцією якого є якісне задоволення потреб населення у переміщенні містом, необхідно забезпечити ефективне його функціонування, що вплине на розвиток сучасного соціально-економічного середовища та рівня життя містян з врахуванням їх споживчих цінностей. Згідно з транспортною стратегією України на період до 2020 року, яку затверджував Кабінет міністрів у 2009 році, транспортний сектор економіки України у цілому задовольняє лише базові потреби населення у перевезеннях. Але, на жаль, показники якості перевезення пасажирів та їх безпеки не задовольняють навіть базові потреби [1].

З урахуванням тенденцій урбанізації у країнах Європейського Союзу, керівниками мегаполісів багато уваги приділяється питанням забезпечення комфортного перебування і відпочинку жителів та гостей, з огляду на екологічну ситуацію, обмежуючи кількість транспорту у центральних частинах міста. Також вирішуються питання інтелектуалізації й інформатизації системи функціонування пасажирського транспорту, що впливає на підвищення якості обслуговування пасажирів [2].

Розглянемо теоретичні та методичні напрацювання у питаннях підвищення якості обслуговування пасажирським транспортом в Україні. У роботі [3] досліджено перспективи впровадження елементів інтелектуальної транспортної системи у м. Дніпро, що дозволить скоротити витрати часу в дорозі, пов'язані з операціями оплати транспортних послуг, через упровадження автоматизованої платної системи. У статті [4] запропоновано використання спеціально розробленого евристичного алгоритму, що дозволяє вдосконалити маршрутну мережу у м. Вінниця та підвищити якість перевезення пасажирів. На прикладі Чернігівської області розглянуто основні проблеми при наданні пасажирських послуг та варіанти їх вирішення при впровадженні комп'ютерної системи комунікації з використанням бездротової мережі, VPN, що дозволяє вдосконалити процес комунікації учасників пасажирсько-транспортної взаємодії на маршрутах [5].

У статті [6] розглянуто методичне підґрунтя щодо підвищення якості обслуговування пасажирів за рахунок визначення мінімального часу очікування пасажиром маршрутного транспортного засобу у випадку широкого розгалуження міських маршрутних мереж. В роботі науковців [7] сформовані принципи системної оцінки ефективності функціонування пасажирського транспорту, які дозволяють підвищити рівень об'єктивності та адекватності технологічних рішень, що приймаються у сфері обслуговування пасажирів.

При аналізі використання інформаційних технологій щодо визначення пасажиропотоків досліджено роботу [8], в якій запропоновано модель формування матриці кореспонденцій жителів міста між зонами дії антен стільникового зв'язку та вибору альтернативних варіантів маршрутів громадського транспорту, що сполучають ці зони. Цей підхід дає змогу оперативно приймати рішення щодо покращення обслуговування пасажирів та керування маршрутами громадського транспорту. Згідно з дослідженнями [9] нині в Україні, з метою підвищення якості надання послуг громадським транспортом, проводиться пошук оптимальної моделі впровадження системи «Е- квитка» (електронного квитка), яка дозволяла б запровадити систему оплати за проїзд з урахуванням наявної правової бази та з оптимальними економічними і технічними показниками.

Як видно з проведеного аналізу багатьма вченими запропоновані сучасні підходи до

підвищення якості обслуговування пасажирів громадським транспортом, які ґрунтуються на використанні сучасних інформаційних, інтелектуальних систем та евристичних алгоритмів.

Зі змісту «Концепції розвитку наземного пасажирського транспорту м. Дніпро», яку було також досліджено автором, слідує, що були розглянуті питання поліпшення рівня обслуговування користувачів громадського транспорту за рахунок поширення інформаційних та телекомунікаційних технологій [10]. Результати опитування, що наведені у зазначеній концепції, відбиваються у завищеній кількості транспортних засобів (маршруток) на маршрутах міста, їх незадовільний стан, моральний та фізичний знос, значне дублювання маршрутів електротранспорту автобусними маршрутами, недостатня кількість електротранспорту та багато іншого. Проте в концепції не приділено уваги розвитку сучасних підходів до підвищення якості обслуговування пасажирів, тобто не визначені споживчі цінності серед користувачів громадського транспорту саме у частині інформатизації й інтелектуалізації його функціонування.

Мета роботи. Визначити споживчі цінності послуг громадського транспорту для визначення напрямків підвищення якості обслуговування пасажирів та на базі отриманих результатів доповнити ними концепцію розвитку наземного пасажирського транспорту м. Дніпро

Матеріали результати дослідження. Щодня послугами автомобільного й електротранспорту користуються біля 70% жителів у м. Дніпро. Перевезення пасажирів здійснюється тролейбусами, трамваями, автобусами, маршрутними таксі та метрополітемом, з загальною протяжністю маршрутів 2577 км [10]. Для визначення споживчої цінності послуг громадського транспорту було проведено опитування, як найбільш розповсюджений та ефективний метод отримання інформації. Опитування проводилось на кінцевих зупинках проходження транспорту, а також ключових пасажироутворюючих пунктах протягом тижня з 05 по 09 лютого 2018 року у відповідності до напряму наукової роботи кафедри «Управління на транспорті» Державного ВНЗ «Національний гірничий університет». Анкета містить десять питань, оскільки під час опитування споживачі послуг не з задоволенням сприймають більшу їх кількість. Під час опитування споживачам послуг були роздані анкети та надана інформація щодо зворотного зв'язку (передачі заповнених анкет до інтерв'юера), а саме, можливості сфотографувати заповнену анкету та відправити її через зручний месенджер, просканувати заповнену анкету та відправити її на електронну пошту чи іншим способом.

Розглянемо результати проведеного дослідження. Генеральна сукупність становить 978,9 тис. осіб (загальна кількість жителів у м. Дніпро), з них працездатного віку 627,4 тис. осіб (64,1 % від загальної кількості), що відповідає загальній кількості потенційних користувачів громадського транспорту м. Дніпро. А від так, коректний обсяг вибірки для однієї ознаки при обсязі генеральної сукупності більше ніж 100 тис. осіб, має бути 400 осіб [11]. При обсязі вибірки більше ніж 5 тис. осіб, статистична похибка визначається за формулою:

$$\Delta = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

де n - обсяг вибіркової сукупності; Δ - гранична помилка вибірки. Отримуємо похибку на рівні 5%, що є прийнятним для маркетингових досліджень [12].

Ефективність організації пасажирських перевезень є актуальним напрямом наукових досліджень, а особливо щодо ефективного функціонування громадського транспорту, що забезпечить неперервний процес соціального та економічного життя населення. Для оцінки споживчої цінності послуг громадського транспорту в аспекті підвищення ефективності застосування інформаційних й інтелектуальних систем проведено опитування пасажирів, які скористалися послугами у м. Дніпро.

Респонденти у відповідях зазначили, що в більшості випадків переміщення по місту (44%) використовується автобус або маршрутне таксі (рис. 1). Трамвай та тролейбус використовують 27% та 29% респондентів відповідно. Це свідчить, що два види електротранспорту майже паритетні за значущістю для пасажирів. Враховуючи, що в більшості міських автобусів (маршрутках) оплата проїзду здійснюється водію, процес розрахунків має певні вади та може викликати негативні емоції у пасажирів. Це позначається на якості надання транспортних послуг. Принципово непотрібного виду міського транспорту немає. Перевага автотранспорту обумовлена відсутністю (недоцільністю встановлення) ліній електропередач для організації транспортних маршрутів тролейбусів та трамваїв до віддалених районів міста з невеликою кількістю мешканців. Основна частина переміщується в режимі 2-ох поїздок «дім/робота-робота/дім», збільшення поїздок до 4-ох пов'язана з необхідністю зміни транспорту внаслідок відсутності прямих маршрутів переміщення (рис. 2). Кількість поїздок більша за 4-и обумовлена специфікою зайнятості. З цього питання слідує, що населення дуже обмежено використовує міський пасажирський транспорт для задоволення власних потреб за винятком переміщення до місця праці.

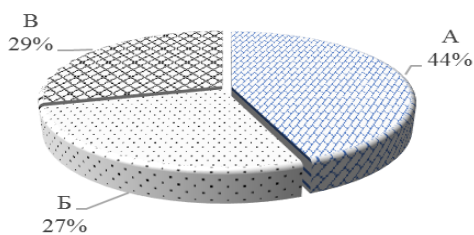


Рис. 1. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Який вид міського пасажирського транспорту Ви переважно використовуєте?»: а) автобус (маршрутне таксі); б) тролейбус; в) трамвай.

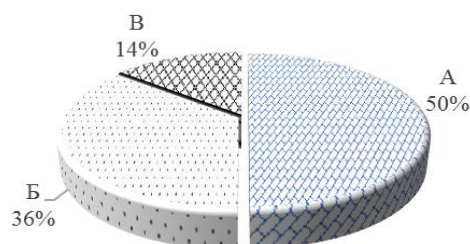


Рис. 2. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Яка Ваша середня кількість поїздок в один робочий день?»: а) 2 поїздки; б) 4 поїздки; в) 5 та більше поїздок.

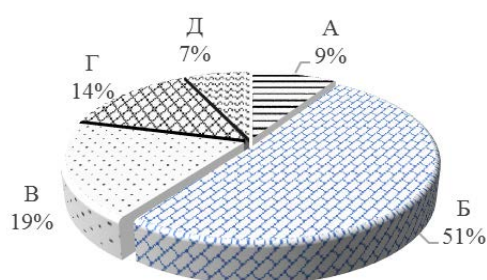


Рис. 3. Розподіл відповідей на питання: Чи зручно Вам розраховуватись готівкою?: а) дуже погано; б) погано; в) задовільно; г) добре; д) відмінно.

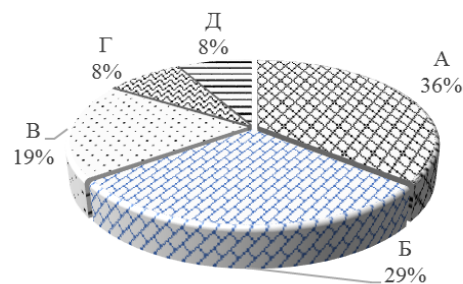


Рис. 4. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Чи бажаєте Ви перейти на безготівкову форму розрахунків?»: а) скоріше так; б) так; в) ні; г) скоріше ні; д) не могу визначитись.

Зручність розрахунків готівкою більшість респондентів (рис. 3) оцінили як погану (51%) та дуже погану (9%). Тобто половина пасажирів готові розглянути варіанти інших способів оплати проїзду. Це може бути як повноцінна заміна, так й альтернативний варіант (разом з можливістю розрахунків готівкою).

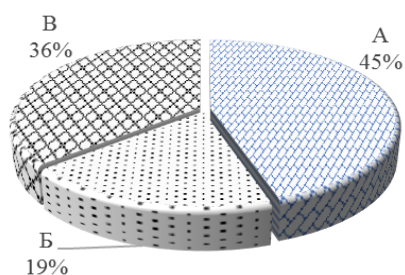


Рис. 5. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Якщо Ви використовуєте багаторазовий проїзний квиток, чи зручно Вам його купувати?»: а) так, для цього вистачає пунктів продажу; б) ні, не завжди можна знайти місце продажу; в) ні, було б краще купувати цей квиток в он-лайн сервісах (через Інтернет).

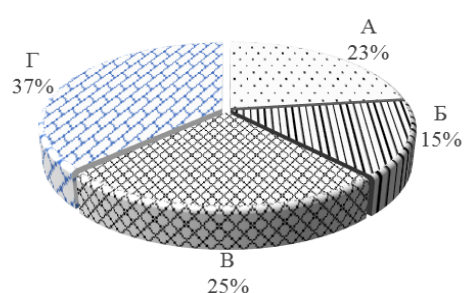


Рис. 6. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Що потенційно приваблює Вас в автоматизованій безготівковій формі розрахунків в міському транспорті?»: а) немає потреби готувати готівку; б) відсутність конфліктів з кондуктором (водієм); в) прозорість розрахунків; г) можливість сплачувати вартість послуг за фактичною відстанню проїзду, а не всього маршруту (за умов наявності систем геопозиціонування).

Позитивно ставляться до безготівкової форми розрахунків 65% респондентів (рис. 4). Принципові противники цієї форми 19% респондентів, а ще 8% - майже схиляються до подібного

висновку. Це свідчить, що більша частина пасажирів вже вмотивована та очікує на інноваційні рішення, відсутність яких є чинником, що збільшує незадоволення від користування міським транспортом.

Традиційним способом оплати проїзду, поряд з оплатою готівкою, є багаторазовий проїзний квиток, але 19% респондентів відчують брак місць продажу квитків (рис. 5), а 36% - пропонують організувати продаж он-лайн (електронних квитків). Важливою є відповідь на питання стосовно причин привабливості автоматизованої безготівкової форми розрахунків в міському транспорті (рис. 6). Це, насамперед, можливість сплачувати вартість послуг за фактичною відстанню проїзду (37%); відсутність звинувачень в безоплатному проїзді (25%); немає потреби готувати готівку та отримувати решту (23%).

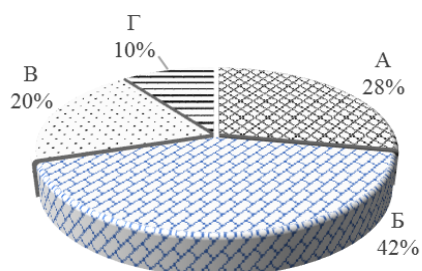


Рис. 7. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Чому Ви використовуєте готівку при оплаті проїзду?»: а) найбільш звичний спосіб; б) немає іншого способу оплати; в) немає сенсу купувати багаторазовий проїзний квиток; г) купівля багаторазового проїзного квитка пов'язана з додатковими труднощами.

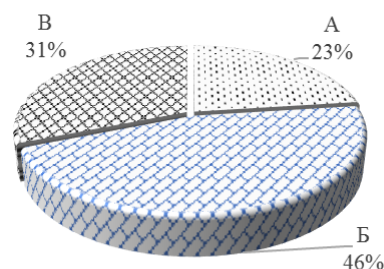


Рис. 8. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Чи слід одночасно використовувати різні форми оплати проїзду (готівка, проїзний, картка та інші пристрої)?»: а) так; б) слід надавати перевагу безготівковим розрахункам; в) краще використовувати лише найостанніші інноваційні продукти.

Саме обмеженість альтернативних способів оплати відзначають 42% респондентів (рис. 7). Рациональне пояснення також надають респонденти (20%), які детально оцінюють сукупні транспортні витрати та зручність придбання багаторазового проїзного квитка (10%). Звичкою пояснюють надання переваги оплати готівкою 28% респондентів. На нашу думку, звичка може бути легко подолана зручністю, простотою, економічністю нових способів оплати проїзду.

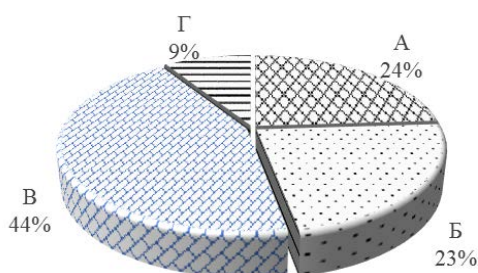


Рис. 9. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Що обмежує ваші можливості використання автоматичних розрахунків?»: а) немає бажання опанувати нові технології; б) додаткові витрати часу для опанування новітніх технологій; в) на мою думку ці технології дуже складні для розуміння окремими категоріями пасажирів; г) обмежень немає.

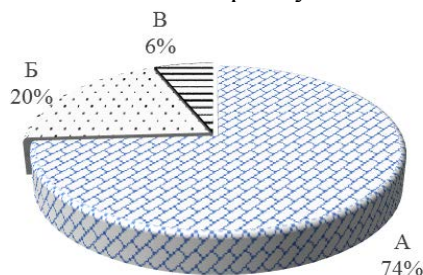


Рис. 10. Гістограма розподілу відповідей на питання: «Чи вплине впровадження автоматизованих технологій в процес оплати проїзду на якість самої послуги (внаслідок більш якісного та прозорого обліку пасажиропотоку та отриманих доходів)?»: а) так; б) ні; в) не можу визначитись.

Відповіді на запитання стосовно поєднання різних способів оплати проїзду розподілилися таким чином (рис. 8), що лише 23% респондентів підтримують співіснування різних способів оплати проїзду. Інші респонденти більш критичні та вважають, що має відбуватись заміна способу оплати, а не доповнення альтернативними. Ми можемо припустити, що наявність альтернатив стримуватиме швидкість обслуговування, особливо у випадку невизначеності пасажиром стосовно способу оплати

проїзду.

Головним чинником, що обмежує перехід на інноваційні способи оплати проїзду (рис. 9) є впевненість в складності нових технологій (44%), додаткові витрати часу для опанування новітніх технологій (23%), відсутність бажання опанувати нові технології (24%). Лише 9% опитаних не мають обмежень щодо переходу на інноваційні способи оплати проїзду.

Враховуючи високий рівень автоматизації процесу, високу прозорість грошових потоків, підтвердження набутих (квиток) та використання наявних (пільга) прав пасажирів більшість респондентів (74 %) очікує на позитивні зміни щодо якості послуг міського пасажирського транспорту. Лише 20 % респондентів мають песимістичні очікування (рис. 10).

Таким чином, користувачі міського пасажирського транспорту в більшості підготовлені та очікують переходу на безготівкові автоматизовані способи оплати проїзду. Автоматизована система оплати транспортних послуг дозволить: вести облік пасажирів у кожному транспортному засобі, передавати ці дані на центральний сервер транспортної компанії; здійснювати облік проїзду як за часом, так і за відстанню, передбачити надання та використання пільг різним категоріям громадян; оптимізувати міські маршрути. В цілому це забезпечить підвищення якості транспортних послуг

Висновок. Важливим кроком до підвищення якості обслуговування пасажирів громадського транспорту є прийнята у 2016 році «Концепція розвитку наземного пасажирського транспорту м. Дніпро». Проте наведені в ній результати не зовсім корелюються з тенденціями, на яких акцентовано увагу відомими вченими у сфері пасажирських перевезень.

За результатами оцінювання споживчих цінностей послуг громадського транспорту встановлено, що його користувачі здебільшого підготовлені до змін у контексті інформатизації й інтелектуалізації процесу перевезень та очікують переходу на безготівкові автоматизовані способи оплати проїзду. Нова безготівкова система оплати транспортних послуг дозволить: вести облік пасажирів у кожному транспортному засобі, визначати пасажиропотік за окремими маршрутами та в цілому; здійснювати облік проїзду як за часом, так і за відстанню та підвищити якість обслуговування громадським транспортом. Також запропоновано доповнити «Концепцію розвитку наземного пасажирського транспорту м. Дніпро» пропозиціями до вдосконалення згідно з отриманими автором результатами.

1. Башинська, І.О. Проблеми та шляхи удосконалення функціонування міського пасажирського транспорту / І. О. Башинська, В. Ю. Філіппов // Економіка. Фінанси. Право. – Київ, 2017. – 7/1'2017 – С. 35-37

2. European Commission. Green Paper: Towards a New Culture for Urban Mobility. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0551&from=EN> (accessed on 23 April 2018).

3 Фірсов О. Д. Проектування інтелектуальної транспортної системи міста / О. Д. Фірсов, А.Н. Бібля // Вісник Академії митної служби України. Серія: Технічні науки. - 2015. - № 1. - С. 20–31. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vamsutn_2015_1_5

4. Біліченко В. В. Проблеми та перспективи розвитку маршрутної мережі пасажирських перевезень у м. Вінниця / В. В. Біліченко // Наукові нотатки. - 2014. - Вип. 45. - С. 42-47.

5. Олещенко Л. М. Комп'ютерні мережі комунікації учасників пасажирсько-транспортного процесу / Л. М. Олещенко, А. О. Мошенський // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. - 2014. - № 1. - С. 82-86. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzundiz_2014_1_15

6. Горбачов П. Ф. Оцінка середнього часу очікування пасажирів транспортних засобів для маршрутної мережі міста / П. Ф. Горбачов, О. В. Макарічев, В. М. Чижик // Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університета. - 2016. - Вып. 72. - С. 61-65. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2016_72_12

7. Vdovychenko V. Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency / V. Vdovychenko, Y. Nagornyy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2016. - № 3(3). - С. 44-51. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2016_3%283%29_7

8. Кара І.А. Визначення пасажиропотоків на міських маршрутах з використанням нечіткої логіки та транзакцій абонентів стільникового зв'язку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 „Транспортні системи” / І.А. Кара. – Львів, 2017. – 22 с.

9. Кристопчук М. Системи оплати послуг міського пасажирського транспорту / М. Кристопчук, В. Дорошук, Ю. Федчук // Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання: збірник тез доповідей. - Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2015. - С.69-71.

10. Концепції розвитку наземного пасажирського транспорту м. Дніпро [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dropbox.com/s/qbhbgerpusn9y15l/SolutDocument72677.pdf?dl=0>

11. Старостіна А.О. Маркетингові дослідження. Практичний аспект / А.О. Старостіна. – К. : СПб. : Видавничий дім «Вільямс», 1998. – 262 с.

12. Паниотто В. Качество социологической информации / В. Паниотто. – К.: Наукова думка, 1986. – С. 81–82.

REFERENCES

1. Bashyn'ska, I.O., & Filippov, V.Yu. (2017). *Problemy ta shlyakhy udoskonalennya funktsionuvannya mis'koho pasazhyr'skoho transport [Problems and ways of improving the functioning of urban passenger transport]*. Kyiv:

Ekonomika. Finansy. Pravo. [in Ukrainian].

2. European Commission. Green Paper: Towards a New Culture for Urban Mobility. (2015) Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0551&from=EN> [in English].

3. Firsov, O.D., & Biblya, A.N. (2015). Proektuvannya intelektual'noyi transportnoyi systemy mista [Designing of the intelligent transport system of the city]. *Visnyk Akademiyi mytnoyi sluzhby Ukrayiny. Seriya: Tekhnichni nauky - Bulletin of the Academy of the Customs Service of Ukraine. Series: Engineering*, 1, 20-31 [in Ukrainian].

4. Bilichenko, V.V. (2014). Problemy ta perspektyvy rozvytku marshrutnoyi merezhi pasazhyr'skykh perevezen' u m. Vinnytsya [Problems and prospects of development of a route network of passenger transportations in the city of Vinnytsia]. *Naukovi notatky - Scientific notes*, 45, 42-47 [in Ukrainian].

5. Oleshchenko, L.M., & Moshens'ky, A.O. (2014). Komp'yuterni merezhi komunikatsiyi uchasnykiv pasazhyr'sko-transportnoho protsesu [Computer networks of communication of the participants of the passenger-transport process]. *Naukovi zapysky Ukrayins'koho naukovo-doslidnoho instytutu zv'yazku - Scientific notes of the Ukrainian Research Communication Institute*, 1, 82-86 [in Ukrainian].

6. Horbachov, P.F., Makarichev, O.V., & Chyzhyk, V.M. (2016). Otsinka seredn'oho chasu ochikuvannya pasazhyriv transportnykh zasobiv dlya marshrutnoyi merezhi mista [Estimation of average waiting time of vehicles for city route network]. *Vestnyk Khar'kovskoho natsional'noho avtomobil'no-dorozhnoho unyversyteta - Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University*, 72, 61-65 [in Ukrainian].

7. Vdovychenko, V., & Nagornyy, Y. (2016). Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(3), 44-51 [in English].

8. Kara, I.A. (2017). Vyznachennya pasazhyropotokiv na mis'kykh marshrutakh z vykorystannyam nechitkoyi lohiky ta transaktsiyi abonentiv stil'nykovooho zv'yazku [Determination of passenger traffic on city routes with the use of fuzzy logic and transactions of subscribers of cellular communication]: *Extended abstract of candidate's thesis*. L'viv [in Ukrainian].

9. Krystopchuk, M., Doroshchuk, V., & Fedchuk, Yu. (2015). Systemy opłaty posluh mis'koho pasazhyr'skoho transport [Payment systems for urban passenger transport]. *Problemy z transportnyimi potokamy i napryamy yikh rozv'yazannya: zbirnyk tez dopovidey - Problems with traffic flows and directions for their solution: abstracts of papers*. (pp. 69-71). L'viv: Natsional'nyy unyversytet «L'viv'ska politekhnika» [in Ukrainian].

10. Kontseptsiyi rozvytku nazemnoho pasazhyr'skoho transportu m. Dnipro [Concepts of development of land passenger transport in the city of Dnipro]. (n.d.). Retrieved from <https://www.dropbox.com/s/qbhbgepusn9yl5l/SolutDocument72677.pdf?dl=0> [in Ukrainian].

11. Starostina, A.O. (1998). *Marketynhovi doslidzhennya. Praktychnyy aspekt [Marketing researches. Practical aspect]*. Kyiv: Vydavnychyy dim «Vil'yams» [in Ukrainian].

12. Paniotto, V.I. (1986). *Kachestvo sotsiologicheskoy informatsii: metody otsenki i protsedury obespecheniya [The quality of sociological information: assessment methods and procedures for provision]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].

Литвінова Я.В. Оценка потребительской ценности услуг общественного транспорта в аспекте повышения качества их предоставления.

Проанализированы теоретические основы и мнения ведущих ученых по решению существующих проблем в сфере удовлетворения потребностей населения в услугах общественного транспорта. С целью оценки потребительской ценности услуг городских автотранспортных предприятий был проведен опрос среди пользователей общественного транспорта. По результатам опроса определены пути повышения качества пассажирских перевозок в г. Днепр.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, общественный транспорт, потребительская ценность, опрос.

Ya. Litvinova. Assessment of the public transport services consumer value in the quality improving aspects of their providing.

It is analysed the theoretical principles and opinions of leading scientists concerning to the solution of existing problems in the field of meeting the needs of the population in public transport services. It was conducted a survey among public transport users in order to assess the value of services provided by local transport enterprises. It was determined the ways of increasing the quality of passenger traffic in Dnipro according to the results of the survey.

Key words: passenger transportation, public transport, consumer value, poll.

АВТОР:

ЛІТВІНОВА Яна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: litvinovayana87@gmail.com.

АВТОР:

ЛИТВИНОВА Яна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление на транспорте», Государственное ВУЗ "Национальный горный университет», e-mail: litvinovayana87@gmail.com.

AUTHOR:

Yana LITVINOVA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Transport Management Department, SHEI «National Mining University», e-mail: litvinovayana87@gmail.com.

Стаття надійшла в редакцію 01.05.2018 р.

УДК 004.942; 629.113; 629.3.017.5
UDC 004.942; 629.113; 629.3.017.5

Лотиш В.В., Гуменюк П.О., Демків В.О.
Луцький національний технічний університет

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЗАПОБІГАННЯ ЗІТКНЕННЯ АВТОМОБІЛЯ З ПІШОХОДОМ

Розроблено імітаційну модель, яка дозволяє проводити статистичні дослідження ймовірності зіткнення пішохода з транспортним засобом. В моделі реалізовано два варіанти водіння – традиційне керування водієм та керування водієм з використанням системи запобігання зіткнення. Отримані статистичні дані якісно вірно відображають статистику зіткнення. Застосування даної імітаційної моделі дозволить провести порівняльний аналіз, виявити причини ДТП та напрацювати відповідні організаційні, кадрові, технічні та інші заходи з метою зниження рівня аварійності.

Ключові слова: імітаційна модель, зіткнення, керування транспортним засобом, система запобігання зіткнення.

Постановка проблеми. Розвиток економіки держави неможливий без використання транспортних засобів. На 2017 р. загальна їх кількість в Україні досягла 3 млн. одиниць. Зростаюча інтенсивність експлуатації автотранспортних засобів і суттєве зростання їх кількості супроводжується дедалі більшим масштабом негативних наслідків. Постійно виникають дорожньо-транспортні пригоди (ДТП), що супроводжуються травмуванням та загибеллю людей, значними матеріальними втратами [1].

За даними Управління безпеки дорожнього руху Національної поліції України, в 2016 році в країні сталося понад 154 тис. аварій. Це на 11,6% більше, ніж в 2015 році. В середньому за добу по всій країні траплялося по 11 аварій, в яких гинули 9 осіб і отримували травми 88. Всього в 2016 році в ДТП загинули понад 3 тис. осіб, було поранено понад 32 тис.

Загалом кількість дорожньо-транспортних пригод в Україні у першій половині 2017 року зросла на 6,1% порівняно з аналогічним періодом 2016-го – до 76,6 тисяч [2].

Недисциплінованість пішоходів - ще одна причина багатьох аварій. В Україні саме через безтурботність пішоходів відбувається кожне третє ДТП (перехід дороги в недозволеному місці, несподіваний вихід на проїжджу частину і т.д.).

Дану проблему вирішують організаційними, експлуатаційними і конструктивними методами. Серед конструктивних методів найбільш ефективними є методи підвищення активної безпеки - властивості транспортного засобу, що дозволяє водієві запобігати ДТП [3-6].

Метою роботи є імітаційне моделювання руху автомобіля та руху пішохода і визначення ймовірності зіткнення автомобіля з пішоходом при двох способах керування транспортним засобом: традиційному управлінні водієм і з використанням водієм системи запобігання зіткнення [7-10].

Для розробки імітаційної моделі за основу прийнята програма моделювання зіткнення автомобіля з пішоходом. В програмі передбачено два режими роботи – рух автомобіля під керуванням водія та рух автомобіля з використанням системи запобігання зіткнення з пішоходом. Залежно від обраного режиму змінюється час реакції транспортного засобу (ТЗ) на появу пішохода в небезпечній зоні. Отримана програма доповнена блоком для проведення ряду статистичних випробувань. Для цього в модифікованій версії додано можливість завдання максимальної кількості експериментів. Також задається мінімальна та максимальна швидкість руху автомобіля. При проведенні експериментів швидкість автомобіля генерується від мінімального до максимального значення згідно з законом рівномірного розподілу для кожного експерименту окремо.

Для моделювання ширини автомобіля створена база даних Road.db з таблицею Car, в якій представлені найпопулярніші класи легкових та вантажних автомобілів [11].

Для моделювання швидкості пішохода в базі даних Road.db використовується таблиця Movement, де представлені дані швидкостей пішоходів для різних вікових, статевих категорій та різних типів руху (звичайний крок, швидкий крок, біг) [12].

Також в моделі передбачено випадковий вибір коефіцієнта зчеплення автомобіля з дорогою. Даний коефіцієнт знаходиться в межах 0.8 для дороги з сухим асфальтованим покриттям, в межах 0.2 – для доріг з трамбованим снігом. Використовуючи даний коефіцієнт, задаються різні типи доріг та погодні умови.

В моделі передбачено зміну віддалі від автомобіля до пішоходу в певних заданих межах. Конкретне значення віддалі вибирається випадковим чином від мінімального заданого значення до максимального згідно з законом рівномірного розподілу.

Результати моделювання записуються в базу даних stat.db, а саме, в таблицю Result. Після кожного моделювання, якщо кількість експериментів не досягла максимальної заданої величини, в таблицю записується вік та стать пішоходу, швидкість автомобіля, швидкість пішоходу, ширину автомобіля та лічильник зіткнень.

Екранна зона форми програми імітаційної моделі системи запобігання зіткнення автомобіля з пішоходом при роботі з базами даних Road.db та stat.db показана на рис.1.

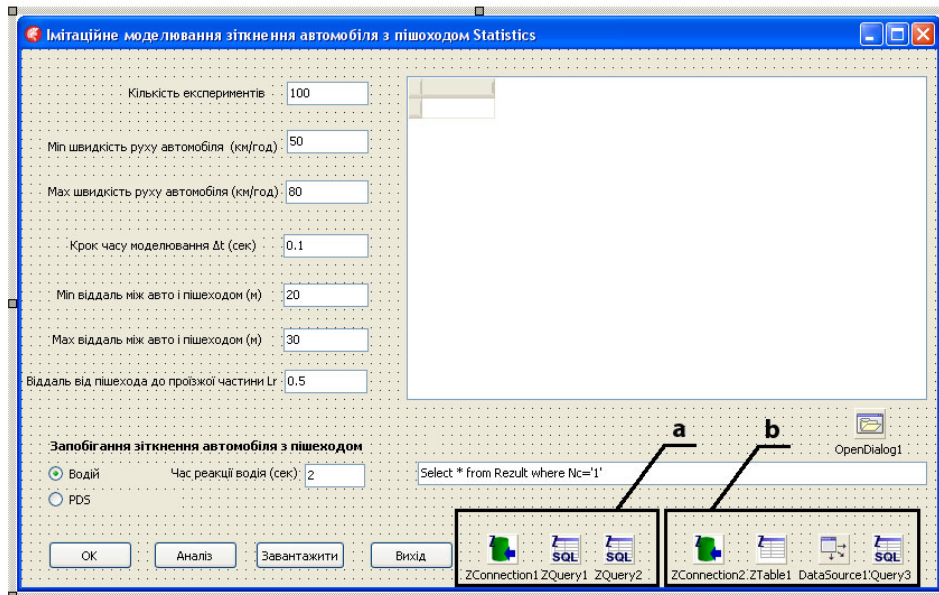


Рис.1. Екранна зона форми програми імітаційної моделі системи запобігання зіткнення автомобіля з пішоходом:

а) компоненти для роботи з базою Road.db; б) компоненти для роботи з базою stat.db.

Після завершення моделювання статистичні дані отримуються з результуючої таблиці Result з використанням SQL запитів (рис. 2).

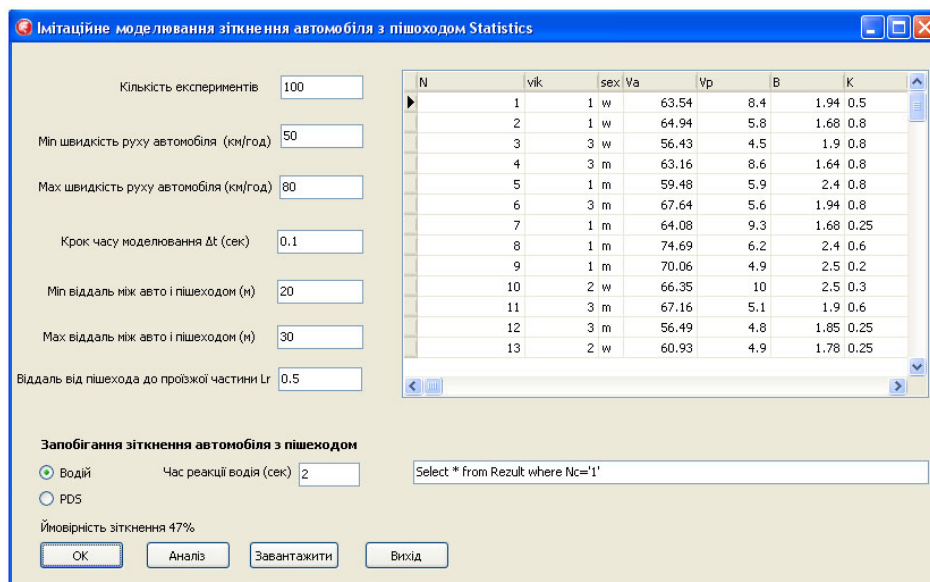


Рис.2. Вигляд програми імітаційної моделі системи запобігання зіткнення автомобіля з пішоходом.

Результати досліджень. Провівши $n_{max}=1000$ експериментів з отриманою моделлю при різних швидкостях автомобіля V та пішохода V_p отримано максимальне значення ймовірності $p_0=0.12$ та,

задавшись ймовірністю помилки $\varepsilon=0.05$ та надійністю довірчого інтервалу $Q=0.95$ [10], розраховано необхідну кількість експериментів $N=16227$.

Для отримання результату з заданими ε та Q проводимо основне моделювання з $n_{\max} = N$.

Моделювання виконували для інтервалу швидкостей автомобіля 30-40 км/год; 40-50 км/год; 50-60 км/год; 60-70 км/год; 70-80 км/год; при віддалі від автомобіля до пішохода в межах 15-20м; при часу реакції водія 1.5 сек. Результати моделювання приведено у таблиці 1 та на графіках рис. 3.

Таблиця 1 - Залежність ймовірності зіткнення (%) від швидкості автомобіля

км/год	Звичайне водіння (ймовірність %)	Система запобігання зіткнення (ймовірність %)
30-40	40.2	20.0
40-50	44.8	43.3
50-60	63.2	63.8
60-70	76.7	76.9
70-80	81.2	80.9

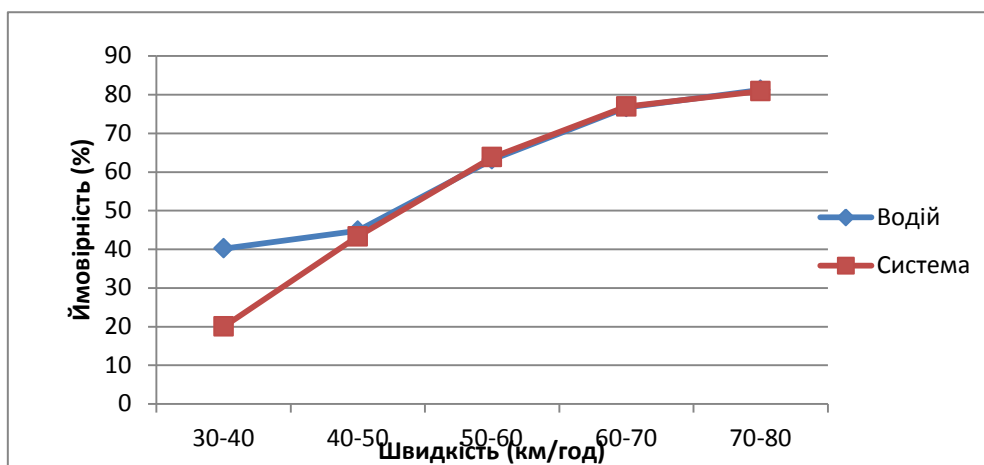


Рис 3. Залежність ймовірності зіткнення (%) від швидкості автомобіля (км/год).

На наступному етапі моделювання виконувалось дослідження залежності ймовірності зіткнення з автомобілем від статі пішохода. Окремо були проведені експерименти для моделювання зіткнення з автомобілем, що рухається з різною швидкістю чоловіків та жінок.

Використовуючи SQL запити до таблиці з результатами Result отримана залежність ймовірності зіткнення від статі пішохода. Результати моделювання представлені у таблиці 2 та на рис. 4.

Таблиця 2 - Залежність ймовірності зіткнення (%) від швидкості автомобіля та статі пішохода

км/год	Звичайне водіння (ймовірність %)		Система запобігання зіткнення (ймовірність %)	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
30-40	19.8	20.4	8.9	11.2
40-50	20.5	24.3	20.5	22.8
50-60	32.8	30.3	29.9	33.9
60-70	39.2	37.7	37.7	39.24
70-80	41.2	40.0	39.8	41.9

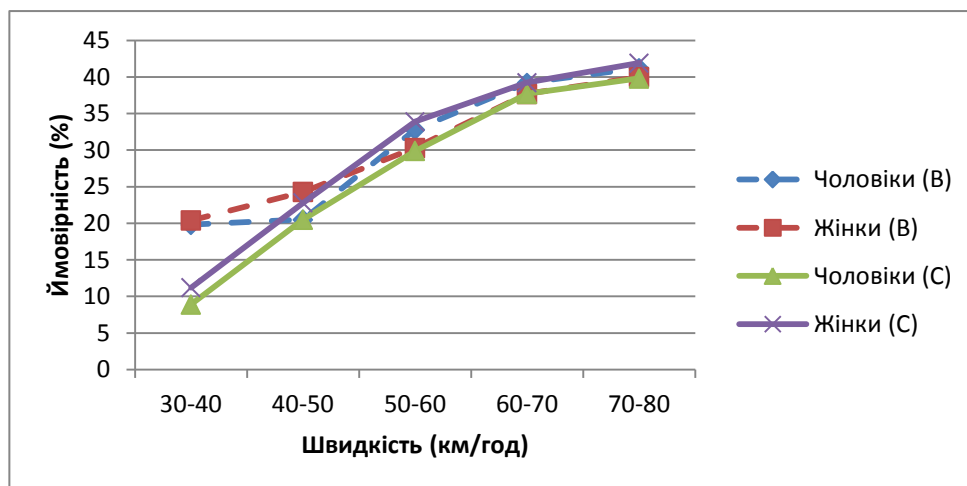


Рис 4. Залежність ймовірності зіткнення (%) від швидкості автомобіля (км/год) та статі пішохода.

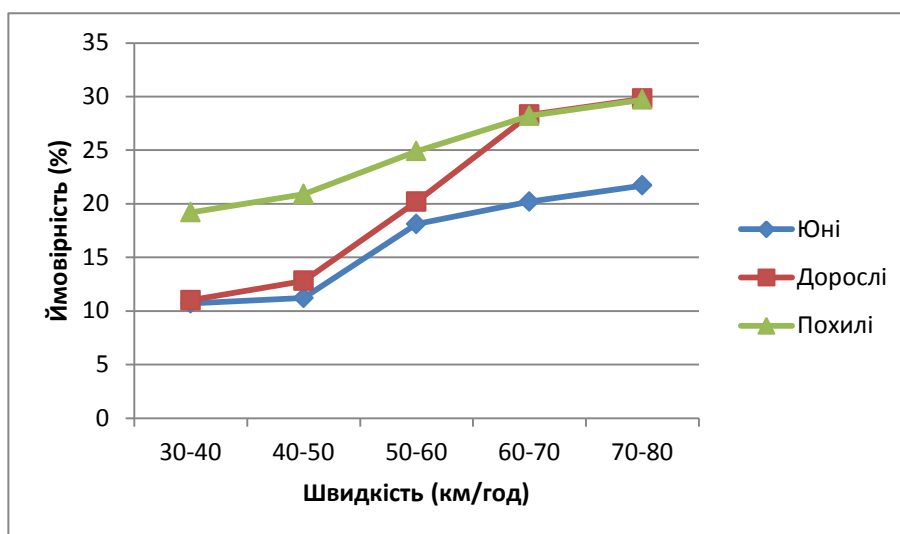
Поведінка пішохода на дорозі, зокрема, перехід дороги в недозволеному місці, несподіваний вихід на проїжджу частину і т.д., дуже залежить від віку пішохода. Тому було проведено дослідження залежності ймовірності зіткнення з автомобілем від віку пішохода. Вік було розбито на три категорії: юні, дорослі та похилі, а кожна категорія включала, в свою чергу, ряд вікових груп.

Категорія юні включає в себе наступні вікові групи: 7-8 років; 8-10 років; 10-12 років; 12-15 років. Категорія дорослі включає в себе наступні вікові групи: 15-20 років; 20-30 років; 30-40 років; 40-50 років. Категорія похилі включає в себе наступні вікові групи: 50-60 років; 60-70 років; 70-80 років.

Отримана наступна залежність ймовірності зіткнення з автомобілем, що рухається з різною швидкістю від віку пішохода, яка представлена у таблиці 3 та на рис. 5.

Таблиця 3 - Залежність ймовірності зіткнення (%) від швидкості автомобіля та віку пішохода

км/год	Звичайне водіння			Система запобігання зіткнення		
	юні	дорослі	похилі	юні	дорослі	похилі
30-40	10.7	11.0	19.2	4.1	3.4	12.5
40-50	11.2	12.8	20.9	11.6	14.8	16.9
50-60	18.1	20.2	24.9	16.6	21.4	25.8
60-70	20.2	28.3	28.2	20.45	27.4	29.1
70-80	21.7	29.8	29.7	20.9	30.0	29.9



а)

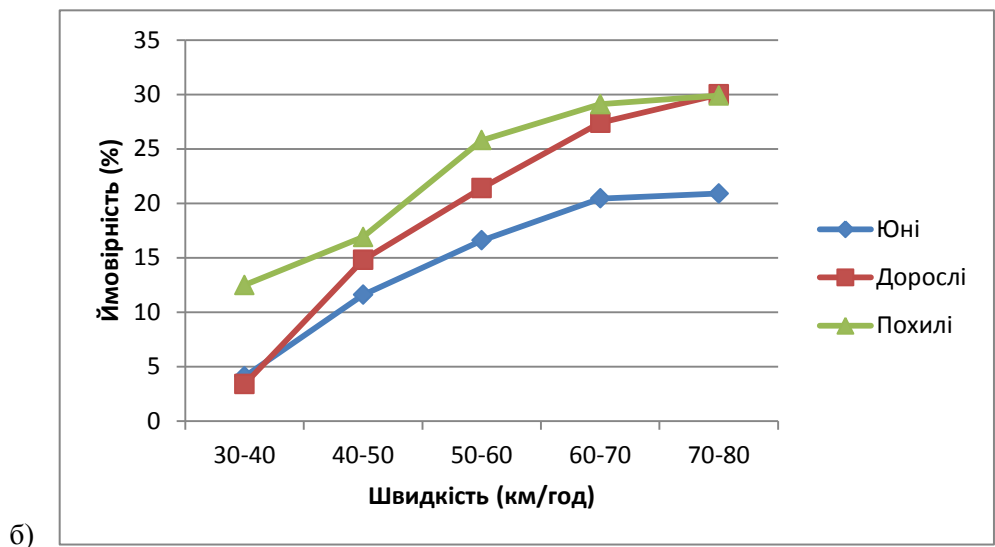


Рис 5. Залежність ймовірності зіткнення (%) від швидкості автомобіля (км/год) та від віку пішохода:

а)- керування водієм; б) - система запобігання зіткненню

Також отримано залежність ймовірності зіткнення транспортного засобу з пішоходом від типу транспортного засобу (легковий або вантажний автомобіль) – див табл. 4. та рис.6.

Таблиця 4 - Залежність ймовірності зіткнення (%) від типу транспортного засобу

км/год	Звичайне водіння		Система запобігання зіткнення	
	легковий	вантажний	легковий	вантажний
30-40	18.5	21.7	6.5	13.5
40-50	19.7	25.1	22.1	21.2
50-60	32.1	31.1	32.9	30.9
60-70	41.3	35.4	42.5	34.4
70-80	45.5	35.7	44.7	36.2

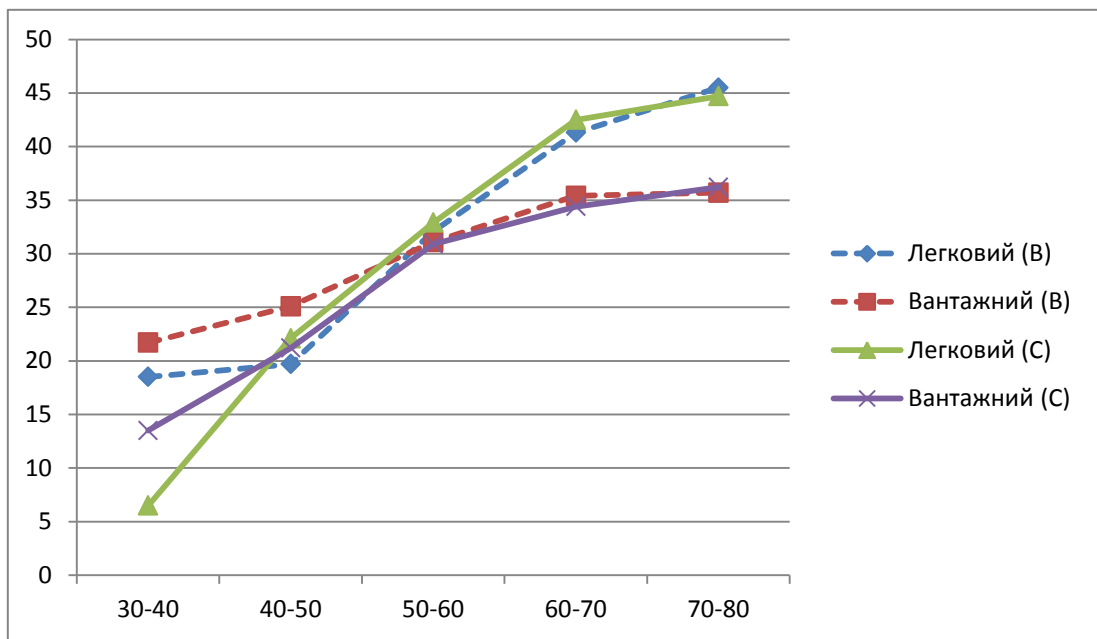


Рис 6. Залежність ймовірності зіткнення від типу автомобіля В- водій, С – система запобігання зіткнення.

Як відомо [6], час гальмування автомобіля, а отже, ймовірність зіткнення з пішоходом, залежить від погодних умов.

Підставляючи у модель значення коефіцієнта зчеплення автомобіля з дорогою, отримуємо залежність ймовірності зіткнення від погодних умов (табл.5, рис.7).

Таблиця 5 - Залежність ймовірності зіткнення (%) від погодних умов

км/год	Звичайне водіння			Система запобігання зіткнення		
	Сухий асфальт	Мокрий асфальт	Сніг	Сухий асфальт	Мокрий асфальт	Сніг
30-40	1.5	1.5	1.6	3.4	3.3	3.3
40-50	7.3	7.7	7.8	10.4	10.7	10.6
50-60	10.7	10.8	11.9	11.0	11.0	10.0
60-70	12.3	13.0	13.5	13.2	12.8	13.9
70-80	13.6	13.9	14.0	14.0	13.5	13.9

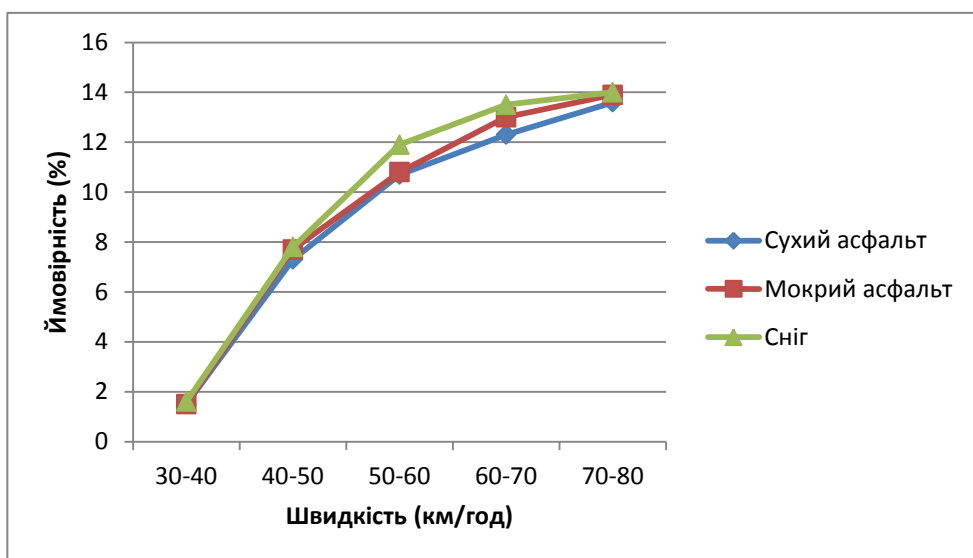


Рис. 7. Залежність ймовірності зіткнення від погодних умов при керуванні ТЗ водієм.

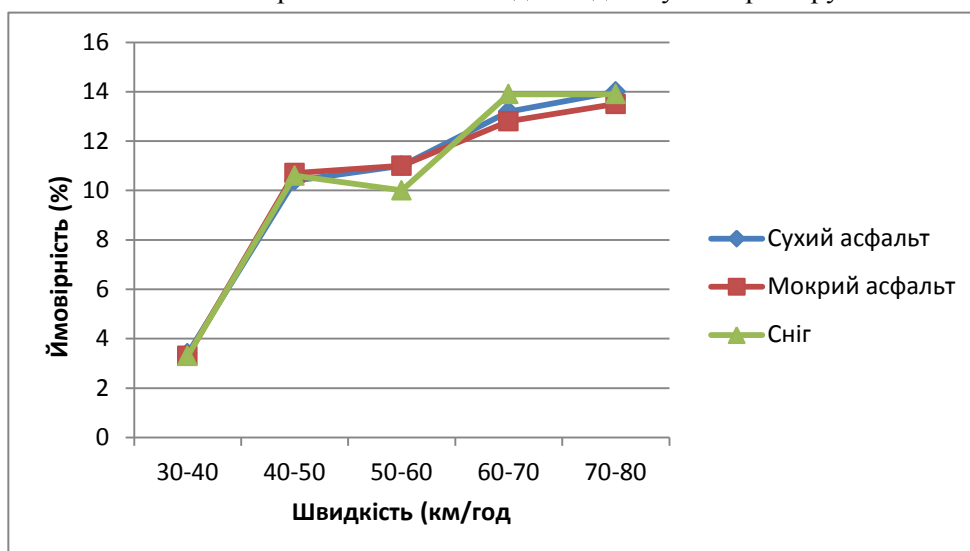


Рис. 8. Залежність ймовірності зіткнення від погодних умов при керуванні ТЗ водієм з використання системи запобігання зіткнення.

Висновки. Отримана імітаційна модель дозволяє проводити статистичні дослідження ймовірності зіткнення пішохода з транспортним засобом. В моделі реалізовано для варіанти водіння – традиційне керування водієм та керування водієм з використанням системи запобігання зіткнення. Отримані статистичні дані якісно вірно відображають статистику зіткнення. Застосування даної

імітаційної моделі дозволить провести порівняльний аналіз, виявити причини ДТП та напрацювати відповідні організаційні, кадрові, технічні та інші заходи з метою зниження рівня аварійності.

1. В Украине за 1,5 года на дорогах погибло больше людей, чем в АТО [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://inforesist.org/v-ukraine-za-1-5-goda-na-dorogah-pogiblo-bolshe-lyudey-chem-v-ato/>
2. Статистика аварійності в Україні за 12 місяців 2016 року [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/21.htm> (дата звернення: 05.06.2017)
3. Казаков А. Быстрый алгоритм обнаружения пешеходов по видеоданным / А. Казаков, А. Бовырин // Proceedings of the 22nd International Conference on Computer Graphics and Vision. – 2012. – С. 144-148.
4. Дубонос К.В. Расчет механизма наезда на пешехода при ограниченной обзорности в режиме торможения автомобиля. Криміналістичний вісник: наук.-практ. зб. / Дубонос К.В., Клименко В.И., Решетников Е.Б., Сараев А.В. // ДНДЕКЦ МВС України; КНУВС – К.: Вид. Дім «Ін Юре», 2007. – №1(7). – 180 с
5. Сараев О.В. Анализ возможности uniknuti naїzdu na пішохода шляхом своєчасного гальмування / О.В. Сараев // Автомобильный транспорт : сб. науч. тр. – 2013.–Вып. 33. – С. 99–104.
6. Уточнення нормативного часу реакції водія при експертних розрахунках / О. В. Антонюк, П. Г. Борщевський, В. Д. Гардерман // Криміналістика і судебна експертиза. - 2013. - Вып. 58(2). - С. 396-402.
7. Шеннон, Р. Імітаційне моделювання систем - мистецтво і наука / Р. Шеннон; пров. з англ. під ред. Е. К. Масловського. - М.: Мир, 1978. - 418 с.
8. Nance R. E. (1996). A history of discrete event simulation programming languages. Bergin Jr T. J. & Gibson Jr. R. G., eds. in History of Programming Languages - II, 369-427. American Association of Computing Machinery: New York.
9. Kiviat, Philip J. "Digital computer Simulation. Modeling Concepts" The RAND-Corp. RM-5378_PR, Aug. 1967.
10. Варнавский А. Н. Чекан Н. В. Имитационное моделирование столкновения автомобиля с пешеходом при различных способах управления автомобилем //Автоматизация в промышленности. — 2012, № 7. — С. 29–33.
11. Класи автомобілів [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://kermo.org/klasy-avtomobiliv/>
12. Туренко А. Н., Клименко В. И., Сараев А. В. Автотехническая экспертиза: Учебное пособие. - Харьков: ХНАДУ, 2007. - 156 с.

REFERENCES

1. V Ukraine za 1,5 goda na dorogah pogiblo bol'she ljudej, chem v ATO [In Ukraine, for 1.5 years on the road killed more people than in the ATU]. *Site InfoResist*. <https://inforesist.org/> Retrieved from <https://inforesist.org/v-ukraine-za-1-5-goda-na-dorogah-pogiblo-bolshe-lyudey-chem-v-ato/>
2. Statystyka avarijnosti v Ukrai'ni za 12 misjaciw 2016 roku [Accident Statistics in Ukraine for 12 months in 2016]. *Sajt Upravlinnja bezpeky dorozhn'ogo ruhu [Site "Traffic Safety Management"]*. <http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/21.htm> Retrieved from <http://www.sai.gov.ua/ua/ua/static/21.htm> (date of treatment 05.06.2017)
3. Kazakov A. & Bovyryn A. (2012) Bystryj algoritm obnaruzhenija peshehodov po videodannym [Fast algorithm for detecting pedestrians on video data]. *Proceedings of the 22nd International Conference on Computer Graphics and Vision*. pp.144-148 [in Russian].
4. Dubonos K.V., Klimentko V.I., Reshetnikov E.B. & Saraev A.V. (2007). Raschet mehanizma naezda na peshehoda pri ogranichennoj obzornosti v rezhime tormozhenija avtomobilja [Calculation of the mechanism of collision on the pedestrian with limited visibility in the braking mode of the car]. *Kryminalistychnyj visnyk – Forensic messenger. DNDEKTS of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 1(7)*. Kyiv: «In Jure» [in Russian].
5. Saraev O.V. (2013). Analiz mozhyvosti unyknuty naїzdu na pishohoda shljahom svojechasnogo gal'muvannja [Analysis of the possibility of avoiding riding on a pedestrian by timely braking]. *Avtomobil'nyj transport – Automobile transport*. Issue 33. Kyiv, pp. 99-104 [in Ukrainian].
6. Antonyuk O.V., Barshchevsky P.G. & Gardermann V.D. (2013). Utochnennja normatyvnogo chasu reakcii' vodija pry ekspertnyh rozrahunkah. [Clarification of the normative response time of the driver in expert calculations]. *Kryminalistika i sudebnaja jekspertiza – Forensic science and forensic examination*. Issue 58(2). pp.396-402 [in Ukrainian].
7. Shannon R. (1978). Imitacijne modeljuvannja system - mystectvo i nauka [Simulation systems - art and science]. (Maslovsky E.K. Trans). Moskow: Mir [in Ukrainian].
8. Nance R. E. (1996). A history of discrete event simulation programming languages. Bergin Jr T. J. & Gibson Jr. R. G., eds. in History of Program., ming Languages - II, 369-427. American Association of Computing Machinery: New York.
9. Kiviat, Philip J. "Digital computer Simulation. Modeling Concepts" The RAND-Corp. RM-5378_PR, Aug. 1967.
10. Varnavsky A. N. & Chekan N. V. (2012). Imitacionnoe modelirovanie stolknovenija avtomobilja s peshehodom pri razlichnyh sposobah upravlenija avtomobilem [Simulation modeling of collision of the car with the pedestrian at various ways of management by the car]. *Avtomatizacija v promyshlennosti – Automation in the industry*, 7. pp. 29–33 [in Russian].
11. Klasy avtomobiliv [Car classes]. *Ukrai'ns'kyj avtomobil'nyj portal "Kermo – Vse pro usi avto" [Ukrainian automobile portal "Kermo - All about all cars"]*. Retrieved from <http://kermo.org/klasy-avtomobiliv/> [in Ukrainian].
12. Turenko A. N., Klimentko V. I. & Saraev A. V. (2007). Avtotehnicheskaja ekspertiza [Automotive Expertise]. Kharkov: HNADU [in Russian].

Лотыш В.В., Гуменюк П.А., Демкив В.О. Имитационное моделирование системы предупреждения столкновения автомобиля с пешеходом.

Разработана имитационная модель, которая позволяет проводить статистические исследования вероятности столкновения пешехода с транспортным средством. В модели реализовано два варианта вождения - традиционное управление водителем и управление водителем с использованием системы предотвращения столкновения. Полученные статистические данные качественно верно отражают статистику столкновения. Применение данной имитационной модели позволит провести сравнительный анализ, выявить причины ДТП и разработать соответствующие организационные, кадровые, технические и другие мероприятия с целью снижения уровня аварийности

Ключевые слова: имитационная модель, столкновение, управление транспортным средством, система предотвращения столкновения.

Lotysh V.V., Gumeniuk P.O., Demkiv V.O. Imitation modeling of the vehicle collision avoidance system with the pedestrian.

A simulation model has been developed that allows statistical studies of the probability of a pedestrian collision with a vehicle. In the model, two variants of driving are implemented: traditional driver control and driver control using the collision avoidance system. The obtained statistical data qualitatively correctly reflect the collision statistics. The application of this simulation model will allow for a comparative analysis, identify the causes of accidents and develop the appropriate organizational, personnel, technical and other measures to reduce the level of accident rate.

Key words: simulation model, collision, vehicle control, collision avoidance system.

АВТОРИ:

ЛОТИШ Володимир Вячеславович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно – інтегрованих технологій, Луцький НТУ, e-mail: admin@lntu.edu.ua

ГУМЕНЮК Павло Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно – інтегрованих технологій, Луцький НТУ, e-mail: p.gumeniuk@lntu.edu.ua

ДЕМКІВ Володимир Олегович, магістр кафедри автоматизації та комп'ютерно – інтегрованих технологій, Луцький НТУ

АВТОРЫ:

ЛОТЫШ Владимир Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации и компьютерно - интегрированных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: admin@lntu.edu.ua

ГУМЕНЮК Павел Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерно - интегрированных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: p.gumeniuk@lntu.edu.ua

ДЕМКИВ Владимир Олегович, магистр кафедры автоматизации и компьютерно - интегрированных технологий, Луцкий НТУ

AUTHORS:

Volodymyr LOTYSH, PhD. in Engineering, Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Lutsk NTU, e-mail: admin@lntu.edu.ua

Pavlo GUMENYUK, PhD. in Engineering, Associate Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Lutsk NTU, e-mail: p.gumeniuk@lntu.edu.ua

Volodymyr DEMKIV, Master of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Lutsk NTU

Стаття надійшла в редакцію 16.04.2018 р.

Маяк¹ М.М., Мельничук¹ С.В., Головня² Р.М., Чуйко² С.П.

¹Науково-навчальний центр «Корбутівка»

²Житомирський державний технологічний університет

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ШВИДКОСТІ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО АВТОБУСУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Паливна економічність міського маршрутного автобусу при повній його технічній справності та виключенні людського фактору, залежить від експлуатаційних умов (особливостей маршруту). В свою чергу експлуатаційні умови характеризуються параметрами дорожнього руху, сукупністю перешкод, що вимагають зміну швидкості руху чи повну зупинку, а також масові навантаження, які визначаються параметрами пасажиропотоку. В даній роботі встановлено залежність технічної швидкості автобусу від частот перешкод руху на маршруті (планові зупинки для посадки та висадки пасажирів, світлофори, повороти, пішохідні перешкоди тощо). На основі визначення коефіцієнтів кореляції показано, що не всі можливі перешкоди мають вагомий вплив на середню технічну швидкість автобусу на маршруті. Отримана залежність дозволяє визначати середню технічну швидкість на діючому чи новому маршруті та бути основою при виборі динамічних характеристик автобусу та прогнозування його паливної економічності.

Ключові слова: міський автобус, технічна швидкість, фактор складності, індикатори перешкод.

Постановка проблеми. Вирішення транспортних проблем у великих сучасних містах завжди є актуальною задачею, яка постійно потребує розвитку та вдосконалення.

Ринкові умови автомобільного транспорту та покращення інфраструктури міст потребують постійного пошуку сучасних методів управління пасажирськими перевезеннями та необхідністю збереження сталого положення й функціонування транспортних підприємств на ринку перевезень, зниження експлуатаційних витрат та задоволення потреб усіх учасників транспортного процесу: пасажирів, перевізників та організаторів перевезень.

Особливу роль в економії палива належить досконалості нормування витрати палива з правильним обліком мінливого різноманіття дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних умов роботи автомобіля. Відсутність єдиної класифікації умов експлуатації і механізованих методів їх обліку, достатньо досконалих математичних моделей, і як наслідок, відсутність науково обґрунтованих методики визначення лінійних (індивідуальних) і групових (питомих) норм витрати палива привели до того, що нормування все ж проводиться досить наближено – з точністю 20-40% [1].

Разом з тим, питання економії палива тісно пов'язані зі зниженням токсичності відпрацьованих газів двигунів.

На витрати палива суттєво впливає режим руху автомобіля і вибір оптимальних швидкостей. Поряд з тим, проведені науковцями у різні роки дослідження паливної економічності свідчать, що швидкість руху автомобіля визнається як визначальний фактор, який впливає на витрати палива при експлуатації колісного транспортного засобу (КТЗ) [1,9].

Відчувається гостра необхідність у визначенні витрат палива КТЗ для планування витрат на перевезення пасажирів. В основу методики повинен бути закладений облік швидкісного режиму руху по маршруту як комплексного показника дії різних факторів (умови експлуатації, техніко-економічні показники КТЗ - їх повна маса, дорожнє покриття, характеристика маршруту руху та інше).

При нормуванні витрати палива розрізняють базове значення витрати палива, яке визначається для кожної моделі, марки або модифікації автомобіля в якості загальноприйнятої норми, і розрахункове нормативне значення витрати палива, що враховує виконувану транспортну роботу і умови експлуатації автомобілів [1, 8, 9].

Аналіз основних джерел. Технічна швидкість транспортних засобів є складною функцією, яка залежить від ряду факторів. Різними авторами запропоновано ряд математичних моделей і теоретичних залежностей показників складності міського автобусного маршруту та обґрунтована оцінка економічної ефективності від впровадження маршрутного нормування витрати палива.

Теоретичний аналіз дозволив визначити фактори, які надають найбільший вплив на витрати палива і забруднення навколишнього середовища: конструкція рухомого складу, технічний стан, якість палива, дорожні і транспортні умови, досвід водія [2].

Автором [3] визначено складність міського автобусного маршруту шляхом аналізу питомої кількості гальмування і виконаних зупинок та класифіковано середню технічну швидкість як рівень швидкісного режиму маршруту.

Заслугує увагу робота [4], в якій авторами наведено дослідження впливу на швидкість сполучення на маршруті пасажирського транспорту факторів постійного характеру, що доцільно використовувати для транспортно-градобудівельного проектування.

Різноманітним питанням моделювання параметрів автомобільної дороги, визначення середньої швидкості руху, витратам палива та використанню потужності двигуна, присвячена робота Безбородової Г.Б. і Галушко В.Г. [5].

Окремими авторами запропонована технологія визначення показника складності маршруту, яка базується на технології розрахунку маршрутних норм витрати палива автобусами міських маршрутів по статичній інформації і диференційного ресурсу шин [6,7]

Науковцями ХНАДУ Горбачовим П.Ф. та Свичинським С.В. проведені дослідження міжзупинкових відстаней міського пасажирського транспорту і отримані закономірності розподілу таких відстаней [8].

Калюжним М.В. розроблена математична модель зміни технічної швидкості транспортних засобів на перегоні маршруту міського автобусу [10].

Мета роботи. Метою даної роботи є дослідження залежності технічної швидкості міського автобусу від характеристики складності маршруту як умов його експлуатації.

Викладення основного матеріалу.

Умови експлуатації автомобілів загалом і особливо дорожні умови суттєво впливають на основні показники роботи міського автобусу. Знаючи середню технічну швидкість руху автомобіля за рейс, можна оцінити середні умови його роботи.

З досвіду експлуатації автомобілів відомо, що при однаковій середній швидкості, витрати палива коливаються в межах 15-20% і значно залежать від нерівномірності руху. Це в значній мірі стосується і роботи міських автобусів на постійних маршрутах.

Технічна швидкість це інтегрований показник, яким можна охарактеризувати складність експлуатації міського автобусу на маршруті. Він залежить від складності і дорожнього руху, і який можливо враховувати при прогнозуванні витрати палива і підбору силового агрегату і трансмісії.

Для отримання закономірностей впливу перешкод на маршруті на технічну швидкість автобусу міському маршруті було проведено експериментальне дослідження значень самої технічної швидкості на різних автобусних маршрутах м. Житомира та проаналізовано наявні перешкоди на цих же маршрутах.

Результати досліджень зведено до таблиці 1.

При проведенні факторного аналізу впливу складності маршруту на технічну швидкість розглядалися наступні функціональні залежності:

- 1 група – залежність швидкості руху від кількості планових зупинок на 1 км на маршруті (рис. 1);
- 2 група – залежність швидкості руху від кількості світлофорних об'єктів на маршруті (рис. 2);
- 3 група – залежність швидкості руху від кількості нерегульованих пішохідних переходів на маршруті (рис. 3);
- 4 група – залежність швидкості руху від кількості стоянок транспорту на маршруті (рис. 4);
- 5 група – залежність швидкості руху від кількості підйомів на маршруті (рис. 5);
- 6 група – залежність швидкості руху від кількості нерегульованих перехресть на маршруті (рис. 6);
- 7 група – залежність швидкості руху від кількості поворотів на маршруті (рис. 7);
- 8 група – залежність швидкості руху від кількості залізничних переїздів на маршруті (рис. 8).

При вирішенні задачі з аналізу впливу різних перешкод на технічну швидкість на маршруті, потрібно встановити і оцінити залежність різних показників один відносно іншого, що можливо шляхом кореляційного і регресивного аналізу. Такі дослідження будуть направлені на встановлення тісноти залежності між частотою перешкод різного роду і технічної швидкості на маршруті.

Таблиця №1. – Частоти перешкод та технічна швидкість на автобусних маршрутах м. Житомира

№ маршруту	Індикатори перешкод на маршруті, шт./км								Технічна швидкість, км/год
	Планові зупинки	Світлофорні об'єкти	Нерегульовані пішохідні переходи	Стоянки транспорту, до 100м	Підйоми	Нерегульовані перехрестя	Повороти	Залізничні переїзди	
1 туди	2,50	2,04	1,48	0,74	0,37	0,74	1,67		21,90
1 назад	3,00	2,10	1,80	0,90	0,40	0,80	1,30		18,75
4 туди	2,39	1,48	1,48	0,56	0,21	0,85	1,41	0,14	24,20
4 назад	2,58	1,52	1,74	0,91	0,15	0,76	1,44	0,15	21,00
5 туди	2,50	1,94	2,22	0,74	0,19	1,11	1,76		21,57
5 назад	2,43	2,00	1,65	0,78	0,17	1,22	1,65		21,37
8 туди	1,56	1,00	1,31	0,56	0,06	1,06	0,75	0,06	25,10
8 назад	1,79	1,11	1,58	0,74	0,11	1,00	0,79		24,94
10 туди	2,15	1,53	0,61	0,43	0,06	0,49	1,29	0,06	26,90
10 назад	2,09	1,47	0,61	0,37	0,06	0,49	1,23	0,06	27,70
11 туди	2,14	1,76	1,10	0,49	0,16	0,82	1,04		24,13
11 назад	2,20	1,96	1,31	0,60	0,12	0,83	0,71		22,70
14 туди	2,04	1,48	1,76	0,65	0,09	0,93	1,67		21,20
14 назад	1,94	1,48	1,39	0,65	0,09	0,83	1,67		21,60
19 туди	2,00	1,43	1,09	0,29	0,11	0,74	1,09	0,11	25,10
19 назад	2,00	1,43	1,09	0,34	0,11	0,74	1,03	0,11	25,10
23 туди	1,88	1,49	1,36	0,45	0,06	0,97	0,97	0,13	21,90
23 назад	1,88	1,49	1,36	0,39	0,13	0,91	0,84	0,13	20,41
25 туди	2,16	1,47	0,95	0,34	0,17	0,60	0,69		23,33
25 назад	2,22	1,45	0,94	0,43	0,09	0,60	0,77		24,00
26 туди	2,09	1,79	0,75	0,60	0,15	0,82	0,75		21,60
26 назад	2,31	1,79	0,75	0,67	0,15	0,82	0,82		22,17
30 туди	2,14	1,37	1,37	0,38	0,08	0,84	1,60		24,50
30 назад	2,67	1,72	1,55	0,43	0,17	0,95	1,90		24,00
33 туди	2,68	1,65	1,65	0,24	0,08	1,34	0,87		21,10
33 назад	2,60	1,73	1,65	0,24	0,00	1,34	0,71		21,10
37 туди	2,23	2,04	1,75	0,49	0,10	1,26	1,26		21,80
37 назад	2,30	2,10	1,70	0,50	0,10	1,30	1,50		20,00
44 туди	1,72	1,50	1,11	0,50	0,06	0,78	0,72		25,10
44 назад	1,72	1,56	1,11	0,50	0,06	0,83	0,78		24,54
58 туди	2,29	1,69	2,29	0,34	0,08	1,61	1,61		20,21
58 назад	2,16	1,84	2,08	0,40	0,24	1,60	1,76		21,60

З використанням вихідних даних (табл.1) побудовані графіки залежності технічної швидкості на маршруті від частоти зупинок, світлофорних об'єктів, пішохідних переходів, нерегульованих перехресть, стоянок транспорту, підйомів (рис. 1-8).

На основі отриманих експериментальних даних, шляхом їх аналізу та подальшої математичної обробки, представляється можливість отримати прості математичні моделі, в яких технічна швидкість функціонально буде залежати від ряду величин.

Дослідження зібраних статистичних даних методами кореляційно-регресійного аналізу проведені нами на першому етапі були спрямовані на встановлення стійкості зв'язку між частотами розглядуваних перешкод та технічною швидкістю руху автобуса і, як наслідок, визначення найсуттєвіших факторів, що впливають на цю швидкість.

Суть застосованого нами кореляційно-регресійного аналізу полягає у виборі виду рівняння регресії, обчисленні його параметрів та встановленні відповідності теоретичної залежності фактичним даним.



Рисунок 1. Графік залежності технічної швидкості від частоти зупинок на маршруті.

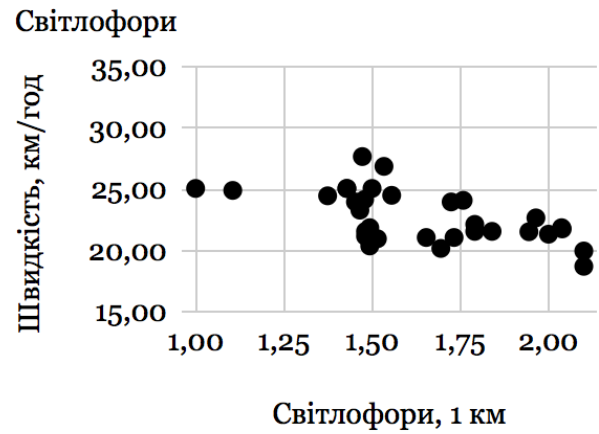


Рисунок 2. Графік залежності технічної швидкості від кількості світлофорних об'єктів на маршруті.



Рисунок 3. Графік залежності технічної швидкості від нерегульованих пішохідних переходів на маршруті.



Рисунок 4. Графік залежності технічної швидкості від кількості стоянок транспорту на маршруті.

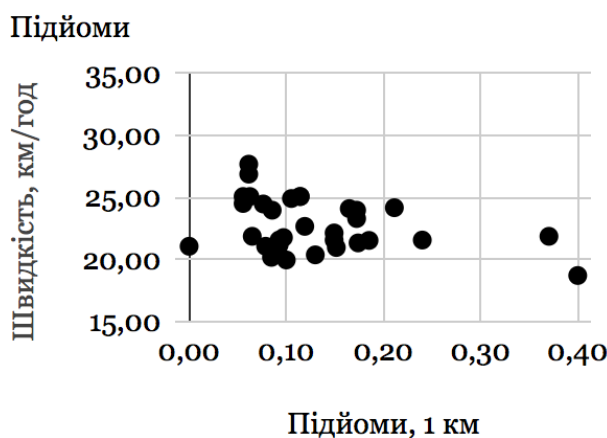


Рисунок 5. Графік залежності технічної швидкості від кількості підйомів на маршруті.



Рисунок 6. Графік залежності технічної швидкості від кількості нерегульованих перехресть на маршруті.

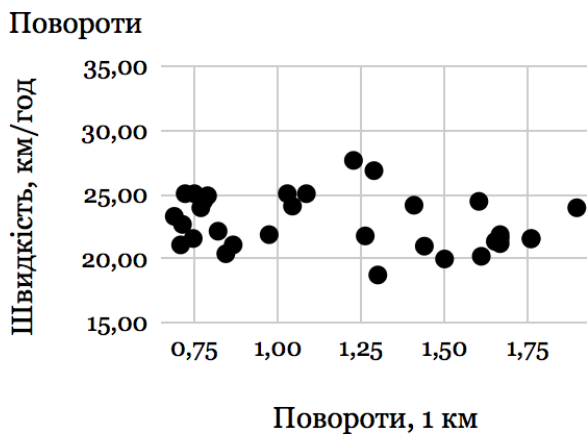


Рисунок 7. Графік залежності технічної швидкості від кількості поворотів на маршруті.

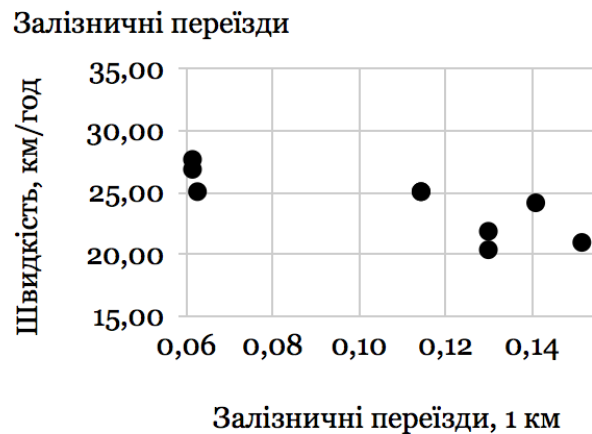


Рисунок 8. Графік залежності технічної швидкості від кількості залізничних переїздів на маршруті.

Кореляційний метод, як складова кореляційно-регресійного аналізу дає змогу виміряти ступінь впливу одних ознак (факторних) на інші (результативні), встановити істотність зв'язку і роль досліджуваного фактору або факторів у загальній зміні результативної ознаки.

Результати дослідження однофакторних залежностей для випадку лінійної моделі подані в таблиці 2:

Таблиця 2. – Залежності технічної швидкості від частоти перешкод

Фактор	Вигляд залежності	Коефіцієнт кореляції	Значення вибіркового критерію Стьюдента
Частота зупинок	$V = -6,01X + 36,77$	0,67	4,99
Частота світлофорних об'єктів	$V = -4,58X + 30,34$	0,59	4,01
Частота пішохідних переходів	$V = -3,21X + 27,30$	0,66	4,75
Частота стоянок	$V = -3,74X + 24,78$	0,31	1,83
Частота підйомів	$V = -9,23X + 24,04$	0,37	2,17
Частота «складних» перехресть	$V = -4,20X + 26,77$	0,56	3,74
Частота поворотів	$V = -1,28X + 24,35$	0,24	1,36
Частота залізничних переїздів	$V = 7,88X + 22,60$	0,19	1,08

У кожному випадку значущість коефіцієнта кореляції встановлювалась за допомогою t-критерію Стьюдента з використанням критичного значення критерію $t_{кр}$ при рівні значущості α і числі ступенів свободи 30.

Проведений аналіз показав, що найбільший вплив на технічну швидкість мають чотири фактори: частота зупинок, частота світлофорів, частота пішохідних переходів та частота нерегульованих перехресть. Тому в подальшому, при побудові багатофакторної регресійної моделі, обмежимося саме цими аргументами, а вплив решти критеріїв враховувати не будемо.

Застосовані математичні методи не дозволяють повною мірою врахувати фізичну обумовленість досліджуваних факторів. Так, до прикладу, слабкий (прямий!) зв'язок отримано для залежності швидкості від частоти залізничних переїздів (коефіцієнт кореляції 0,2), хоча зрозуміло, що він може бути доволі суттєвим і обов'язково оберненим. Але цей висновок отримано з урахуванням того, що така перешкода зустрічається лише на 25% досліджуваних маршрутів і якщо провести дослідження впливу цього виду перешкод на швидкість виключно для маршрутів з даною перешкодою, результат буде протилежним – коефіцієнт кореляції 0,8 свідчатиме про великий вплив розглядуваного фактору на досліджувану швидкість, а характер лінійної залежності буде оберненим.

Слабка залежність швидкості від частоти підйомів, залізничних переїздів, стоянок автотранспорту та поворотів може бути пояснена тим, що це наперед відомі і прогнозовані водієм перешкоди, по-друге, частоти цих перешкод порівняно досить низькі.

На наступному етапі дослідження оцінюємо невідомі параметри $b_i (i = 0, 4)$ багатofакторної лінійної регресійної моделі:

$$V = b_0 + \sum_{i=1}^4 b_i \cdot X_i, \quad (1.0)$$

де V – технічна швидкість;

X_1 – частота зупинок;

X_2 – частота світлофорів;

X_3 – частота пішохідних переходів;

X_4 – частота нерегульованих перехресть.

Методи кореляційного аналізу дозволяють отримати наступний вигляд шуканої залежності

$$V = 32,27 - 0,59 \cdot X_1 - 2,78 \cdot X_2 - 2,00 \cdot X_3 - 0,86 \cdot X_4 \quad (2.0)$$

Сформовані залежності технічної швидкості від факторів перешкод на маршруті є основою для проведення порівняльного аналізу роботи автобусів у типових умовах руху та для послідовних досліджень прогнозування витрат палива.

Висновки.

1. Проведено аналіз впливу перешкод на маршруті на технічну швидкість автобусу. Встановлено, що із усіх типових перешкод руху на маршруті, найбільш суттєво впливають на визначення і формування технічної швидкості лише планові зупинки, нерегульовані пішохідні переходи, світлофорні об'єкти та перехрестя.

2. Визначено залежність технічної швидкості від частоти перешкод на маршруті. Дана залежність може бути використана для прогнозування технічної швидкості на маршруті, нормування витрати палива та вибору технічної характеристики автобусу, який буде експлуатуватись на конкретному маршруті з найбільшою ефективністю.

1. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте: підручник / Н.Я. Говорущенко. – М: Транспорт, 1990. – 135 с.

2. Ерохов В.И. Влияние дорожных факторов на выброс вредных веществ и расход топлива автотранспортными средствами / В.И. Ерохин, Е.В. Бондаренко // Вестник ОГУ. – 2005. – №4. С. 139-151.

3. Конин И.В. Разработка метода оценки сложности автобусных маршрутов : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. технич. наук спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / И.В. Кошкин. -Москва: МАДИ, 1993 – 20с.

4. Рейцен Е.А. Исследование зависимости скорости сообщения на маршруте пассажирского транспорта от сложности маршрута / Е.А. Рейцен, Э.В. Руденков // Вісник Дон.ААТ. -2009. - №4. С.26-31.

5. Безбородова Г.Б. Моделирование движения автомобилей / Г.Б. Безбородова, В.Г. Галушко // монографія / Киев: ИО «Вища школа», 1978.-168с.

6. Козлов Д.А. Определение показателя сложности городского автобусного маршрута / Д. А. Козлов // Вісник Харків. НАДУ. – 2005.- №1, С. 47-53.

7. Горбачов П.Ф. Аналіз відстаней між зупинками міського пасажирського транспорту як фактор впливу на розселення населення / П.Ф. Горбачов, С.В. Свичинський //Збірник наукових праць «Автомобільний транспорт».- Харків. НАДУ.-2010.-№26. С. 101-104.

8. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев.- М: Машиностроение, 1982. – 224с.

9. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях / Ю.Ф. Гутаревич // монографія : Киев: ИО «Вища школа», 1991.-179с.

10. Калюжний М.В. К вопросу определение длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта с учетом изменения технической скорости движения автобусов / М.В. Калюжний // Вісник Дон.ААТ. -2009. - №1. С.108-113.

REFERENCES

1. Novorushchenko N.Ya. (1990). Ekonomiya toplyva y snyzhenye toksychnosti na avtomobylnom transporte: pidruchnyk / N.Ya. Novorushchenko. - M: Transport[in Ukrainian].

2. Erokhov V.Y.(2005). Vliyanie dorozhnykh faktorov na vybros vrednykh veshchestv y raskhod toplyva avtotransportnymi sredstvamy / V.Y. Erokhyn, E.V. Bondarenko // Vestnyk OGU [in Russian].

3. Konyan Y.V. (1993). Razrabotkametodaotsenkyslozhnastyavtobusnykhmarshrutov: avtoref. dys. nasoykanyeuchen, stepenykand. tekhnich. naukspets. 05.22.10 «Ekspluatatsiya avtomobylnoho transporta» / Y.V. Koshkyn. -Moskva: MADY [in Russian]
4. Reitsen E.A. (2009). Issledovanye zavysymosty skorosty soobshcheniya na marshrute passazhyrskoho transporta ot slozhnosty marshruta / E.A. Reitsen, Э.В. Rudenkov // Visnyk Don.AAT [in Russian].
5. Bezborodova H.B. (1978) Modelyrovanye dvyzheniya avtomobylei / H.B. Bezborodova, V.H. Halushko // monohrafiya / Kyev: NO «Vyshcha shkola» [in Ukrainian].
6. Kozlov D.A. (2005). Opredelenye pokazatelya slozhnosty horodskoho avtobusnoho marshruta / D. A. Kozlov // Visnyk Kharkiv. NADU [in Russian].
7. Horbachov II.F. (2010). Analiz vidstanei mizh zupynkamy miskoho pasazhyrskoho transportu yak faktor vplyvu na rozselennia naselennia / P.F. Horbachov, S.V. Svychynskiy //Zbirnyk naukovykh prats «Avtomobilnyi transport».- Kharkiv. NADU [in Ukrainian].
8. Tokarev A.A. (1982). Toplyvnaia ekonomychnost y tiahovo-skorostnye kachestva avtomobylia / A.A. Tokarev.-M: Mashynostroenye [in Russian].
9. Hutarevych Yu.F. (1991). Snyzhenye vrednykh vybrosov avtomobylia v ekspluatatsyonnykh usloviakh/ Yu.F. Hutarevych4// monohrafiya : Kyev: NO «Vyshcha shkola» [in Russian].
10. Kaliuzhnyi M.V.(2009). K voprosu opredelenye dliny perehona marshruta horodskoho passazhyrskoho transporta s uchetom izmeneniya tekhnicheskoi skorosty dvyzheniya avtobusov / M.V. Kaliuzhnyi // Visnyk Don.AAT [in Russian].

Маяк М.М., Мельничук С.В., Головня Р.М., Чуйко С.П. К вопросу определения технической скорости городского маршрутного автобуса в зависимости от условий эксплуатации.

Топливная экономичность городского маршрутного автобуса при полной его технической исправности и исключении человеческого фактора, зависит от эксплуатационных условий (особенностей маршрута). В свою очередь эксплуатационные условия характеризуются параметрами дорожного движения, совокупностью препятствий, требующих изменение скорости движения или полную остановку а также массовые нагрузки, определяются параметрами пассажиропотока. В данной работе установлена зависимость технической скорости автобуса от частот помех движению на маршруте (плановые остановки для посадки и высадки пассажиров, светофоры, повороты, пешеходные препятствия и т.п.). На основе определения коэффициентов корреляции показано, что не все возможные препятствия оказывают значительное влияние на среднюю техническую скорость автобуса на маршруте. Полученная зависимость позволяет определять среднюю техническую скорость на действующем или новом маршруте и быть основой при выборе динамических характеристик автобуса и прогнозирования его топливной экономичности.

Ключевые слова: городской автобус, техническая скорость, фактор сложности, индикаторы препятствий.

Maiak M.M., Melnichuk S.V., Holovnia R.M., Chuiko S.P., To the question of determining the technical speed of the city bus considering the conditions of its operation of on the passenger route.

The fuel efficiency of a city bus with its full technical integrity and the exclusion of a human factor depends on the operating conditions (route characteristics). In its turn, operating conditions are characterized by traffic parameters, a combination of obstacles requiring a change in speed or full stop, as well as massive loads, which are determined by the parameters of passenger traffic. In this work, the dependence of the technical speed of the bus on the frequency of obstacles on the route (scheduled stops for landing and disembarkation of passengers, traffic lights, turns, pedestrian obstacles, etc.) is established. Based on the determination of correlation coefficients it has been shown that not all possible obstacles have a significant impact on the average technical speed of the bus on the route. The obtained dependence allows to determine the average technical speed on an current or new route and to be the basis for choosing the dynamic characteristics of the bus and forecasting its fuel efficiency.

Keywords: city bus, technical speed, difficulty factor, obstacle indicators.

АВТОРИ:

МАЯК Микола Михайлович, доктор технічних наук, професор, Науково-навчальний центр «Корбутівка», e-mail: sergij.m@ukr.net

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Науково-навчальний центр «Корбутівка», e-mail: sergij.m@ukr.net

ГОЛОВНЯ Руслан Миколайович, старший викладач, Житомирський державний технологічний університет, e-mail: golovn@ukr.net

ЧУЙКО Сергій Петрович, аспірант, Житомирський державний технологічний університет, e-mail: expertauto@ukr.net

АВТОРЫ:

МАЯК Николай Михайлович, доктор технических наук, профессор, Научно-учебный центр «Корбутівка», e-mail: sergij.m@ukr.net

МЕЛЬНИЧУК Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Научно-учебный центр «Корбутівка», e-mail: sergij.m@ukr.net

ГОЛОВНЯ Руслан Николаевич, старший преподаватель, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: golovn@ukr.net
ЧУЙКО Сергей Петрович, аспирант, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: expertauto@ukr.net

AUTHORS:

Nikolay MAIAK, Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific and Training Center "Korbutivka", e-mail: sergij.m@ukr.net

Sergei MELNICHUK, Ph.D., Associate professor, Scientific and Training Center "Korbutivka", mail: sergij.m@ukr.net

Ruslan HOLOVNIA, Senior Lecturer. Zhytomyr State Technological University, mail: golovn@ukr.net

Sergei CHUIKO, postgraduate student of the Department of Automobile and Mechanics of Technical Systems of Zhytomyr State Technological University, e-mail: expertauto@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 2.05.2018 р.

Пашкевич¹ С.М., Кристопчук¹ М.Є.

¹ Національний університет водного господарства та природокористування

АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ТА ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У МІСТАХ

Проведено аналіз результатів досліджень параметрів впливу розміщення об'єктів транспортної інфраструктури, зокрема автовокзалів та транспортно-пересадкових вузлів в плані міста, на просторовий розвиток міста залежно від планувальних особливостей транспортної мережі. Встановлено, параметри функціонування автовокзалів та їх вплив на формування транспортних потоків та розподіл пасажирських кореспонденцій на маршрутній мережі міста.

Ключові слова: транспортні потоки, пасажирські потоки, транспорт, інфраструктура, моделювання, ефективність.

Формування проблеми. В умовах постійно зростаючої мобільності населення, безперервного розвитку взаємозв'язків між містом та іншими населеними пунктами підвищуються вимоги до транспортної інфраструктури, взаємодії її елементів у транспортних вузлах. Важливими елементами транспортної інфраструктури міста є вокзали. Від раціонального розміщення об'єктів транспортної інфраструктури у містах багато в чому залежать ефективність використання різних видів транспорту, рівень транспортного обслуговування населення, просторовий розвиток міста та комфортність міського середовища.

Автори [1-3] терміном «транспортна інфраструктура» описують підсистему, без якої неможливе функціонування будь-якого міста, у зв'язку з цим саме місто розглядається як високоефективна, організована система руху, яка раціонально взаємозв'язує простір і процеси, які впливають на соціальну діяльність мешканців міст. У роботах [2-5] до об'єктів транспортної інфраструктури відносять як саму вулично-дорожню мережу і маршрути транспорту на ній, так і рухомий склад і об'єкти обслуговування і сервісу, а також технічні засоби організації руху. Таким чином, об'єкти транспортної інфраструктури класифікують за такими групами [2,3]: вулично-дорожня мережа; зовнішній транспорт та транспортно-пересадочні вузли (автовокзали, вокзальні комплекси, автостанції); маршрутна мережа міського пасажирського транспорту, зупинки, рухомий склад; обслуговуючі об'єкти; об'єкти автосервісу; транспортні розв'язки і пішохідні переходи; технічні засоби регулювання дорожнім рухом; нові види об'єктів транспортної інфраструктури.

Системи міського пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі пасажирського сполучення, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці за розосередженими транспортними районами. Прийняття рішень про зміну маршрутних систем є складним завданням, що торкається інтересів великої кількості громадян та має значне соціальне й економічне значення, а стійкість та безпека функціонування транспортного комплексу міста є одним з основоположних завдань при розробці стратегії просторового розвитку населеного пункту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Місце транспортно-пересадочного вузла (наприклад вокзалу) у транспортній інфраструктурі визначає його транспортну роботу, тобто, організацію взаємодії внутрішніх і приміських зв'язків, міського та міжміського сполучення. В ієрархічній структурі елементів міста значення транспортно-пересадочних вузлів визначається масштабами зон їх впливу (міжміські, загальноміські або районні) і, відповідно, доступністю вузла, його транспортною і функціональною структурою. Таким чином, мережа транспортно-пересадочних вузлів є основним конструктивним елементом просторово-планувальної організації міста. Транспортно-пересадочні вузли у складі мережі концентрують в собі інформацію про кількість, потужність, розподіл пасажиропотоків по мережі. Конфігурація і структура мережі впливає на функціонально-планувальну організацію окремого вузла, визначає його раціональне розташування у місті. Мережа транспортно-пересадочних вузлів являє собою відгалуження транспортних магістралей міст, завдяки її розростанню розширюються зв'язки між центрами міст і приміськими територіями, містами-супутниками і агломераціями.

Одним із шляхів скорочення витрат часу населенням міст, що на даний час вважається основним критерієм ефективності функціонування міських пасажирських транспортних систем, удосконалення транспортно-планувальної організації пересадочних вузлів, які є елементом транспортної мережі міста і багато в чому визначають її належне функціонування. Дослідженням пересадочних вузлів займається багато авторів. В роботі авторів [2,3] систематизована класифікація транспортно-пересадочних вузлів та їх значення у функціонуванні міського транспортного комплексу, а в роботі [5] наведено результати досліджень раціонального розташування автобусних транспортно-пересадочних вузлів у містах. Однак, для переважної більшості міст, система управління транспортним комплексом є недосконалою, що дає підстави стверджувати про наявність резервів та гостру необхідність щодо її удосконалення. Ця система перебуває у стадії реорганізації і не відповідає сучасним вимогам управління багатокомпонентними інфраструктурними об'єктами, що є складовими загальної соціально-економічної та транспортної інфраструктури.

При розташуванні вокзалу в місті необхідно враховувати сукупність інфраструктурних об'єктів у пунктах примикання або перетинання відповідних магістралей різних видів зовнішнього транспорту (залізничного, автомобільного), а також міського пасажирського транспорту, які спільно виконують операції по освоєнню транзитних, далеких, місцевих, приміських та міських перевезеннях пасажирів.

У великих містах з розвиненою транспортною інфраструктурою можливі наступні основні поєднання взаємодіючих видів транспорту:

- залізничний, включаючи регіональні (експресні) і приміські лінії - міський рейковий транспорт (метрополітен, трамвай);
- залізничний - наземний міський транспорт;
- метрополітен - наземний міський транспорт тощо.

Аналіз розміщення транспортно-пересадочних вузлів [2,3] у містах вказує, що головні вузли знаходяться переважно поблизу загальноміського центру (і в самому центрі), а також в серединній, рідше, у периферійній зонах міста.

На розміщення транспортно-пересадочних вузлів на плані великого міста з переростанням їх в суспільно-транспортні центри багато в чому впливає розташування вокзалів різних видів зовнішнього транспорту (залізничного, морського, річкового, автомобільного і повітряного), що є також найважливішими міськими пересадочними вузлами.

Основний обсяг пасажирських перевезень в зоні впливу найзначніших міст припадає на рейковий, переважно залізничний, та автобусний види транспорту. При цьому, якщо автобусні маршрути з передмість і віддалених місць (рейсові, туристичні, міжміські) закінчуються, як правило, в периферійних зонах міста, то пасажирські електропоїзди прибувають на кінцеві головні станції (вокзали), розташовані частіше поблизу центру міста.

Формулювання мети. Метою роботи є виявлення підходів до раціонального розташування об'єктів транспортної інфраструктури та впливу розташування на просторовий розвиток міста у взаємозв'язку з розподілом пасажирських кореспонденцій та транспортних потоків по транспортній мережі міста.

Виклад основного матеріалу. Відсутність потенційних можливостей зміни характеристик вулично-дорожньої мережі чи умов організації руху по ній при зростаючих транспортних навантаженнях стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи елементів транспортної інфраструктури.

Для розвантаження найбільш напружених ділянок транспортної мережі вкрай необхідне залучення автобусів великої і особливо великої місткості. Одним із шляхів виходу із цієї ситуації є формування раціональної маршрутної системи міста. Під час формування раціональної маршрутної системи міста мають бути враховані наступні вимоги: міські маршрути повинні зв'язувати найкоротшим шляхом пасажиро-утворюючі пункти міста, промислові підприємства, вокзали, ринки, центр міста тощо; кількість маршрутів має відповідати потребі пасажирів у безпересадочних сполученнях; рівномірна завантаженість маршрутів по всій довжині; скоординованість міських маршрутів з приміським сполученням.

Враховання названих вимог щодо раціоналізації маршрутної системи дозволить: шляхом раціонального розподілу транспортних засобів між маршрутами розосередити їх за основними пасажироутворюючими напрямками; ліквідувати ділянки транспортної системи, які дублюються автобусами, тролейбусами; підвищити середній коефіцієнт використання місткості з дотриманням належного рівня комфорності.

Аналіз попиту на перевезення доцільно здійснювати згідно з класичною чотирьох-етапною схемою. Традиційний підхід до визначення місць концентрації поїздок полягає у використанні “синтетичних” моделей. Однією з найбільш широко використовуваних є гравітаційна модель, заснована на фізичному законі. Гравітаційна модель ґрунтується на твердженні, що величина потоків, як значення функції, зменшується при збільшенні відстані між зонами транспортного обслуговування. При цьому розглядається гіпотеза про те, що поїздки між зонами i та j – це функція двох змінних: поїздок, які утворюються в зоні i , та відносної привабливості або доступності зони j по відношенню до всіх зон [4].

В загальному випадку, задаються обсяги генерування поїздок T_i , отже об’єм кореспонденцій T_{ij} для фіксованої зони i повинен бути рівним T_i , тобто відповідати обмеженню:

$$T_i = \sum_j T_{ij}, \quad \forall i, j. \quad (1)$$

В такому випадку гравітаційна модель набуває вигляду:

$$T_{ij} = T_i \frac{X_j^a f(t_{ij})}{\sum_{j=1} X_j^a f(t_{ij})}, \quad \forall i, j, \quad (2)$$

де X_j^a – певний вимір рівня привабливості зони призначення j ;

$f(t_{ij})$ – функція відстані або узагальненої вартості пересування c_{ij} між зоною походження i та призначення j , що може бути задана деякими альтернативними формами.

Для практичного рішення задач транспортного планування більш перспективним є підхід „модельовання поведінкового попиту”, який виступає альтернативою ентропійного підходу і базується на понятті функції привабливості (корисності).

Після встановлення величини пасажиропотоків у транспортній системі особливої ваги набуває оптимальне планування мереж, покращення організації руху, оптимізація системи маршрутів громадського транспорту, що є основою побудови математичних моделей для визначення і прогнозування параметрів функціонування транспортної мережі, таких як інтенсивність руху на елементах мережі, обсяг перевезень громадського транспорту, середні швидкості руху, затримки та втрати часу тощо, тобто для побудови прогнозних моделей.

Прогнозні моделі призначені для вирішення задач при відомих геометрії та характеристиках транспортної мережі, а також розміщення поточотвірних об’єктів. Необхідно дати прогноз завантаження транспортної мережі, що буде містити в собі деякі усереднені характеристики руху, такі як обсяг міжрайонних кореспонденцій, інтенсивність потоку, розподіл автомобілів і пасажирів по шляхах руху та ін. Такі моделі дозволяють прогнозувати наслідки змін у транспортній мережі або в розміщенні об’єктів транспортної інфраструктури.

Завантаження транспортної мережі визначається кількістю транспортних засобів, які використовують для руху кожен елемент мережі. Моделювання завантаження полягає в розподілі міжрайонних кореспонденцій за конкретними шляхами, що з’єднують пари районів. Вихідними даними виступає набір матриць кореспонденцій, що відносяться до переміщень різних видів або різних класів користувачів.

Відомі два підходи до моделювання розподілу транспортних потоків: нормативний та дескриптивний. У нормативних моделях розподіл транспортних потоків здійснюється на основі оптимізації деякого глобального критерію, що характеризує ефективність роботи всієї мережі. Як правило це виражена в тій або іншій формі мінімізація сумарних витрат. В основу дескриптивного підходу покладено принцип, відповідно до якого кожен учасник прагне мінімізувати власні витрати. У результаті задача прогнозування транспортних потоків може розглядатися як окремий випадок пошуку рівноваги за Нешем в грі n осіб. Формально ця поведінка описується у вигляді принципів Вардропа: усі шляхи, які з’єднують райони p і q , що використовуються для руху представниками кореспонденції F_{pq} , мають однакову вартість; ціна будь-якого шляху між районами p і q , що не використовується для руху, перевищує ціну використовуваних шляхів.

Слід зазначити, що вибір шляху деякими користувачами збільшує завантаження елементів мережі, які входять у даний шлях. У результаті відбувається збільшення узагальненої ціни цих елементів, це, у свою чергу впливає на оцінку і вибір шляху іншими користувачами. Таким чином, вибір, здійснений одними учасниками руху, побічно впливає на вибір, виконаний іншими.

Найбільш ефективною моделлю, що повною мірою враховує фактор взаємного впливу користувачів, є модель, заснована на пошуку рівноважного розподілу, один з варіантів якої має

вигляд задачі, що розглядається для розподілу користувачів одного класу. Вводимо такі позначення: I – множина вузлів мережі; V – множина дуг мережі; $\square V_i^+$ – множина дуг, що входять у вузол $i \in I$; V_i^- – множина дуг, що виходять з вузла $i \in I$; P – множина джерел; Q – множина стоків; u_{ij} – сумарний потік по дузі $(i, j) \in V$, u_{ij}^{pq} – потік по дузі $(i, j) \in V$ представників кореспонденції pq ; $u_{(ij)1(ij)2}^{pq}$ – потік на поворот із дуги $(ij)1 \in V$ на дугу $(ij)2 \in V$ представників кореспонденції pq ; F_{pq} – величина кореспонденції pq . Сумарні потоки на дугах пов'язані з потоками представників окремих кореспонденцій:

$$u_{ij} = \sum_{p \in P, q \in Q} u_{ij}^{pq}, \quad (i, j) \in V. \quad (3)$$

Допустиме рішення виражає „закон збереження” користувачів у мережі:

$$\left. \begin{aligned} u_{(ij)1}^{pq} &= \sum_{(i,j)1 \in V_i^+} u_{(ij)1(ij)2}^{pq}, \quad (i, j)1 \in V_i^-; \\ u_{(ij)2}^{pq} &= \sum_{(i,j)2 \in V_i^+} u_{(ij)1(ij)2}^{pq}, \quad (i, j)2 \in V_i^-; \end{aligned} \right\} \forall i \in I, (p, q) \in (P \times Q). \quad (4)$$

Баланс за величинами кореспонденцій для джерел і стоків:

$$F_{pq} = \sum_{(p,j) \in V_p^+} u_{pj}^{pq} = \sum_{(i,q) \in V_q^-} u_{iq}^{pq}, \quad p \in P, q \in Q. \quad (5)$$

Цінова функція $c_{ij}(u)$ виражає вартість проходження сумарним потоком u дуги $(i, j) \in V$. За ціновою функцією будуюмо інтегральну цінову функцію:

$$C_{ij}(u) = \int_0^u c_{ij}(v) dv, \quad (i, j) \in V. \quad (6)$$

Таким чином, у прийнятих позначеннях модель рівноважного розподілу формулюється у вигляді задачі оптимізації:

$$f(u) = \min_u \sum_{(i,j) \in V} C_{ij}(u) \quad (7)$$

при обмеженнях (3) – (5). Отже, модель (7) при обмеженнях (3)-(5) можна використовувати для розподілу потоків по мережі, а гравітаційну – для розподілу пасажирських кореспонденцій між взаємодіючими інфраструктурними об'єктами.

Відсутність потенційних можливостей зміни характеристик вулично-дорожньої мережі чи умов організації руху по ній при зростаючих транспортних навантаженнях стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи елементів транспортної інфраструктури.

Аналіз параметрів просторового взаємовпливу об'єктів інфраструктури [1-3,5] вказує, що кожний об'єкт має n -мірну просторову орієнтацію, тобто кожна одиниця характеризується одномірним розподілом значень інтенсивності зв'язків P_{ij} : $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{1l}, \dots, P_{1k}$, де P_{11} – зв'язки всередині об'єкта або іншої елементарної одиниці; $2, \dots, l, \dots, k$ – множина інших одиниць, з якими присутні зв'язки.

На основі розподілу зв'язків можна одержати поле розсіювання початкових і кінцевих кореспондуючих пунктів.

Показники взаємовпливу є неоднорідними, та їх складно описати функціональними залежностями. Це пов'язано з великою неоднорідністю характеристичних параметрів кожного окремого об'єкта. Тому, для встановлення кількісних показників доцільно використати методику [6-8], основні положення якої наведені нижче.

Територію дослідження можна подати у вигляді множини точкових інфраструктурних об'єктів $\{P_i\}$ з набором параметрів, що їх характеризують.

Побудова графової моделі базується на припущеннях:

- вершини графа – інфраструктурні об'єкти (подані як точкові), з визначеними на основі обробки геоінформаційних даних координатами x_i , y_i й характеристичними параметрами ψ_i (потужність, кореспонденції пасажирів, кількість маршрутів, пропускна здатність тощо);

- ребра графа – транспортні шляхи, що сполучають інфраструктурні об'єкти;

- зони близькості (зони взаємного впливу) будуюмо без урахування ваги v_i вершин або ребер графа.

Цей підхід передбачає три етапи виконання робіт:

- визначення регіону обстеження та підготовка вихідних даних;
- побудова нерегулярної моделі;
- побудова регулярної моделі.

На першому етапі проводиться підготовка вихідних даних про просторове розміщення (визначення координат x_i та y_i) множини точкових об'єктів та їх параметрів ψ_i - які підлягають дослідженню.

Другий етап - побудова нерегулярної моделі, передбачає побудову графової моделі транспортних зв'язків. Основними параметрами задачі є координати об'єктів та значення досліджуваного параметра для вершин графа.

Завдання побудови зон близькості чи взаємного впливу потребує визначення всіх точок площини, для яких відстань s до об'єктів множини $\{P_i\}$ є мінімальною. У випадку, коли всі об'єкти подано як точкові, дана задача визначається як задача побудови діаграм Вороного [6-8] - многокутників, утворених відрізками перпендикулярів, проведених до середини сторін, що сполучають дві найближчі сусідні точки.

Характеристичний параметр ψ_i' для i -го полігону визначаємо за формулою

$$\psi_i' = \psi_i / F_i, \quad (8)$$

де F_i - площа полігону, до якого належить i -та вершина графа.

Площу полігону визначаємо за координатами його вершин:

$$F_i = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^k x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1}) \right|, \quad (9)$$

при $y_0 = y_k$, $y_{k+1} = y_1$.

На третьому етапі здійснюємо побудову регулярної моделі. Для переходу від нерегулярної до регулярної моделі досліджуваного параметра виконаємо триангуляцію Делоне і застосуємо метод обернених зважених відстаней.

Після завершення триангуляції сукупність точкових інфраструктурних об'єктів і транспортних зв'язків утворює нерегулярну мережу.

Завданням є побудова регулярної мережі для досліджуваного параметра з достатньо малим розміром комірки (квадратна сітка), що необхідно для картографування цього параметра. Треба знайти значення функції досліджуваного параметра в кожному вузлі цієї сітки. Задача розв'язується методом обернених зважених відстаней [6]. Функція досліджуваного параметра за цим методом набуває виду:

$$\psi(x, y) = \frac{\psi_1' \cdot w_1 + \psi_2' \cdot w_2 + \psi_3' \cdot w_3}{w_1 + w_2 + w_3}, \quad (10)$$

де ψ_1' , ψ_2' , ψ_3' - середнє значення величини досліджуваного параметра (визначене на попередньому етапі) в точках (вершинах) трикутника, якому належить біжуча точка; w_1 , w_2 , w_3 - ваги, визначені за співвідношенням:

$$w_i = \frac{1}{l_i^2}, \quad (11)$$

де l_i - відстань від відповідних вершин трикутника до біжучого вузла вторинної сітки;

(x, y) - координати вузла.

У результаті виконання наведеної вище послідовності операцій одержуємо табульовану функцію досліджуваного параметра (характеристичних параметрів) для області просторової взаємодії інфраструктурних об'єктів і проводимо візуалізацію розрахункових параметрів у вигляді графічних залежностей або у формі тривимірної поверхні.

Таким чином, використання методу обчислювальної геометрії, з побудовою діаграми Вороного та виконанням триангуляції Делоне можливим є одержання табульованих характеристичних

параметрів для неоднорідних зон взаємного впливу інфраструктурних об'єктів з нечітким функціональним зв'язком.

Висновки. Положення транспортно-пересадочних вузлів в транспортній інфраструктурі міста головним чином визначає їх транспортну структуру. Обсяги їх функціонального навантаження залежать від положення транспортно-комунікаційного вузла в плані міста. Місце і значення транспортно-комунікаційного вузла в функціонально-просторовій структурі міської зони супроводжується цілим рядом факторів: щільністю забудови, чисельністю постійного населення, рівнем розвитку наземного і позавуличного транспорту, наявністю резервних територій для забудови, які визначають функціональне і об'ємно-просторове планування вузлів. Крім того, перенесення або організація пересадочних вузлів на периферійних територіях потребує внесення змін в діючу маршрутну мережу міського пасажирського транспорту, що пов'язано з перерозподілом пасажиропотоків та організацією потужних районів тяжіння пасажирів. Однак, при виборі місць розташування об'єктів транспортної інфраструктури, які забезпечують взаємодію транспортних потоків індивідуального, громадського пасажирського транспорту та перерозподілу пасажирських кореспонденцій у транспортно-пересадочних вузлах, слід розглядати комплексні моделі, з можливістю оптимізації деякого глобального критерію, що характеризує ефективність роботи всієї мережі.

1. Горбачев П.Ф. Рациональное размещение транспортно-пересадочных узлов в городах / П.Ф. Горбачев, В.Ф. Далека, И.Г. Гузенков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Вып. 4 (52) – Харьков: Технологический Центр, 2011. – С. 4 - 6.
2. Левковская Е.П. Транспортно-планировочные принципы организации пересадочных узлов пригородно-городского сообщения. Автореф. дис. ...канд. тех. наук / МАДИ. – М., 1989. – 35с.
3. Щурова, В.А. Роль мережі транспортно-пересадкових вузлів у функціонально-планувальній структурі міста [Текст] / В. А. Щурова // Містобудування та терит. планув. – 2002. – Вип. 13. – С. 248-255.
4. Кристопчук М. Є. Соціально-економічна ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення : монографія / М. Є. Кристопчук. – Рівне : НУВГП, 2012. – 158 с.
5. Кристопчук М.Є. До питання розміщення міських транспортно-пересадочних вузлів / М.Є. Кристопчук, З.В. Бичко // Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник – Вип. 103 Серія „Технічні науки та архітектура” Харків: ХНАМГ, 2012. – С. 374-378.
6. Доля В.К. Дослідження транспортної мережі регіону методом побудови функції щільності населення / В.К. Доля, П.М. Грицюк, М.Є. Кристопчук // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник. Вып. 69. Серия „Технические науки и архитектура” К.: „Техніка”, 2006. – С. 205 – 211.
7. Saka A. A. Model for determining optimum bus-stop spacing in urban areas. Journal of Transportation Engineering, n. 127 (3), pp. 195–199, USA, 2001.
8. Homero F. Oliveira, Mirian B. Goncalves, Eduardo S. Cursi, Antonio G. Novaes Development of a Computational System to Determine the Optimal Bus-stop Spacing in order to Minimize the Travel Time of All Passengers /Dynamics in Logistics: Second International Conference, LDIC 2009, Bremen, Germany, August 2009, - Springer-Verlag Berlin Heidelberg . – 2011. – pp. 15 – 25.

REFERENCES

1. Horbachev, P.F. (2011). Ratsyonalnoe razmeshchenye transportno-peresadochnykh uzlov v horodakh. [Rational placement of transport and transfer points in cities]. Kharkov: TT [in Russian].
2. Levkovskaia, E.P. (1989). Transportno-planirovochnye pryncypy orhanyzatsyy peresadochnykh uzlov pryhorodno-horodskoho soobshcheniya. [Transport-planning principles for the organization of interchange nodes of a suburban and urban communication]. Extended abstract of candidate's thesis. Moskov: MADI [in Russian].
3. Shchurova, V.A. (2002). Rol merezhi transportno-peresadkovykh vuzliv u funktsionalno-planuvalni strukturi mista. [The role of transport and transpland universities in the functional and planning structures of the city]. Kyiv: NADU [in Ukrainian].
4. Krystopchuk, M. Ie. (2012). Sotsialno-ekonomichna efektyvnist pasazhyrskoi transportnoi systemy prymyskoho spoluchennia. [Socio-economic efficiency of the passenger transport system of suburban traffic]. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
5. Krystopchuk, M.Ie. (2012). Do pytannia rozmishchennia miskykh transportno-peresadochnykh vuzliv. [On the issue of allocation of urban transport interchange nodes]. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
6. Dolia, V.K. (2006). Doslidzhennia transportnoi merezhi rehionu metodom pobudovy funktsii shchilnosti naseleennia. [Investigation of the transport network of the region by the method of constructing the population density function]. Kyiv: Tekhnika [in Ukrainian].
7. Saka, A. A. (2001). Model for determining optimum bus-stop spacing in urban areas. USA [in English].
8. Homero, F. (2009). Novaes Development of a Computational System to Determine the Optimal Bus-stop Spacing in order to Minimize the Travel Time of All Passengers . Bremen: Springer [in English].

Пашкевич С.М., Кристопчук М.Є. Анализ параметров функционирования объектов транспортной инфраструктуры на формирование транспортных и пассажирских потоков в городах.

Проведен анализ результатов исследований параметров влияния размещения объектов транспортной инфраструктуры, в частности автовокзалов и транспортно-пересадочных узлов в плане города, на пространственное развитие города в зависимости от планировочных особенностей транспортной сети. Установлено, параметры функционирования автовокзалов и их влияние на формирование транспортных потоков и распределение пассажирских корреспонденций на маршрутной сети города.

Рассмотрено один из методов вычислительной геометрии, которая позволяет количественно оценить и получить табулированные функции разных компонент и параметров взаимного влияния объектов транспортной инфраструктуры. Числовые характеристики, полученные описанным методом, в дальнейшем используются в моделировании процессов эффективного функционирования и взаимодействия различных видов городского пассажирского транспорта с другими видами внешнего транспорта города, в частности в транспортно-пересадочных узлах.

Ключевые слова: транспортные потоки, пассажирские потоки, транспорт, инфраструктура, моделирование, эффективность.

S. Pashkevych, M. Krystopchuk Analysis of the parameters of the functioning of transport infrastructure facilities on the formation of transport and passenger flows in cities.

The analysis of the results of research on the influence parameters of the placement of transport infrastructure objects, in particular bus stations and transport and transfer points in the city plan, on the spatial development of the city, depending on the planning features of the transport network. It is established that the parameters of the functioning of bus stations and their influence on the formation of traffic flows and the distribution of passenger correspondence on the city's route network.

One of the methods of computational geometry that allows to quantify and obtain tabulated functions of different components and parameters of mutual influence of transport infrastructure objects is considered. The numerical characteristics obtained by the described method are subsequently used in modeling the processes of effective functioning and interaction of various types of urban passenger transport with other types of external transport of the city, in particular in transport and transfer junctions.

Keywords: traffic flows, passenger flows, transport, infrastructure, modeling, efficiency.

АВТОРИ:

ПАШКЕВИЧ Світлана Михайлівна, асистент кафедри «Транспортних технологій і технічного сервісу», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua

КРИСТОПЧУК Михайло Євгенович, кандидат технічних наук, доцент, завідуючий кафедри «Транспортних технологій і технічного сервісу», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua

АВТОРЫ:

ПАШКЕВИЧ Светлана Михайловна, ассистент кафедры «Транспортных технологий и технического сервиса», Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua

КРИСТОПЧУК Михаил Евгениевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Транспортных технологий и технического сервиса», Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua

AUTHORS:

Svitlana PASHKEVYCH, Assistant Lecturer of Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: s.m.pashkevych@nuwm.edu.ua

Mykhaylo KRYSTOPCHUK, Ph.D., Head of Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua

Стаття надійшла в редакцію 13.05.2015р.

Подригало¹ М.А., Кайдалов² Р.О., Абрамов¹ Д.В., Молодан³ А.А., Гацько³ В.И.,
Мазин² А.С.

¹ *Харьковский национальный университет Воздушных Сил Украины*

² *Национальная академия Национальной гвардии Украины*

³ *Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Использование модели многокомпонентного сложного движения позволило определить направление повышения энергетической эффективности автомобиля, которым является снижение амплитуд гармоник сил, приложенных к ведущим колесам. Это позволяет уменьшить величину суммы компонент относительной скорости автомобиля и сократить дополнительные потери энергии двигателя.

Ключевые слова: автомобиль, сложное движение, установившееся движение, колебания скорости, амплитуда колебаний, дополнительные потери энергии.

Постановка проблемы. Энергетическая эффективность автомобиля является показателем рационального использования мощности двигателя и расходования запасов источников энергии. В связи с появлением автомобилей, использующих альтернативные виды источников энергии, появилась необходимость оценки энергетической эффективности не по расходу жидкого или газообразного топлива, а по расходу энергии.

При оценке энергетической эффективности автомобиля необходимо определить тот минимально достижимый уровень расхода энергии источника, который можно принять в качестве критерия.

В настоящей статье сделана попытка дать определение понятия энергетической эффективности автомобиля. Использование модели многокомпонентного сложного движения позволило определить основные (неизбежные) и дополнительные (которые можно избежать или можно уменьшить) потери энергии двигателя. Это позволило также уточнить понятие коэффициента полезного действия автомобиля.

Энергетическая эффективность автомобиля является показателем рационального использования мощности двигателя и запаса источника энергии. В одной из работ [1] посвященных энергетической эффективности, например, отмечается, что она определяется степенью аэродинамичности автомобиля. Поэтому требования энергетического совершенства являются теперь определяющими даже при формировании внешнего облика автомобиля [1].

Появление автомобилей с электроприводом ведущих колес и гибридных автомобилей позволяет не только уменьшить загрязнение воздуха, но и повысить энергетическую эффективность транспортных средств [2]. Это также потребовало пересмотра показателей и критериев энергетической эффективности автомобилей. В работе [3] предложено оценивать не топливную, а энергетическую экономичность автомобиля, что позволяет получить более объективный результат.

В работе [2] определена минимальная энергия, необходимая для движения автомобиля. Авторы работы [2] отмечают, что минимальное количество энергии затрачивается на преодоление следующих сопротивлений движению автомобиля:

- сопротивление качению колес;
- аэродинамическое сопротивление;
- сопротивление при преодолении подъема пути;
- сопротивление при ускорении автомобиля.

Вызывает сомнение необходимость учета сопротивления, возникающего при ускорении автомобиля, при определении минимального для движения машины уровня энергии. Следует заметить, что называть затраты энергии на разгон автомобиля сопротивлением при ускорении некорректно с позиций классической механики.

В работе [2] все затраты энергии делятся на основные и дополнительные. К дополнительным затратам энергии двигателя автор исследования [2] относит следующие:

- потери, обусловленные колебаниями поддрессоренных и недрессоренных масс при движении автомобиля по неровной дороге;

- потери мощности двигателя при передаче от двигателя к ведущим колесам (потери в трансмиссии);
- потери, вызванные действием реактивных сил при движении автомобиля;
- потери, вызванные неравномерностью движения автомобиля.

Рассматривая влияние равномерности движения на расход топлива, Ю. Мацкерле отмечает [2], что значительное влияние на расход топлива оказывает способ вождения автомобиля. Наиболее близким к оптимальному является движение с постоянной скоростью по горизонтальному участку шоссе. В этом случае преодолевается только сопротивление качению и аэродинамическое сопротивление [2]. Следует только отметить, что при движении автомобиля на повороте также появляются дополнительные потери энергии [4]. Поэтому следует уточнить формулировку [2] оптимального режима движения автомобиля по минимуму расхода энергии. Таким режимом следует считать равномерное движение автомобиля по горизонтальному прямолинейному участку дороги.

Аналізу затрат энергии двигателя посвящена также работа [5], в которой все указанные потери подразделяются на активные и пассивные. Однако, несмотря на подробный анализ потерь энергии двигателя в работе [5], определить большинство этих потерь сложно, особенно на этапе проектирования автомобиля.

Оценка дополнительных потерь энергии, обусловленных неравномерностью крутящего момента двигателя посвящена работа [6]. Дополнительные потери энергии можно определить по следующей зависимости [6]:

$$\Delta W = \frac{A_{pk}}{\pi} \cdot S, \quad (1)$$

где A_{pk} – амплитуда колебаний тяговой силы на ведущих колесах (при моделировании колебаний по гармоническому закону);

S – пробег автомобиля.

Неравномерность действия сил сопротивления движению автомобиля при неравномерности крутящего момента ДВС учтена в работе [7]. Дополнительные потери энергии в этом случае

$$\Delta W = \frac{A_{pk} + A_{pc}}{\pi} \cdot S, \quad (2)$$

где A_{pc} – амплитуда колебаний суммарной силы сопротивления движению, приведенная к ведущим колесам.

Для решения различных задач движения одиночных автомобилей и автомобильных колон в работе [8] предложено использовать модель многокомпонентного сложного движения. На наш взгляд, указанная модель удобна для оценки разделения затрат энергии на основные и дополнительные, что позволяет определить КПД автомобиля и его энергетическую эффективность.

Исследованию энергетики неравномерного движения автомобиля посвящено исследование профессора А.С. Федосова [9]. Им впервые рассмотрены дополнительные потери энергии автомобиля, обусловленные неравномерностью движения. Фактически рассмотрено сложное движение, состоящее из двух компонент:

- перемещения, вызванного действием некоего потенциального поля;
- перемещения под действием быстроосциллирующей силы.

В указанной работе [9] определена дополнительная энергия, затрачиваемая на движение автомобиля. В качестве примера автором исследования [9] рассмотрены осцилляции, вызванные торможениями автомобиля при движении по маршруту. Следует отметить, что потери энергии на торможение автомобиля при движении по маршруту более простым методом были ранее определены в работе [10]. Кроме того, в указанной работе [9] не рассмотрены гармоники, обусловленные колебаниями тяговой силы и силы сопротивления движению.

Таким образом, необходимо рассмотреть дополнительные потери энергии двигателя при установившемся движении. При этом модель многокомпонентного сложного движения дает возможность определить дополнительные потери энергии, вызванные различными гармониками колебаний тяговой силы и силы сопротивления движению.

Целью исследования является повышение энергетической эффективности автомобиля путем совершенствования методов оценки и снижения непроизводительных затрат энергии за счет использования модели многокомпонентного сложного движения.

Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть модель многокомпонентного сложного движения в приложении к установившемуся движению автомобиля и определить основные и дополнительные потери энергии двигателя.

Результаты исследований. Всякое движение и, в частности, покой являются относительными. Давая ответ на вопрос, покоится ли тело или движется и как оно движется, мы должны указать, относительно каких тел рассматривается движение интересующего нас тела [9].

Тело в равновесии находится либо в состоянии покоя, либо в состоянии равномерного прямолинейного движения – это первая аксиома механики (1-й закон Ньютона). Покой относительный, поскольку рассматривается относительно каких-либо тел, а движение абсолютно [9].

Равномерное прямолинейное движение тела осуществляется при равенстве сил движущих и сил сопротивления движению. Это означает также, что в любой момент времени разность мощностей сил движущих и сопротивления равна нулю. В этом случае тело движется равномерно, т.е. с постоянной мгновенной скоростью и обладает постоянным уровнем кинетической энергии. Величина кинетической энергии является показателем энергетического уровня движущегося тела. Для обеспечения режима равномерного движения тела необходимо обеспечить стабильность равенства нулю разности сил (мощностей) движущих и сопротивления движению в любой момент времени, что не всегда возможно. Это означает, что баланс сил (мощностей) является динамическим, т.е. допускающим его периодическое нарушение. При динамическом равновесии сил (мощностей) происходит периодическое изменение кинетической энергии тела. Движение тела в режиме периодического нарушения равновесия сил (мощностей) является установившимся, т.е. движением с постоянной средней скоростью. Условием установившегося движения является равенство нулю работ сил движущихся и сил сопротивления движению за определенный наименьший промежуток времени, называемый периодом колебания скорости движения (кинетической энергии) тела. Таким образом, равномерное движение – это движение с постоянной мгновенной скоростью, а установившееся – с постоянной средней скоростью.

Равномерное движение автомобиля невозможно, поскольку постоянство сил движущих и сил сопротивления движению реализовать невозможно. Тяговые силы на ведущих колесах подвержены колебаниям. Причиной этих колебаний является неравномерность крутящего момента ДВС, неточность изготовления зубчатых передач, вызывающая нарушение плавности их работы, колебания подвески автомобиля, наличие дисбаланса колес и др.

Равномерный режим движения является наилучшим (идеальным) с позиции наиболее высокой энергетической эффективности автомобиля. При этом происходит наименьший расход энергии двигателя на перемещение автомобиля из начального в конечный пункт маршрута движения. Всякое изменение скорости движения автомобиля сопровождается изменением кинетической энергии и потерей ее части [6, 7]. В работах [6, 7] рассмотрены потери энергии двигателя, обусловленные двумя гармониками – колебаниями тяговой силы, вызванными колебаниями крутящего момента ДВС, и колебанием суммарной силы сопротивления движению.

Колебания скорости движения автомобиля, как уже отмечалось выше, могут быть вызваны большим количеством гармоник. По аналогии с уравнениями (1) и (2) для большого числа гармоник можно определить дополнительный расход энергии

$$\Delta W = \frac{S}{\pi} \sum_{i=1}^n A_{pi} , \quad (3)$$

где A_{pi} – амплитуда колебаний i -ой гармоники сил на ведущих колесах.

Установившееся движение автомобиля можно рассматривать как многокомпонентное сложное движение, включающее в себя переносное движение (равномерное движение со средней скоростью автомобиля \bar{V}_a) и сумму относительных движений, каждое из которых вызвано одной из гармоник сил, приведенных к ведущим колесам. Таким образом, скорость автомобиля можно представить в виде (учитывая, что рассматривается движение в направлении одной оси – то это проекция вектора скорости на ось OX)

$$V_a = \bar{V} + \sum_{i=1}^n V_{omni} , \quad (4)$$

где V_{omni} – i -я компонента относительной скорости (вызванная i -ой гармоникой колебаний);
 n – число гармоник колебаний скорости.

При наличии только переносного движения реализуется идеальный с точки зрения энергоэффективности режим движения. В этом случае

$$\sum_{i=1}^n V_{omni} = 0. \quad (5)$$

В реальных условиях движения автомобиля необходимо стремиться к минимизации суммарной скорости относительного движения. Функция цели минимизации дополнительных потерь энергии может иметь вид

$$U = \left[\sum_{i=1}^n V_{omni} \right]_{\min}. \quad (6)$$

Таким образом, использование модели многокомпонентного сложного движения позволило определить направление повышения энергетической эффективности автомобиля, которым является снижение амплитуд гармоник сил, приложенных к ведущим колесам. Это позволяет уменьшить величину суммы компонент относительной скорости автомобиля и сократить непроизводительные (дополнительные) потери энергии двигателя.

Выводы. Применение модели многокомпонентного сложного движения позволило определить направление повышения энергетической эффективности автомобиля, которым является снижение амплитуд колебаний гармоник различных сил, приложенных к ведущим колесам.

Снижение амплитуд гармоник сил, приложенных к ведущим колесам, позволяет уменьшить суммарную относительную скорость движения автомобиля и повысить его энергетическую эффективность.

1. Гашук П.Н. Энергетическая эффективность автомобиля / П.Н. Гашук. – Львов: СВІТ, 1992. – 208 с.
2. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль / Ю. Мацкерле. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.
3. Подригало М.А. Энергетическая экономичность автомобиля и критерии ее оценки / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов, Ю.В. Тарасов, В.М. Ефимчук // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле-та тракторобудування. – № 10 (1119), 2015. – С. 28-37.
4. Подригало М.А. Энергетический аспект обеспечения маневренности автомобилей / М.А. Подригало, Д.М. Клец // Автомобильная промышленность, 2013. – №7. – С. 10-13.
5. Немий С.В. Энергетична структура автомобільного транспортного засобу / С.В. Немий // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – Львів, 2015. – № 820. – С. 90-96.
6. Подригало М.А. Влияние неравномерности крутящего момента двигателя внутреннего сгорания на энергетическую экономичность колесных транспортных средств / М.А. Подригало, А.С. Полянский, Н.М. Подригало, Д.В. Абрамов // Залізничний транспорт України. Науково-практичний журнал. – К. ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», 2015. – №6. – С. 40-46.
7. Подригало М.А. Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин / М.А. Подригало, Н.П. Артемов, Д.В. Абрамов, М.Л. Шуляк // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле-та тракторобудування. – №9 (1118), 2015. – С. 98-107.
8. A. Lebedev. Operating of mobile machine units system using the model of multicomponent complex movement / A. Lebedev, N. Artiymov, M.Shulyak, M.Podrigalo, D. Abramov, D. Klets, R. Kaidalov // Automobile transport. Collection of scientific works. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – Вып. 36. – С. 60-66.
9. Федосов А.С. Энергетика неравномерного движения автомобиля / А.С. Федосов // Автомобіле- та тракторобудування. Вісник НТУ «ХПІ». – 2003. – №4. – С. 112-114.
10. Кириченко И.Г. Оценка коэффициента полезного действия колесных машин на транспортных операциях / И.Г. Кириченко, Н.М. Подригало // автомобильный транспорт. Сборник научных трудов ХГАДТУ. – 1998. – №1. – С. 26-28.
11. Элементарный учебник физики / Под ред. Г.С. Ландсберга. – Том 1. – М.:Наука, 1964. – 544 с.

REFERENCES

1. Gashchuk P.N. Energeticheskaya effektivnost' avtomobilya / P.N. Gashchuk. – L'vov: SVIT, 1992. – 208 s.
2. Matskerle YU. Sovremennyy ekonomichnyy avtomobil' / YU. Matskerle. – M.: Mashinostroyeniye, 1987. – 320 s.

3. Podrigalo M.A. Energeticheskaya ekonomichnost' avtomobilya i kriterii yeye otsenki / M.A. Podrigalo, D.V. Abramov, YU.V. Tarasov, V.M. Yefimchuk // Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPI». Zbirnyk naukovykh prats'. Seriya: Avtomobile-ta traktorobuduvannya. – № 10 (1119), 2015. – S. 28-37.
4. Podrigalo M.A. Energeticheskiy aspekt obespecheniya manevrennosti avtomobiley / M.A. Podrigalo, D.M. Klets // Avtomobil'naya promyshlennost', 2013. – №7.– S. 10-13.
5. Nyemyy S.V. Enerhetychna struktura avtomobil'noho transportnoho zasobu / S.V. Nyemyy // Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika» Dynamika, mitsnist' ta proektuvannya mashyn i pryladiv. – L'viv, 2015. – № 820. – S. 90-96.
6. Podryhalo M.A. Vlyyanye neravnomernosti krutyashcheho momenta dvyhatelya vnutrenneho s'horannya na йnerhetycheskuyu йkonomychnost' kolesnykh transportnykh sredstv / M.A. Podryhalo, A.S. Polyansky, N.M. Podryhalo, D.V. Abramov // Zaliznychnyy transport Ukrainy. Naukovo-praktychnyy zhurnal. – K. DP «Derzhavnyy naukovo-doslidnyy tsentr zaliznychnoho transportu Ukrainy», 2015. – №6.– S. 40-46.
7. Podryhalo M.A. Otsenka dopolnytel'nykh йnerhetycheskykh poter' pry ustanovyvshemsya rezhyme dvyzhenyya transportno-tyahovykh mashyn / M.A. Podryhalo, N.P. Artemov, D.V. Abramov, M.L. Shulyak // Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPI». Zbirnyk naukovykh prats'. Seriya: Avtomobile-ta traktorobuduvannya. – №9 (1118), 2015. – S. 98-107.
8. A. Lebedev. Operating of mobile machine units system using the model of multicomponent complex movement / A. Lebedev, N. Artiymov, M.Shulyak, M.Podrigalo, D. Abramov, D. Klets, R. Kaidalov // Automobile transport. Collection of scientific works. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – Вып. 36. – С. 60-66.
9. Fedosov A.S. Йnerhetyka neravnomernoho dvyzhenyya avtomobylya / A.S. Fedosov // Avtomobile-ta traktorobuduvannya. Visnyk NTU «KHPI». – 2003. – №4. – S. 112-114.
10. Kirichenko I.G. Otsenka koeffitsiyenta poleznogo deystviya kolesnykh mashin na transportnykh operatsiyakh / I.G. Kirichenko, N.M. Podrigalo // avtomobil'nyy transport. Sbornik nauchnykh trudov KHGADTU. – 1998.– №1. – S. 26-28.
11. Elementarnyy uchebnyk fiziki / Pod red. G.S. Landsberga. – Tom 1. – M.:Nauka, 1964. –544 s.

Подригало М.А., Кайдалов Р.О., Абрамов Д.В., Молодан А.О., Гацько В.И., Мазин А.С. Застосування моделі багатокомпонентного складного руху для оцінки енергетичної ефективності автомобіля.

Використання моделі багатокомпонентного складного руху дозволило визначити напрямок підвищення енергетичної ефективності автомобіля, яким є зниження амплітуд гармонік сил, прикладених до ведучих коліс. Це дозволяє зменшити величину суми компонент відносної швидкості автомобіля і скоротити додаткові втрати енергії двигуна.

Ключові слова: автомобіль, складний рух, усталений рух, коливання швидкості, амплітуда коливань, додаткові втрати енергії.

M. Podryhalo, R. Kaidalov, D. Abramov, A. Molodan, V. Hats'ko, O. Mazin Application of the multicomponent complex movement model for estimation of the vehicle energy efficiency.

The use of the model of multicomponent complex motion made it possible to determine the direction of increasing the energy efficiency of the car, which is the decrease in the amplitudes of the harmonics of the forces applied to the driving wheels. This makes it possible to reduce the sum of the components of the relative speed of the car and to reduce the additional engine energy losses.

Keywords: car, complex motion, steady motion, speed fluctuations, amplitude of oscillations, additional energy losses.

АВТОРИ:

ПОДРИГАЛО Михайло Абович, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник, Національна академія Національної гвардії України, e-mail: pmikhab@gmail.com

КАЙДАЛОВ Руслан Олегович, кандидат технічних наук, доцент, заступник голови наукового центру, Національна академія Національної гвардії України

АБРАМОВ Дмитрій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил України ім. Івана Кожедуба, e-mail: Varan_mail@ukr.net

МОЛОДАН Андрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Технології машинобудування і ремонту машин» Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: tmirm@ukr.net

ГАЦЬКО Василь Іванович, кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МАЗИН Олексій Сергійович, інженер, Національна академія Національної гвардії України

АВТОРЫ:

ПОДРИГАЛО Михаил Абович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Национальная академия Национальной гвардии Украины, e-mail: pmikhab@gmail.com

КАЙДАЛОВ Руслан Олегович, кандидат технических наук, доцент, заместитель председателя научного центра, Национальная академия Национальной гвардии Украины

АБРАМОВ Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник, Харьковский национальный университет Воздушных Сил Украины им. Ивана Кожедуба, e-mail: Varan_mail@ukr.net

МОЛОДАН Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения и ремонта машин» Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: tmirm@ukr.net

ГАЦЬКО Василий Иванович, кандидат технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

МАЗИН Алексей Сергеевич, инженер, Национальная академия Национальной гвардии Украины

AUTHORS:

Mykhaylo PODRYHALO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Chief Researcher, National Academy of Ukraine National Guard, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Ruslan KAIDALOV, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Deputy Chairman of the Scientific Center, National Academy of Ukraine National Guard

Dmitry ABRAMOV, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Researcher, Kharkiv National University of Ukraine Air Forces, e-mail: Varan_mail@ukr.net

Andrii MOLODAN, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of machine building technology and machines repair, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: tmirm@ukr.net

Vasiliy HATS'KO, PhD. in Engineering, Kharkiv National Automobile and Highway University

Olexii MAZIN, engineer, National Academy of Ukraine National Guard

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018р.

Поляков¹ В.М., Горпинюк² А.В., Разбойніков¹ О.О.
¹ Національний транспортний університет
² ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛАСТИЧНИХ КОЛІС ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОМОБІЛЯ

Запропонована конструкція стенда для визначення параметрів шини фізичної моделі автомобіля. Наведено результати щодо визначення геометричних параметрів та параметрів мас, а також характеристик (нормальної, тангенціальної і бокової) жорсткості та бокового відведення еластичного колеса фізичної моделі автомобіля.

Ключові слова: фізична модель автомобіля, еластична шина.

Постановка проблеми. Потужність двигуна, ефективність гальмівної системи та робота інших систем автомобіля реалізуються в контакті його колеса з дорогою. Від характеру взаємодії еластичної шини з опорною поверхнею дороги залежать не тільки ті експлуатаційні властивості автомобіля, які відповідають за безпеку та комфортабельність його руху, але й ті, що визначають екологічну безпеку та економічну складову його використання.

Під дією навантажень еластична шина деформується в радіальному, тангенційному та бічному напрямках. Крім того, еластична шина може «закручуватись» в плямі контакту. Ці процеси супроводжуються силами та моментами, які діють на підвіску та керуючий колісний модуль автомобіля і, як наслідок, призводять до зміни характеру його руху.

Відомо, що при теоретичному дослідженні експлуатаційних властивостей автомобіля використовують розрахункові схеми та математичні моделі різного ступеня складності. Так, наприклад, для більш повного математичного опису динаміки руху автомобіля враховують параметри його еластичного колеса. Тому виникає необхідність у визначенні характеристик еластичного колеса та параметрів його взаємодії з опорною поверхнею експериментальним шляхом, які можуть бути вихідними даними для математичного моделювання.

Зазвичай експериментальні дослідження проводять на натурних зразках або їх фізичних моделях. Останні мають певні переваги [1]: значне зменшення витрат часу та матеріальних витрат на виконання роботи, можливість швидко змінювати умови проведення експерименту, можливість оцінювати ефективність технічних рішень до реалізації їх в реальних конструкціях автотранспортних засобів та випробувальних стендах.

Відомо [2], що більшість експериментальних характеристик шин отримано при дослідженні на циліндричному барабані, що використовується в якості опорної поверхні. При такому підході фізичні процеси, що досліджуються, можуть відрізнитись від тих, що відбуваються під час взаємодії колеса автомобіля з дорожнім покриттям. Для більш наближеного до реальних умов руху автомобіля дослідження проводять на стендах з плоскою контактною поверхнею [3, 4].

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення геометричних параметрів та параметрів мас, характеристик (нормальної, тангенціальної і бокової) жорсткості та бокового відведення еластичного колеса фізичної моделі автомобіля на стенді з плоскою контактною поверхнею.

Результати досліджень. Для експериментального визначення параметрів еластичного колеса моделі автомобіля (далі за текстом «Еластичне колесо») розроблено універсальний стенд щодо визначення характеристик еластичного колеса та параметрів його взаємодії з опорною поверхнею (далі за текстом «Стенд») (рис. 1). Конструкція стенда дає можливість визначити геометричні параметри та параметри мас еластичного колеса, його нормальну, тангенційну і бокову жорсткості, дослідити силове та кінематичне бокове відведення, а також визначити коефіцієнт опору коченню еластичного колеса та його повздовжній і поперечний коефіцієнти зчеплення з контактною поверхнею стенда.

Стенд складається з трьох основних частин: база стенда 2, вимірювальна опорна поверхня 1 та шасі моделі автомобіля 3. В базу стенда 2 (рис. 1) вмонтовано електронний вимірювально-реєструючий комплекс, до складу якого входять чотири динамометри стискання 7 (рис. 2), температурний давач 4, екран 1, вимикач 8 та інші елементи електронного оснащення. До бази стенду 1 (рис. 1) закріплено кронштейн 5 (рис. 2) так, що повздовжній відхиляючий ролик 6 розташований за

межами габариту бази. Цей блок служить для зміни напрямку гнучкого зв'язку 6 (рис. 1) навантажувального пристрою з контактною поверхнею 10 (рис.1). В базу станда також вмонтовано опорні стійки 2 (рис.2) до, яких через подушки 3 (мають пружні та фрикційні властивості), кріпиться гайками 4 (рис. 1) несуча система моделі автомобіля, що має отвори для кріплення відповідної форми. Така конструкція забезпечує налаштування та фіксацію положення по висоті та куту між повздовжніми вертикальними площинами моделі автомобіля і станда.

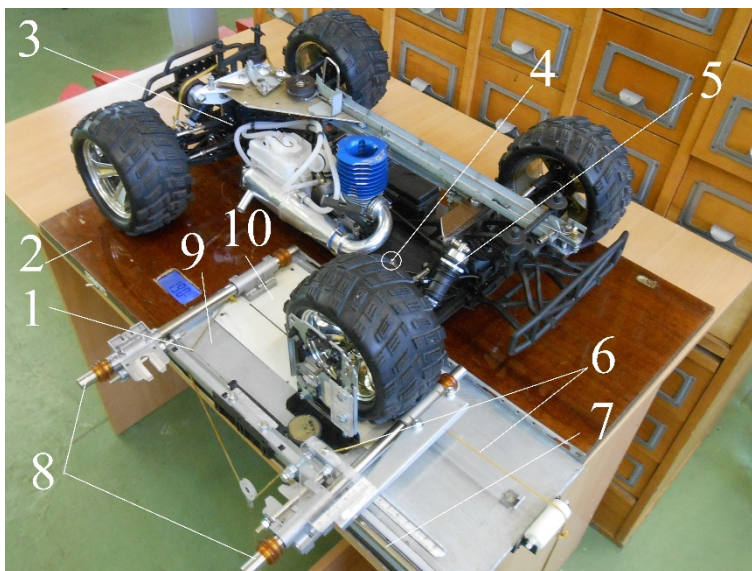


Рис. 1. Загальний вигляд станда з встановленою на ньому моделлю автомобіля

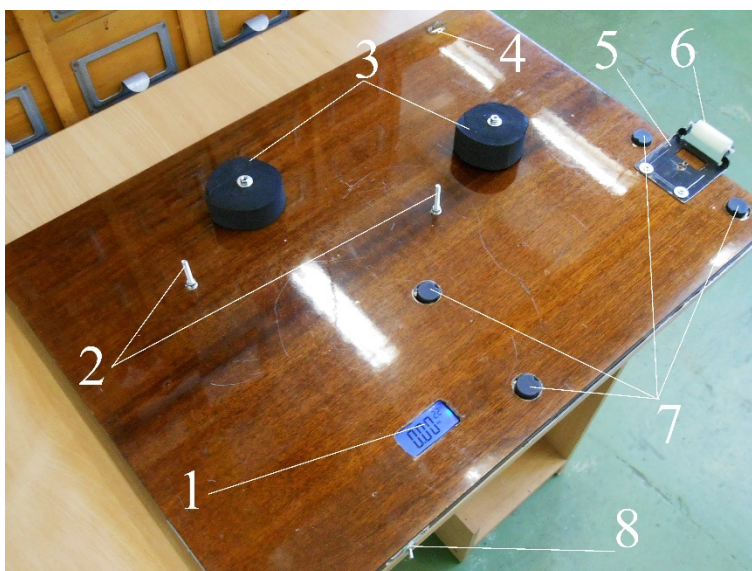


Рис. 2. База станда

На переміщення еластичного колеса відносно бази станда через шасі моделі накладено кінематичні обмеження. Умови обертання еластичного колеса відносно його осі визначаються гальмівною системою моделі автомобіля. Таким чином колесо може як обертатись, так і бути заблокованим (значення гальмівного моменту на колесі можна регулювати в залежності від умов, зазначених у програмі експериментальних досліджень). З урахуванням особливостей напрямного пристрою підвіски моделі автомобіля центр його колеса може переміщуватись в поперечній вертикальній площині моделі, що супроводжується зміною кута розвалу.

Вимірювальна опорна поверхня 1 (рис. 1) станда розміщена між еластичним колесом, що досліджується, та базою станда. Зазначена опорна поверхня, в свою чергу, складається з опори 9 (рис. 1) та контактної поверхні 10 (рис. 1). Нижня поверхня опори 9 має геометричну форму, яка при встановленні на динамометри стикання 7 (рис. 2) фіксується в горизонтальній площині. Верхня поверхня опори 9 (рис. 1) – рівна, по ній через мастильну плівку переміщується контактна поверхня 10 (рис. 1), яка з одного боку контактує з еластичним колесом, а з іншого – пов'язана через гнучкі зв'язки 6 (рис. 1) (їх напрями задаються повздовжнім відхиляючим роликком 6 (рис. 2) та повздовжньою напрямною 7 (рис. 1) циліндричної форми) з повздовжнім та поперечним навантажувальними пристроями (на рисунках не відображено). На переміщення контактної поверхні 10 (рис. 1) накладено кінематичне обмеження повздовжньою напрямною 7 (рис. 1) та поперечними напрямними 8 (рис. 1).

Нормальний тиск еластичного колеса, що задається регулюванням гайок 4 (рис. 1) та гайкою 5 амортизаційної стійки моделі автомобіля через контактну поверхню 10 та опору 9 діє на динамометри тиску 7 (рис. 2), а його значення відображаються на екрані 1 (рис. 2). Повздовжня та поперечна реакції контактної поверхні 10 (рис. 1) на еластичне колесо задаються вагою навантажувальних пристроїв. Положення контактної поверхні визначається за допомогою контрольно-вимірювальних пристроїв лінійних переміщень (повздовжнього та поперечного), які обладнані шкалами ноніусів (рис. 3).

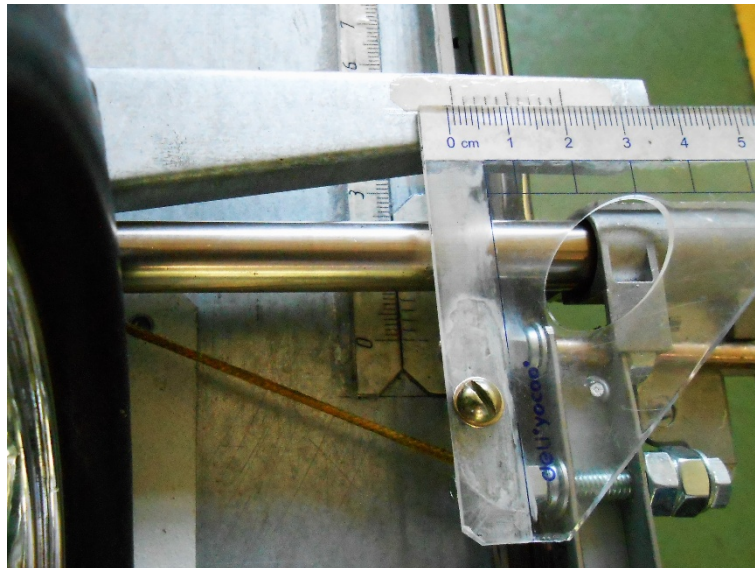


Рис. 3. Контрольно-вимірювальні пристрої лінійних повздовжнього та поперечного переміщень

Для визначення положення центру колеса моделі автомобіля в вертикальній поперечній площині відносно контактної поверхні 10 (рис. 1) розроблено контрольно-вимірювальний пристрій вертикального лінійного переміщення центру колеса (далі за текстом «Вимірювальна рамка») (рис. 4). Кронштейн вимірювальної рамки притискається магнітом до опори станда 9 (рис. 1), при цьому вертикальні напрями вимірювальної рамки орієнтуються перпендикулярно до горизонтальної площини опори. По вертикальним напрямним переміщується утримувач наконечника, до якого через різьбове з'єднання та стопорну пружину кріпиться шаровий наконечник. Така конструкція забезпечує налаштування та фіксацію відстані шарового наконечника відносно вертикальної площини вимірювальної рамки.

При встановленні вимірювальної рами в робочу позицію її вертикальна площина орієнтується паралельно повздовжній вертикальній площині моделі автомобіля, а шаровий наконечник – в положення, при якому він утримується у внутрішній частині маточини колеса (рис. 5). З урахуванням кінематики напрямного пристрою підвіски моделі та геометричних форм шарового наконечника і маточини колеса вертикальне переміщення його центру призводить до рівного за значенням вертикального переміщення утримувача наконечника, який обладнаний шкалою ноніуса.

Така конструкція станда дає можливість визначити нормальну, повздовжню та поперечну реакції опорної поверхні на еластичне колесо, та його нормальну, повздовжню і поперечну деформацію, що виникають при цьому. Крім того, визначається переміщення контактної площадки

відносно центру обертання колеса в умовах, що задаються при проведенні експериментального дослідження. Ці дані необхідні для визначення нормальній, тангенційній та боковій жорсткостей еластичного колеса, а також для визначення коефіцієнтів опору силового та кінематичного відведення, коефіцієнту опору коченню еластичного колеса та його повздовжнього і поперечного коефіцієнтів зчеплення з опорною поверхнею.

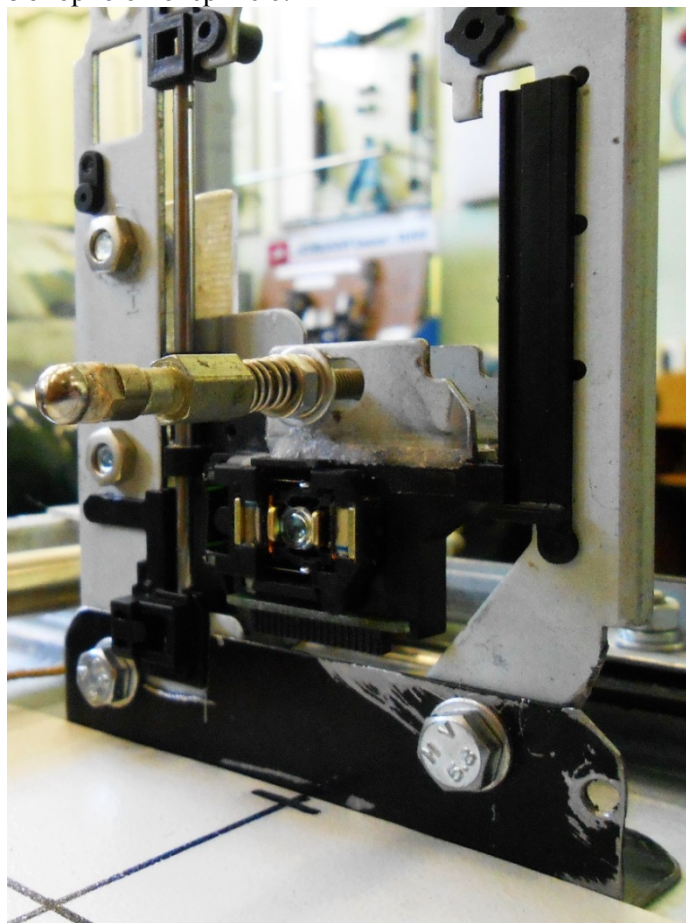


Рис. 4. Контрольно-вимірний пристрій вертикального лінійного переміщення центру колеса («Вимірвальна рамка»)

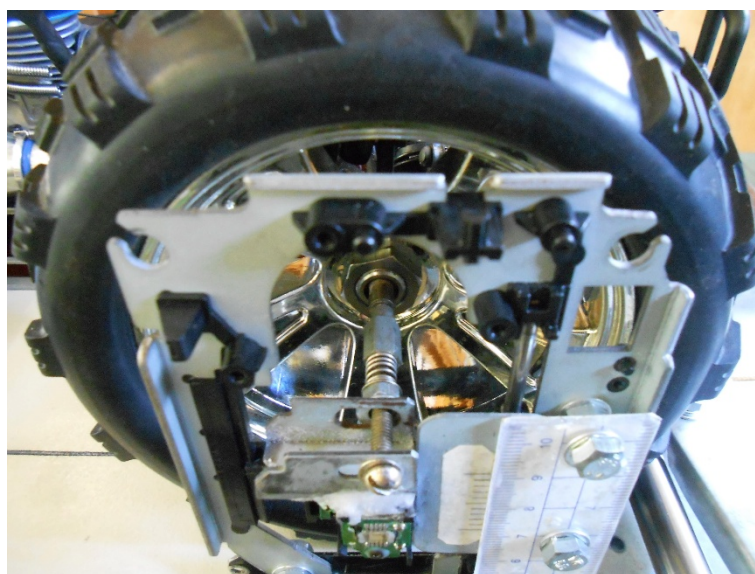


Рис. 5. Контрольно-вимірний пристрій вертикального лінійного переміщення центру колеса («Вимірвальна рамка») в робочому положенні

Експериментальні дослідження проводились з використанням еластичного колеса моделі автомобіля, яке для можливості регулювання та утримування внутрішнього тиску повітря було обладнане пневматичним клапаном (до цього значення внутрішнього тиску в шині було атмосферним).

На основі запропонованих в роботах [5, 6] методиках експериментальних досліджень параметрів шин, на стенді (рис. 1) визначено нормальну, тангенціальну і бокову жорсткості еластичного колеса моделі автомобіля. Їх значення наведено в таблиці. Маса еластичного колеса складає 0,232 кг, його вільний радіус становить 0,076 м.

Таблиця – Результати експериментального визначення жорсткості колеса моделі автомобіля

Жорсткість колеса моделі автомобіля, одиниці вимірювання	Значення
Радіальна, H/mm	4,102
Тангенціальна, H/mm	8,402
Бічна, H/mm	2,261

Результати експериментальних даних та апроксимуюча їх крива щодо залежності зміни кута відведення колеса від бокової реакції опорної поверхні нанесені на поле графіку (рис. 6). Коefіцієнт опору відведенню (що відповідає лінійній ділянці кривої) еластичного колеса моделі автомобіля становить 237,7 $H/рад$.

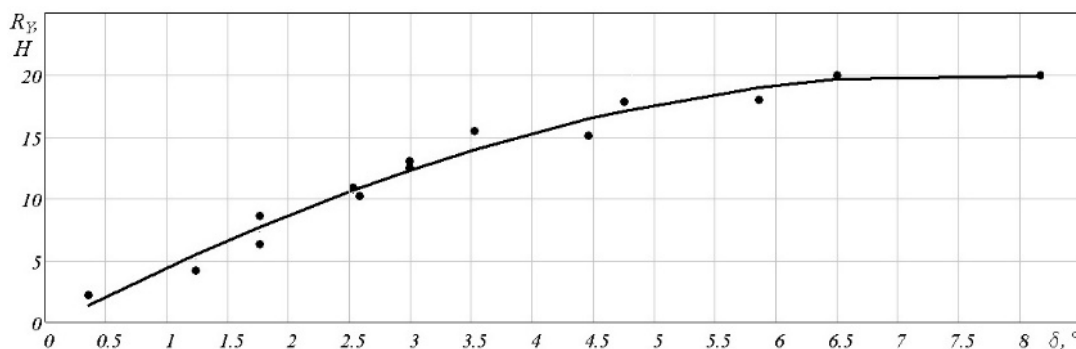


Рис. 6. Результати експериментальних даних та апроксимуюча їх крива щодо залежності зміни кута відведення еластичного колеса моделі автомобіля від бокової реакції опорної поверхні

Аналіз графіка (рис. 6) свідчить, що в діапазоні від 0 до 3 градусів кута відведення апроксимуюча крива має практично лінійний характер, тобто зростання бокової сили пропорційне зростанню кута відведення. Подальше збільшення бокової сили призводить до нелінійного характеру зміни кута відведення від бокової сили, що пояснюється частковим проковзуванням елементів шини відносно опорної поверхні. При цьому, приблизно в районі кута відведення 6,5 ° бокова сила досягає значення максимально допустимого по умовам зчеплення, що пояснює різке зростання кута відведення при постійному боковому навантаженні.

Висновки. Розроблено універсальний стенд з плоскою контактною поверхнею. Визначено геометричні параметри та параметри мас, а також характеристики (нормальної, тангенціальної і бокової) жорсткості та бокового відведення еластичного колеса фізичної моделі автомобіля. Отримані дані можуть бути використані при математичному моделюванні динаміки руху автомобільного транспортного засобу.

1. Кравченко А.П. Экспериментальные исследования управляемости автопоезда / А.П. Кравченко, В.М. Поляков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля; Науковий журнал. — 2004. — Ч.2, №8 (78). — С.186–190.

2. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля: Пер. с англ. /Д.Р.Эллис.— М.: Машиностроение, 1975. — 216 с.

3. Поляков В.М. Стенд для експериментальних досліджень параметрів бокового відведення автомобільного колеса / В.М. Поляков, О.М. Тімков, А.К. Козлов, Д.А. Мансуров // Вісник Національного транспортного університету. — 2009. -Ч.1, №19, — С.146–149.

4. Сахно В.П. Експериментальне дослідження опору кочення колеса, встановленого під кутом до напрямку руху / В.П. Сахно, В.В. Біліченко, В.М. Поляков, О.О. Разбойніков, С.М. Шарай, М.А. Новіцький // Вісник машинобудування та транспорту; Науковий журнал. — 2018. №1 (7). — С.102–111.

5. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів : [навчальний посібник] / В.П. Сахно, А.В. Костенко, М.І.

Загороднов [та ін.]. – Донецьк: ТОВ «Цифрова типографія», 2014. – 444 с.

6. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз, Е.В. Кленников, И.П. Петров, А.С. Шелухин, Ю.М. Юрьев // – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.

REFERENCES

1. Kravchenko, A.P., & Polyakov, V.M. (2004) Eksperimentalnyie issledovaniya upravlyaemosti avtopoezda [Experimental studies of the controllability of the road train]. Bulletin of the Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University; Scientific Journal, 8 (78), 186–190 [in Russian].

2. Ellis, D. (1975). *Drivability of the vehicle*. [Upravlyaemost' avtomobilya]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 216 p. [in Russian].

3. Polyakov V.M. Stend dlya eksperimentalnix doslidzhen parametriv bokovogo vidvedennya avtomobilnogo koleasa / V.M. Polyakov, O.M. Timkov, A.K. Kozlov, D.A. Mansurov // Visnik Nacionalnogo transportnogo universitetu. – 2009. Ch.1, №19, – S.146–149. [in Ukrainian].

4. Sahnо, V.P. & Bilchenko, V.V. & Polyakov, V.M. & Razboynikov, O.O. & Sharay, S.M. & Novitskiy, M.A. (2018) Eksperimentalne doslidzhennya oporu kochennya koleasa, vstanovlenogo pid kutom do napryamku ruhu. [Experimental investigation of wheel extension, installed to the movement direction]. Journal of Mechanical Engineering and Transport; Scientific Journal, 1 (7) 102–111 [in Ukrainian].

5. Sahnо V.P. et al. (2014) Ekspluatatsiyni vlastivosti avtotransportnikh zasobiv. V 3 ch. Ch 1. DinamichnIst ta palivna ekonomichnIst avtotransportnih zasobiv. [Dynamism and fuel efficiency of motor vehicles]. Donetsk: TOV «Tsifrova tipograflya», – 444 p. [in Ukrainian].

6. Knoroz, V.I. & Klennikov, E.V. & Petrov, I.P. & Sheluhin, A.S. & Yurev, Yu.M. (1976) Rabota avtomobilnoy shinyi [The work of a car tire]– Moscow, Transport, 238 p. [in Russian].

Поляков В.М., Горпинюк А.В., Разбойников А.А. Экспериментальное определение параметров эластичных колес физической модели автомобиля

Предложена конструкция стенда для определения параметров шины физической модели автомобиля. Приведены результаты определения геометрических параметров и параметров масс, а также характеристик (нормальной, тангенциальной и боковой) жесткости и бокового увода эластичного колеса физической модели автомобиля.

Ключевые слова: физическая модель автомобиля, эластичная шина.

V. Poliakov, A. Gorpiniuk, A. Razboynikov. Experimental determination of the parameters of the elastic wheels of the physical vehicle model

The design of the stand for determining the parameters of the tire of the physical model of the car is proposed. The results of determining the geometric parameters and mass parameters, as well as the characteristics (normal, tangential and lateral) rigidity and lateral displacement of the elastic wheel of the physical model of the car are given.

Key words: physical car model, elastic tire.

АВТОРИ:

ПОЛЯКОВ Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

ГОРПИНЮК Андрій Васильович, кандидат технічних наук, Заступник директора з наукової роботи, ДП “ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ”, e-mail: agorpinuk@insat.org.ua

РАЗБОЙНИКОВ Олександр Олександрович, асистент кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: razboyn1k@ukr.net

АВТОРЫ:

ПОЛЯКОВ Виктор Михайлович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

ГОРПИНЮК Андрей Васильевич, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, ГП "ГОСАВТОТРАНСНИИПРОЕКТ", e-mail: agorpinuk@insat.org.ua

РАЗБОЙНИКОВ Александр Александрович, ассистент кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: razboyn1k@ukr.net

AUTHORS:

Victor POLYAKOV, Ph.D., associate professor, professor of «Automobiles», National Transport University, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

Andrey GORPINYUK, Ph.D., Deputy Director for Research, State Enterprise "GOSAVTOTRANSNIIPROEKT", e-mail: agorpinuk@insat.org.ua

Alexander RAZBOYNIKOV, Assistant Lecturer of «Automobiles», National Transport University, e-mail: razboyn1k@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 08.05.2018р.

Постранський Т.М., Афонін М.О.
Національний університет «Львівська політехніка»

ТРИВАЛІСТЬ РОБОТИ ВОДІЯ ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ РУХУ

Професія водія є однією з найбільш відповідальних. Від його дій залежить безпека як пасажирів чи вантажу, так і всіх учасників дорожнього руху та роботи системи "водій – автомобіль – дорога – середовище" в цілому. Слід зазначити, що під час його роботи, на нього впливає значна кількість чинників як зовнішніх, так і внутрішніх, зокрема: умови руху, тип та параметри транспортного засобу, мікроклімат кабіни, його психофізіологічні показники тощо. Всі ці чинники здійснюють вплив на функціональний стан водія та показники надійності його роботи, що може призвести до зниження тривалості безаварійного руху.

Ключові слова: водій, функціональний стан, тривалість роботи, система «водій – автомобіль – дорога – середовище».

Водій транспортного засобу є одною з ключових ланок системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Під негативною дією зовнішніх чинників тривалість надійності його роботи змінюється. Це, у свою чергу, може призвести до підвищення ймовірності прийняття ним неправильних рішень, втрати контролю над транспортним процесом, перебувати у стані надмірного напруження та, як наслідок, виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Тому важливим завданням є планування графіку роботи та відпочинку водіїв з урахуванням умов в яких вони керують транспортними засобами.

Загальні відомості про тривалість роботи водія

Одним з основних документів, які регламентують тривалість роботи та відпочинку водіїв колісних транспортних засобів є Наказу Міністерства транспорту та зв'язку України «Про затвердження Положення про робочий час і час відпочинку водіїв колісних транспортних засобів». Відповідно до нього тривалість становить [1]:

- безперервної роботи без відпочинку не має перевищувати 4 год.;
- щоденної роботи при шестиденному робочому тижні не має перевищувати 7 год.;
- протягом тижня не має перевищувати 40 год.

Слід зазначити, як показують результати досліджень, тривалість безаварійної роботи водія у значній мірі залежить від його функціонального стану. Є. М. Лобанов встановив, що надійність роботи водія залежить від його частоти серцевих скорочень та динаміки надходження інформації з навколишнього середовища [2]. У роботі [3] встановлено динаміку зміни працездатності залежно від тривалості праці та розділено її на такі фази [4]:

- перша – фаза мобілізації;
- друга – фаза первинної реакції;
- третя – фаза гіперкомпенсації;
- четверта – фаза компенсації;
- п'ята – фаза субкомпенсації;
- шоста – фаза декомпенсації;
- сьома – фаза зриву.

Інші дослідження зміни надійності роботи водія через показники його функціонального стану проводив Ю. О. Давідіч. Він встановив, що залежно від типу транспортного засобу, віку водія та його стажу водіння, у різній мірі змінюється тривалість роботи, за яких показник активності регуляторних систем (ПАРС) знаходиться у межах норми. Таким чином, від розробив певні рекомендації щодо складання графіків роботи та відпочинку водіїв, які враховують вплив ергономічних характеристик транспортного засобу [4].

Враховуючи вищезазначене, можна стверджувати, що надійність роботи водія залежить від різного роду зовнішніх чинників, які необхідно враховувати під час планування його роботи.

Функціональний стан водія та методи його дослідження

На сьогодні, для підвищення рівня безпеки дорожнього руху необхідно враховувати та удосконалювати не лише конструктивні параметри автомобілів, норми утримання автомобільних доріг тощо, але й висовувати чіткі вимоги до здоров'я та фізичного стану водіїв, враховувати особливості сприйняття водієм дорожньої ситуації, створювати комфортні умов керування транспортними засобами тощо [5].

Одним з показників, який дозволяє відобразити якість умов роботи водія та встановити їх вплив на його організм, є функціональний стан. Він являє собою «комплекс характеристик функцій і якостей водія, що безпосередньо чи опосередковано зумовлюють виконання трудової діяльності, тобто безпечне керування транспортним засобом» [4]. Процес дослідження функціонального стану людини розпочався як засіб для виявлення внутрішніх хвороб та прогнозування тенденцій їх розвитку. Проте на сьогодні такі дослідження часто проводять стосовно і практично здорових людей. При цьому їх метою є оцінка стану здоров'я, поточного стану адаптаційних резервів організму, професійний відбір, вибір оптимальних навантажень під час складання індивідуальних планів тренувань спортсменів тощо [6].

Що стосується методів дослідження функціонального стану людини, то на сьогодні існує значна кількість методів, серед яких найбільш широке застосування отримали електрофізіологічні методи аналізу, зокрема: електроенцефалограма, електроокулограма, електрокардіограма, шкірогальванічна реакція тощо. Під час транспортних досліджень, зокрема аналізу психофізіологічних показників водія, часто використовується оцінка варіабельності серцевого ритму (ВСР) отриманої на основі графічного запису змін електричних потенціалів, які виникають у наслідок збудження серцевого м'яза – електрокардіограми. Найбільш поширеними методами дослідження ВСР є: статистичні, геометричні, спектрального аналізу, автокореляційного аналізу, варіаційної пульсометрії тощо [7].

У цих дослідженнях використовується ПАРС, запропонований Р. М. Баєвським, як індикатор функціонального стану водія. Цей показник вимірюється в умовних балах від 1 до 10, де [8, 9]:

- 1, 2, 3 – стан регуляторних систем в межах оптимального напруження, яке необхідне для взаємодії організму людини з середовищем;
- 4, 5 – помірне напруження, при якому організм потребує додаткових функціональних резервів для адаптації до умов середовища;
- 6, 7 – виражене напруження регуляторних систем, при якому мобілізуються захисні механізми організму;
- 8,9,10 – стан виснаження регуляторних систем, зрив адаптації.

Залежність тривалості надійної діяльності водія від його функціонального стану.

Дослідження зміни функціонального стану водія, який керує транспортним засобом, проводилися у реальних умовах. Під час руху проводився безперервний запис даних ЕКГ з використанням приладу «Polar H7». Тривалість кожного запису становить 4 години. Аналіз запису та встановлення значення необхідних показників для визначення ПАРС водія проводилися з десятихвилинними інтервалами. Транспортний засіб яким керував досліджуваний водій, облаштовувався відеокамерою та GPS-трекером, які фіксували дані щодо умов руху.

Дослідження проводилися у різних умовах руху, зокрема водій керував транспортним засобом на автомобільних дорогах у гірській і рівнинній місцевостях, та у межах населених пунктів. Усі транспортні засоби розділені на три групи залежно від їх питомої потужності:

- 1 група – від 11 кВт/т до 13 кВт/т;
- 2 група – від 13 кВт/т до 15 кВт/т;
- 3 група – від 15 кВт/т до 17 кВт/т.

Групу чинників, що характеризують транспортний потік, у якому рухається транспортний засіб, розділено за наступними критеріями:

1. гірські та рівнинні умови руху:
 - рівень завантаження становить $z \leq 0,5$;
 - рівень завантаження становить $z > 0,5$.
2. рух у межах населеного пункту:
 - рівень завантаження становить $z \leq 0,5$;
 - рівень завантаження становить $0,5 < z \leq 0,75$;
 - рівень завантаження становить $z < 0,75$.

За такої класифікації можливо чітко диференціювати умови руху як в межах населеного пункту, так і поза ним.

На основі результатів досліджень, для порівняльного аналізу впливу різних умов руху сформовано графік зміни ПАРС водія, який рухається в гірських умовах за рівня завантаження автомобільної дороги більше 0,5 та у рівнинних умовах при рівні завантаження менше 0,5 (рис. 1). Це зумовлено тим, що саме за таких умов руху спостерігається найбільший та найменший вплив на функціональний стан водія під час його роботи. Для порівняння також взято значення ПАРС водіїв транспортних засобів, які відносяться до першої та третьої груп.

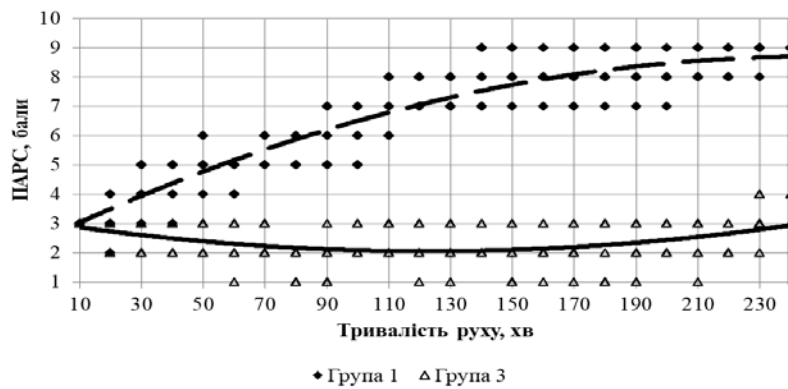


Рис. 1. Максимальне та мінімальне значення зміни ПАРС водіїв, які керували транспортними засобами у різних умовах роботи:

- 3 група, рівнинні умови руху, $z \leq 0,5$;
 — 1 група, гірські умови руху, $z > 0,5$.

Як зазначено вище, максимальна тривалість роботи водія транспортного засобу без відпочинку не має перевищувати 4 год. [1]. Проте, враховуючи, що при значенні ПАРС більше 7 балів організм водія знаходиться в стані виснаження регуляторних систем і зростає імовірність зриву адаптації, рекомендовані певні зміни щодо тривалості роботи водія на різних маршрутних транспортних засобах і у різних умовах пролягання маршруту руху:

Таблиця 1

Рекомендовані тривалості роботи водія маршрутного транспортного засобу у різних умовах руху

Умови пролягання маршруту	Групи маршрутних транспортних засобів	Тривалість надійної роботи водія (ПАРС ≤ 7 балів) за різних рівнів завантаження, хв.		
		$z \leq 0,5$	$0,5 < z \leq 0,75$	$z > 0,75$
Рівні завантаження автомобільної дороги		$z \leq 0,5$	$0,5 < z \leq 0,75$	$z > 0,75$
Гірські	Група 1	135	115	
	Група 2	160	135	
	Група 3	225	170	
Рівнинні	Група 1	нормативна	230	
	Група 2	нормативна	нормативна	
	Група 3	нормативна	нормативна	
Рівні завантаження автомобільної дороги		$z \leq 0,5$	$0,5 < z \leq 0,75$	$z > 0,75$
Рух у межах населеного пункту	Група 1	160	145	135
	Група 2	190	170	155
	Група 3	нормативна	нормативна	215

Відповідно до даних, наведених у табл. 1, можна стверджувати, що найменша кількість рекомендованих обмежень у тривалості роботи водія є під час його керування маршрутними транспортними засобами на автомобільних дорогах у рівнинній місцевості. У цих умовах рекомендовано лише здійснити перерву на 230 хв. роботи водіям, які керують автобусом 1 групи при рівні завантаження автомобільної дороги понад 0,5 у.о.

У свою чергу, найбільш вагомий вплив на ПАРС водія здійснюють гірські умови руху. Так, при керуванні маршрутним транспортним засобом 1 групи при рівні завантаження автомобільної дороги більше 0,5 у.о. рекомендоване значення тривалості безаварійної роботи водія становить 115 хв., що, у свою чергу, займає лише 48 % від дозволеної законодавством України тривалості роботи водія [1]. Відповідно до даних, наведених у табл. 1, видно, що значення рекомендованої тривалості руху найближче до встановленого законодавством України у випадку керування водієм транспортними засобами 3 групи.

Висновки

Проведений аналіз попередніх робіт чітко вказує на те, що основою надійної діяльності водія є його функціональний стан. Саме від нього залежить якість виконуваної водієм роботи. На цей час

існує відносно велика кількість методів для його визначення. В цій роботі взято до уваги методи ЕКГ, оскільки, він є одним з найбільш інформативних.

Так як розглядалась система «водій – автомобіль – дорога - середовище», визначено критерії, якими оцінювались взаємозв'язки у цій системи та які характеризували окремі її елементи. Результати досліджень показали чіткий вплив з боку середовища, транспортного засобу та дорожніх умов на стан водія. Оскільки тривалість надійної роботи характеризувалась критичним значенням ПАРС, вона не у всіх випадках мала нормативне значення. Найбільше це помітно у гірських умовах руху, де тривалість надійної роботи характеризувалась значеннями від 135 до 225 хв. Схожа ситуація спостерігалась і при русі містом.

1. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України «Про затвердження Положення про робочий час і час відпочинку водіїв колісних транспортних засобів»: станом на 04.10.2016 / Міністерство транспорту та зв'язку України.

2. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учётом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1980. – 311 с.

3. Научная организация труда и управления в дорожном строительстве / В. М. Сиденко, О. Т. Батраков, Э. В. Гаврилов, Г. Е. Липский – К. : Вища школа, – 1976. – 176 с.

4. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов; – Х. : ХНАМГ, 2011. – 392 с.

5. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. / В. Ф. Бабков М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

6. Руденко С. Д. Исследование и оценка функционального состояния спортсменов : учеб. пособ. / С. Д. Руденко, Е. А. Талабум, Е. Е. Ачкасов. – М. : Профиль – 2С, 2010. – 72 с.

7. Чуян Е. Н. Особенности системы вегетативного управления сердцем у испытуемых с различным типом вегетативной регуляции / Е. Н. Чуян, Е. А. Бирюкова, М. Ю. Раваева, И. Р. Никифоров // Ученые записки ТНУ серия «Биология, химия». – 2009. – №1. – С. 113 – 133.

8. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М. : «Медицина», 1979. – 298 с.

9. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / [Р. М. Баевський, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейник и др.] // Весник Аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65 – 87.

REFERENCES

1. Ministry of Transport and Connection of Ukraine (2016). The Order " On approval of the Regulation on working hours and rest periods for drivers of wheeled vehicles " [Nakaz «Pro zatverdzhenia Polozhennia pro robochyi chas i chas vidpochynku vodiiv kolisnykh transportnykh zasobiv»]. Kyiv, Ministry of Transport and Connection of Ukraine.

2. Lobanov Ye (1980). Road design and traffic management, taking into account the psychophysiology of the driver [Proektyrovanye doroh y orhanyzatsiya dvyzheniya s uchëtom psykhyfyzolohyy vodytelia]. Moscow, Transport Publ. 311 p.

3. Sidenko V., Batrakov O., Havrilov Ye., Lipskiy H. (1976). Scientific organization of labor and management in road construction [Nauchnaia orhanyzatsiya truda y upravleniya v dorozhnom stroytelstve]. Kyiv, Vysha Shkola Publ. 176 p.

4. Davidich Yu., Kush Ye & Ponkratov D. (2011). Ergonomic providing of transport processes: teach. manual [Erhonomichne zabezpechennya transportnykh protsesiv: navch. posibnyk]. Kharkiv, KhNAMH Publ. 392 p.

5. Babkov V. (1993). Road Conditions and Traffic Safety: A Textbook for Universities [Dorozhnye uslovia i bezopasnost dvizheniya: Uchebnik dlia vuzov]. Moscow, Transport Publ. 271 p.

6. Rudenko S., Talabum Ye., Achkasov Ye. (2010). Research and evaluation of the functional condition of athletes: Textbook. [Issledovanie i otsenka funktsyonalnoho sostoiannya sportsmenov : ucheb. posob.]. Moscow, Profil – 2S Publ. 72 p.

7. Chuyan Ye., Birykova Ye., Ravaeva M. (2009). Features of the system of vegetative management of the heart in subjects with different types of autonomic regulation. [Osobennosti sistemy vehetatynogo upravleniya serdtsem u ispytuemykh s razlichnym tipom vehetatynoi rehuliaty]. Uchenye zapiski TNU, Seriya «Biologiya, khimiya». 113 – 133 p.

8. Bayevskiy R. (1979). Prediction of conditions on the verge of norm and pathology [Prognozirovaniye sostoyaniy na grane norm i patalogii]. Moskov, Meditsina Publ., 298p.

9. Baev'skij R., Ivanov G., Chirejnik L. & others. (2001). The analysis of heart rate variability when using different electrocardiographic systems [Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh jelektrokardiograficheskikh sistem]. Bulletin of arrhythmology. Vol. 24., pp. 65-87.

Постранський Т.Н., Афонін М.А. Срок работы водителя как фактор влияния на безопасность движения.

Профессия водителя является одной из наиболее ответственных. От его действий зависит безопасность как пассажиров или груза, так и всех участников дорожного движения и работы системы "водитель - автомобиль - дорога - среда" в целом. Следует отметить, что во время работы, на водителя влияет значительное количество факторов как внешних, так и внутренних, в том числе: условия движения,

тип и параметры транспортного средства, микроклимат кабины, его психофизиологические показатели и тому подобное. Все эти факторы оказывают влияние на функциональное состояние водителя и показатели надежности его работы, что может привести к снижению продолжительности безаварийного движения.

Ключевые слова: водитель, функциональное состояние, продолжительность работы, система «водитель - автомобиль - дорога - среда».

Postranskyy T., Afonin M. Driver's work duration as a factor in the impact on traffic safety.

Driver's job is one of the most responsible. From his actions, safety depends on passengers or cargo, and on all road users and on the work of the "driver - car - road - environment" system as a whole. It should be noted that during his work, he is influenced by a significant number of factors, both external and internal, in particular: the conditions of motion, the type and parameters of the vehicle, the microclimate of the cabin, its psychophysiological indicators, etc. All these factors influence the driver's functional state and reliability indicators of his work, which can lead to a decrease in the duration of trouble-free traffic.

Keywords: driver, functional state, drivers work duration, the system "driver – vehicle – road – environment."

АВТОРИ:

ПОСТРАНСЬКИЙ Тарас Миколайович, к.т.н., асистент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: postranskyy@gmail.com

АФОНІН Максим Олександрович, асистент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: afonin.maxim91@gmail.com

АВТОРЫ:

ПОСТРАНСКИЙ Тарас Николаевич, к.т.н., ассистент кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовська політехніка» e-mail: postranskyy@gmail.com

АФОНИН Максим Александрович, ассистент кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовська політехніка», e-mail: afonin.maxim91@gmail.com

AUTHORS:

Taras Postranskyy, PhD, assistant of the Transport Technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: postranskyy@gmail.com

Maxim Afonin, assistant of the Transport Technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: postranskyy@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 2.05.2018 р.

Рудзінський¹ В.В., Мельничук¹ С.В., Шумляківський² В.П., Рафальський² О.І.
¹ Науково-навчальний центр «Корбутівка», м.Житомир
² Житомирський державний технологічний університет

ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО АВТОБУСУ ШЛЯХОМ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИБОРУ ЙОГО ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Міський маршрутний автобус є одним із суттєвих джерел забруднення навколишнього середовища міст. Абсолютно справний автобус із досвідченим водієм за кермом може перевищувати нормовані показники шкідливих викидів при невідповідності його технічних характеристик умовам експлуатації. Експлуатаційні умови роботи автобуса на міському маршруті в загальному можна охарактеризувати максимальним масовим навантаженням, середньою технічною швидкістю та прискореннями. Міські автобуси в часи «пік» працюють з переповненим салоном (перевищення номінального масового навантаження). По-друге, при виборі автобуса не враховуються його силові динамічні якості. Запропонована оцінка шкідливих викидів автобуса за його витратою палива на ділянці маршруту чи в цілому. При цьому при визначенні витрати палива масові навантаження є функцією напруження дійсного пасажиропотоку, а технічна швидкість є інтегрованою експлуатаційною характеристикою маршруту. Порівняно екологічність автобусів, що експлуатуються на маршрутах м. Житомира, та рекомендованих автобусів з технічними характеристиками, які відповідають реальним умовам експлуатації.

Ключові слова: автобус, міські пасажироперевезення, екологічність, технічна характеристика.

Постановка проблеми. Стрімке зростання кількості автомобілів та автобусів несе великим містам не тільки блага цивілізації у вигляді комфорту і швидкості в транспортних переміщеннях, але створює і масу проблем, пов'язаних зі споживанням ресурсів і забрудненням навколишнього середовища.

При наявності значної кількості виконаних в Україні і за кордоном в сфері екології автомобільного транспорту науково дослідних і дисертаційних робіт, наукові основи забезпечення екологічної безпеки експлуатації автомобільного транспорту не розглядалися як одне ціле. До теперішнього часу практично не вивчено вплив ряду основних важливих чинників і підсистем автомобільного транспорту (умов експлуатації автобусів на пасажирських маршрутах) на рівень його екологічної безпеки, та процеси формування викидів забруднюючих речовин від окремих автомобілів, транспортних потоків, автотранспортних автобусних маршрутів.

Екологічність перевезень пасажирів автобусами, залежить від умов їх експлуатації – умови руху, транспортні умови (умови масових навантажень).

Серед факторів умов руху найбільш значущими являються частота планових і позапланових зупинок, довжина перегону технологічного циклу і швидкість руху автобуса на перегоні. Серед факторів транспортних умов найбільш значущими є наповнюваність салону автобуса на перегонах (максимальне навантаження на автобус в процесі експлуатації залежить від параметрів пасажиропотоків, а саме, від максимальних значень пасажирообороту в години «пік»), інтенсивність руху транспортного потоку і вид перехрестя, кількість та пасажиромісткість парку рухомого складу.

Найбільшу увагу в роботах було приділено питанням розробки маршрутних норм витрати палива [4,5,7]. Реалізація методів маршрутного нормування витрат палива для автобусів проводилася під керівництвом Гарбера А.З., Говорущенко Н.Я., Зіміна К.Б., Кузнецова Е.С. та ін. Питання маршрутного нормування витрати палива отримали також і широку практичну реалізацію - у більшості відділів муніципалітетів міст, що відповідають за пасажирські автобусні перевезення міст України. Управлінню технічною експлуатацією автомобілів з урахуванням умов експлуатації і режимів роботи основних систем і агрегатів були присвячені роботи [1,2,3,4,5]. Облік об'єктивно існуючих умов роботи рухомого складу можливий при подальшому вдосконаленні класифікації умов експлуатації [5,], що може послужити основою для раціоналізації використання матеріальних і трудових ресурсів власників маршрутів, підвищення надійності рухомого складу і якості обслуговування пасажирів.

Для оцінювання рівня забруднення атмосферного повітря від викидів забруднюючих речовин автомобільним транспортом, а також для стимулювання впровадження обґрунтованих експлуатаційних параметрів автобусів необхідно розрахувати масові викиди шкідливих речовин, які потрапляють в атмосферне повітря з відпрацьованими газами транспортних засобів.

Результати досліджень. Здійснити розрахунки масових викидів можна трьома способами:

- методика 1, за питомими викидами шкідливих речовин, якщо є відомості про споживання певними групами автомобілів різних видів палив за умови їх експлуатації: окремо в межах міст (ділянках маршрутів, окремих вулиць) і населених пунктів (всій міській мережі) і окремо - поза ними;
- методика 2, за середніми викидами шкідливих речовин, якщо відсутні дані щодо витрат палива автомобілями певних типів в залежності від умов експлуатації, а відома загальна витрата палива різного виду рухомим складом автомобільного парку;
- методика 3, за значеннями пробігових викидів шкідливих речовин, якщо є відомості про кількість АТЗ певних груп: окремо в межах міст (ділянках маршрутів, окремих вулиць) і населених пунктів (всій міській мережі) і окремо - поза ними;

Метою роботи є покращення екологічності експлуатації міських маршрутних автобусів за рахунок оптимізації вибору їх технічних параметрів.

В процесі експлуатації можливі зміни технічного стану транспортного засобу та порушення його регулювань, які викликають збільшення або зменшення викидів окремих компонентів відпрацьованих газів. У розрахунках ці зміни враховують введенням коригуючого коефіцієнта K_{Tjki} , який вибирають в залежності від шкідливої речовини (i), масу якого розраховують, типу транспортного засобу (k) і виду споживаного палива (j).

Розглянувши три способи проведення розрахунків масових викидів нами була обрана методика 1, формула (1), для подальшого удосконалення, так як вона включає в себе ту кількість необхідної інформації, що до оцінки масових викидів шкідливих речовин: характеристики дорожнього руху, витрату палива i -го автомобіля з певним технічним станом та питомі викиди шкідливих речовин які можна одержати в багатьох містах. Однак в формулі 1.1 частиною де автомобіль рухається поза межами міста можна знехтувати.

$$Mi = \sum_{k=1}^n [(g_{iKj(M)} \cdot Q_{kj(M)} + g_{iKj(ПМ)} \cdot Q_{kj(ПМ)}) \cdot K_{Tjki}] \quad (1)$$

Розглянувши методику 1.1 визначено, що $Q_{kj(M)}$ включає в себе:

- витрату палива певного автомобіля (з двигуном, що працює на певному паливі, та певною трансмісією);
- швидкість руху автомобіля (обмежується правилами дорожнього руху, та транспортним потоком);
- масові навантаження на автомобіль (визначають вантажопідємність автобуса для задовольня пасажиропотоків).

При аналітичному дослідженні методів, було обрано методику проф. Говорущенко Н.Я., однак в нашому випадку швидкість руху та навантаження на автобус є функціями відповідно від параметрів дорожнього руху та пасажиропотоку. Таким чином формула приймає вигляд 1.2:

$$Q_g = \frac{1}{\eta_i} \cdot \{A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 + C(f(ПП) \cdot \Psi + 0.77 \cdot kF \cdot f^2(ДР)_a^2)\}, \quad (2)$$

Де A, B, C – постійні коефіцієнти для даної марки автомобіля;

η_i – індикаторний коефіцієнт корисної дії;

i_k – середньозважене передавальне число коробки передач;

Ψ – коефіцієнт сумарного дорожнього опору руху автомобіля;

kF – фактор обтічності;

$f(ДР)$ – швидкість автобуса як функція від параметрів дорожнього руху;

$f(ПП)$ – вага автобуса як функція від параметрів пасажиропотоку.

Враховуючи, що автобуси які курсують маршрутами міста оснащені двигунами працюючих на різних видах палива постає необхідність визначення кількості автомобілів певної групи, так як окремі викиди шкідливих компонентів у них суттєво відрізняються. Визначивши за формуло 1.2 витрату палива л/100км для окремих груп автомобілів, очевидно, що її необхідно переформувати в т/рік, для подальшого застосування в формулі (2).

Таким чином визначаємо річну витрату палива $Q_{g(\text{річна})}$, для i -го маршруту, групи $N_{(n/d)}$ автобусів з бензиновими двигунами на певній ділянці маршруту L_{sh} на прикладі автобусів з бензиновими двигунами використаємо формулу (3):

$$Q_{g\text{бенз(річна)}} = \frac{Q_{g(\text{бенз})}}{100} \cdot L_{sh} \cdot \frac{N_{n(\text{бенз})}}{d} \cdot 365 \cdot k_r \quad (3)$$

Де: $Q_{g\text{бенз}}$ - витрати палива автобуса з бензиновим двигуном при різних навантаженнях та швидкостях руху;

L_{sh} - шлях пройденої ділянки;

$\frac{N_{n\text{бенз}}}{d}$ - кількість рейсів за день в обох напрямках i -го групи автобусів;

k_r - коефіцієнт робочого часу автобуса $k_r=0,55 - 0,7$ (14-17 робочих годин зміна 1-го автобуса).

Підставивши усі вирази до обраної методики, формула (4) в розгорнутому вигляді виглядатиме:

$$M_{ij(\text{рік})} = \sum_{k=1}^n \left[g_{iKj} \cdot \frac{\frac{1}{\eta_i} \{A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 + C(f G_a \cdot \Psi + 0.77 \cdot kF \cdot fV^2)\}}{100} \cdot L_{sh} \cdot \frac{N_n}{d} \cdot n_i \cdot 365 \cdot k_r \cdot \rho_j \cdot \frac{1}{1000} \cdot 10^{-3} \cdot K_{TiKj} \right] \text{ т/рік} \quad (4)$$

Де G_a є функцією від f (ПП) пасажиропотоку;

V – функція від f (ДР) параметрів дорожнього руху;

ρ_j - густина палива.

Відповідно до розробленої методики «Обстеження пасажиропотоків на пасажирському транспорті загального користування в місті Житомирі» визначення експлуатаційних масових навантажень маршрутних автобусів, було проведено експеримент зі збору статистичних даних про наповнення салону автобусів на пасажирських маршрутах міста Житомира.

Дослідження проводились 22-23.05.16р. (за днями тижня обрано середа та четвер), у відповідності з договором з міською радою №39 від 07.04.16р., номер державної реєстрації 0116U005484, підвищення ефективності та безпеки дорожніх транспортних засобів категорій М2 та М3

Після закінчення обстежень була сформована база даних за результатами проведених досліджень пасажиропотоків та побудовані гістограми пасажиропотоку, рисунок 1.

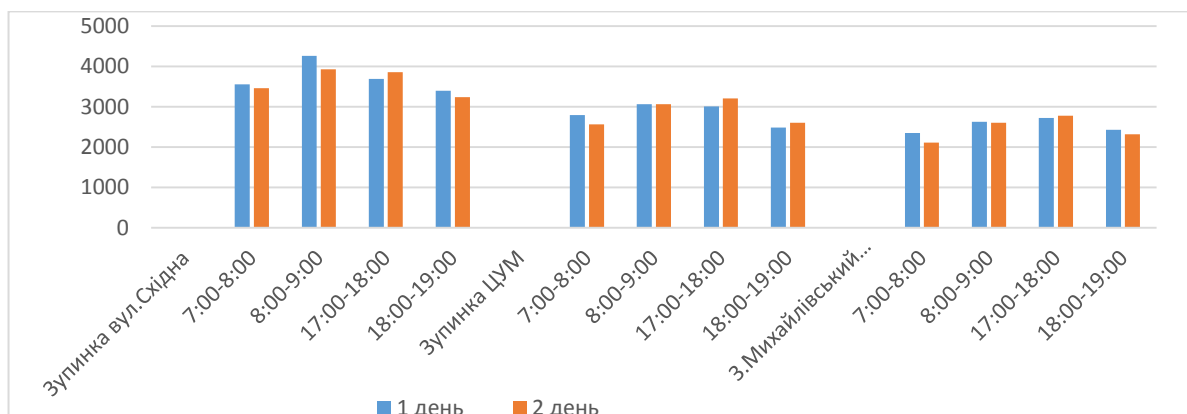


Рисунок 1. Гістограма пасажиропотоку 21.05.-22.05.2016р. по вул. Київській.

Проаналізувавши результати пасажиропотоків по основній магістральній вулиці Київській, визначили найбільший пасажиропотік в годину «пік» з 8:00-9:00 кількість пасажирів 4498 чоловік в

прямому напрямку руху та 4370 чоловік в зворотному. Отримавши результати пасажиропотоків визначаємо масові навантаження на автобуси.

Відокремивши від загального пасажиропотоку кількість пасажирів, що може перевести електротранспорт встановлено, що при залишку 2883 пасажирів в прямому напрямку та кількості 59 автобусів малого класу (Рута-25,20,19 середньою пасажиромісткістю 25пас.) та 24 автобуса середнього класу (ЗАЗ А07А «І-Ван», Богдан А092.01, ПАЗ 3510 середньою пасажиромісткістю 40 пас.) визначено перенавантаження автобусів, яке складає 128% на одиницю рухомого складу.

Експериментальні швидкостей руху автобусів, що рухаються по вул. Київська в прямому та зворотному напрямку включали встановлення довжини ділянки досліджуваної вулиці та середнього часу проходження автобусом цієї ділянки на протязі 4 заїздів та визначення тривалості простою на зупинці та світлофорах, а також рух автобуса в певній смузі руху (ліва, або права). Відстань по вул. Київській від вул. Театральна до автовокзалу становить 2100м.

Для підтвердження достовірності даного дослідження, додатково визначені експлуатаційні показники швидкісних режимів руху автобуса Рута-25 на ділянці вул. Київська за допомогою останньої версії діагностичного bluetooth адаптера OBD II міні ELM 327 (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння розрахункових та експериментальних результатів визначення технічної швидкості експлуатації автобусів

	Швидкість зафіксована ELM 327 ліва смуга (км/год)	Розрахункова швидкість на ділянці ліва смуга (км/год)	Швидкість зафіксована ELM 327 права смуга (км/год)	Розрахункова швидкість на ділянці права смуга (км/год)
заїзд №1	14,67	14,12	11,7	11,19
заїзд №2	14,12	13,71	12,6	13,41
заїзд №3	15,91	15,01	12,3	12,35
заїзд №4	15,53	14,63	11,5	12,87
Середнє значення	15,05	14,38	12,29	12,61
Похибка	4,65%		2,53%	

Таким чином, перевіривши достовірність отриманих результатів експлуатаційних швидкостей автобуса, що працює на ділянці міської пасажирської мережі, встановлено, що похибка отриманих результатів складає в межах 5 % і використана в подальших розрахунках.

Відповідно до розробленої методики оцінки екологічності автобуса (4) проведено кількісну оцінку витрати палива автобусів, що на даний час експлуатуються на пасажирських маршрутах м. Житомира та рекомендованих, на найбільш проблемній по завантаженості ділянці – вул. Київській (табл.2).

Таблиця 2 – Витрата палива автобуса на одного пасажирів при навантаженні салону в години «пік» 128%, та $V_t = 15$ км/год

Моделі автобусів	Пасажиромісткість, чол.	Витрата палива при $G_{max}128\%$ при $V_t = 15$ км/год	Витрата палива л/100км на одного пасажирів
Рута 25	25	19,8	0,535
Рута 22	24	19,9	0,642
Паз 3205	42	29,1	0,693
Рута 25D	25	16,1	0,435
Баз – А079	41	26,27	0,571
Зааз А07А І-VaN	42	25,05	0,596
Богдан А601	99	30,2	0,305
МАЗ-226/206	59	28,9	0,489
ЗАЗ А10С І-VaN	62	31,2	0,503
CityLAZ-10LE	104	32,2	0,310

Як видно з табл. 2, лінійна витрата палива запропонованих автобусів більша ніж у існуючих, але, при цьому, питома витрата на одного пасажирів значно менша, що в свою чергу вплине на

покращення екологічної експлуатації автобусів на пасажирських маршрутах міста при використанні тієї ж транспортної роботи.

Для подальшого визначення річних викидів шкідливих речовин автобусами на дослідований ділянці опрацьовано дані графіків руху автобусів на маршрутах визначаємо загальну кількість рейсів, що в свою чергу дозволить оцінити кількість транспортних засобів, що по ній проходять табл.3.

Таблиця 3 – Кількість добових проходів автобусів по ділянці L_{sh}

Модель автобуса	Кількість добових проходів автобусів
Богдан А092.02	35
Рута 25/22	335
ЗАЗ А07А I-VaN	74
Паз 3205	54
Баз – А079	183

Знаючи всі вихідні дані (для існуючих автобусів) розраховуємо значення річних викидів шкідливих речовин автобусів в процесі експлуатації по ділянці L_{sh} та вносимо до табл. 4.

Таблиця 4 – Результати викидів шкідливих речовин в процесі експлуатації автобусів різних моделей на ділянці від вул. Театральна до автовокзал при $V_t = 15$ км/год

Моделі автобусів	Витрата палива при G_{max} при $V_t = 15$ км/год	Кількість добових проходів автобусів	Викиди шкідливих речовин			
			МСО, т/рік	MNO _x , т/рік	МС _m H _n , т/рік	MPm(C), т/рік
Богдан А092.02	26,27	35	0,00071	0,000102	0,00068	0,00153
Рута 25/22	19,9	335	0,0167	0,000531	0,00366	
ЗаЗ А07А I-VaN	25,05	74	0,00086	0,000267	0,00095	0,00193
Паз 3205	29,1	54	0,0068	0,000259	0,00183	
Баз–А079	26,27	183	0,00097	0,000432	0,00101	0,00218
Разом		681	0,02604	0,001591	0,00813	0,00564

Таким самим чином отримуємо результати викидів шкідливих речовин в процесі експлуатації альтернативних автобусів на ділянці маршруту від вул. Театральна до автовокзалу табл. 5.

Таблиця 5 – Прогнозована кількість викидів шкідливих речовин альтернативними автобусами в режимах експлуатації

Моделі автобусів	Витрата палива при G_{max} при $V_t = 15$ км/год	Кількість добових проходів автобусів	Викиди шкідливих речовин			
			МСО, т/рік	MNO _x , т/рік	МС _m H _n , т/рік	MPm(C), т/рік
БаЗ А11110	252	0,00136	0,000569	0,00144	0,00242	0,00242
Богдан А601	306	0,00142	0,000595	0,00159	0,00251	0,00251
ЗаЗ А10С I-VaN	477	0,00156	0,000647	0,00252	0,00412	0,00312
CityLAZ-10LE	288	0,00147	0,000537	0,00162	0,00249	0,00249
МАЗ-226/206	459	0,00152	0,000641	0,00230	0,00359	0,00309

Порівнюючи дані таблиці 4 та таблиці 5, приходимо до висновків, що шкідливі викиди з відпрацьованих газів рекомендованих автобусів, та тих, що експлуатуються на маршрутах міста значно менші, а саме, по МСО на 90%, MNO_x - 65%, МС_mH_n - 73%, MPm(C) - 27%.

Висновки. Визначено витрати палива автобусів, що експлуатуються на центральних маршрутах м. Житомира та рекомендованих автобусів. Встановлено, що рекомендовані автобуси більшої пасажиромісткості мають значно меншу, в межах від 1.5 до 2.2 рази питому витрату палива (на одного пасажера), що забезпечить більшу економічність та покращить екологічність автобусних маршрутів.

Визначено величини шкідливих викидів автобусів, що вже експлуатуються на маршрутах та альтернативних за рік на ділянці пасажирських маршрутів м. Житомира, від вул. Театральна до

автовокзалу. Показано, що використання альтернативних автобусів зменшить викиди шкідливих речовин на МСО на 90%, МNOx на 65%, МСmHn на 73%, МРm(C) на 27%.

1. Амарни Н. Исследование топливной экономичности автобусов Икарус-280, оснащенных блочными нейтрализаторами отработавших газов, в эксплуатации: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» \ Н. Амарни - Москва: МГАДИ, 2000. -18 с.
2. Кацыв П.Д. Совершенствование пассажирских перевозок в крупном регионе (на примере Московской области): дис. кандидата. техн. наук: 05.22.10 / Петр Дмитриевич Кацыв - Москва: 1999. - 181 с.
3. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследования): монография / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 292 с.
4. Кривошапов С.И. Особенности нормирования расхода топлива транспортных машин, работающих в сложных дорожных условиях [Текст] / С.И. Кривошапов // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенко. - Вип. 155. - 2014. - С. 82-89.
5. Техническая эксплуатация городских автобусов (особенности организации и управления): Учебное пособие/ Максимов В.А., Сарбаев В.И., Хазиев А.А. // Под ред. д.т.н. Максимова В.А. -М.: МГИУ, 2002. -112с.
6. Сахно В.П. Математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Вісник [Національного транспортного університету]. – 2012. – № 25. – С. 193-196.
7. Сахно В.П. Уточнена математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Вісник СевНТУ. Сер: Машиноприладобудування та транспорт. – 2013. – Вип. 142. – С. 48-51.
8. Солнцев А.А. Методические основы корректирования нормативов эксплуатационных расходов городских автобусов с учетом особенностей работы на маршруте: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» \ А.А. Солнцев - М.: МАДИ(ТУ), 1998. - 25 с.

REFERENCES

1. Amarni N. (2000). Issledovaniye toplivnoy ekonomichnosti avtobusov Ikarus-280, osnashchennykh blochnymi neytralizatorami otrabotavshikh gazov, v ekspluatatsii. [The study of fuel economy of Ikarus-280 buses, equipped with block exhaust gas neutralizers, in operation] *Extended abstract of candidate's thesis. Moskva: MGADI (TU) [in Russian]*
2. Katsyv P.D. (1999). Sovershenstvovaniye passazhirskikh perevozok v krupnom regione (na primere Moskovskoy oblasti) [Improvement of passenger transportation in a large region (by the example of the Moscow Region)]. *Candidate's thesis. – Moskva: [in Russian]*.
3. Govorushchenko N.YA. (2011). Sistemotekhnika avtomobil'nogo transporta (raschetnyye metody issledovaniya) [System engineering of motor transport (calculation methods of research)]. *Khar'kov: KHNADU, [in Ukrainian]*
4. Krivoshepov S.I. (2014). Osobennosti normirovaniya raskhoda topliva transportnykh mashin, rabotayushchikh v slozhnykh dorozhnykh usloviyakh. [Features of rationing of fuel consumption of transport vehicles operating in difficult road conditions]. *Visnyk Kharkivsk'koho natsional'noho sil'skohospodars'koho universytetu im. Petra Vasilenko - Bulletin of Kharkiv National University of Agriculture named after. Petra Vasilenko, 155, 82-89. [in Ukrainian]*
5. Maksimov V.A., Sarbayev V.I., Khaziyev A.A. (2002). Tekhnicheskaya ekspluatatsiya gorodskikh avtobusov (osobennosti organizatsii i upravleniya) [Technical operation of city buses (features of organization and management)]: *Moskva: MGIU [in Russian]*
6. Sakhno V.P. & Korpach O.A (2012). Matematychna model' dlya vyznachennya pokaznykiv palyvnoyi ekonomichnosti avtomobilya z dvyhunamy riznoyi potuzhnosti pry vykonanni mis'koho yizdovoho tsyклу [A mathematical model for determining the fuel efficiency of a car with engines of different power when performing a city ride cycle] *Visnyk [National'nyy transport univversitetu] – Bulletin [National Transport University], 25, 193-196.*
7. Sakhno V.P. & Korpach O.A (2013). Utochnena matematychna model' dlya vyznachennya pokaznykiv palyvnoyi ekonomichnosti avtomobilya z dvyhunamy riznoyi potuzhnosti pry vykonanni mis'koho yizdovoho tsyклу [A refined mathematical model for determining the fuel efficiency of a car with engines of different power when performing the urban ride cycle] *VISNYK SevNTU Ser: Mashynopryladobuduvannya ta transport - Visnyk SevNTU. Ser: Machine-tool construction and transportation, 142, 48-51.*
8. Solntsev A.A. (1998). Metodicheskiye osnovy korrektyrovaniya normativov ekspluatatsionnykh raskhodov gorodskikh avtobusov s uchetom osobennostey raboty na marshrute [Methodical basis for adjusting the standards for operating costs of city buses taking into account the specifics of work on the route] *Extended abstract of candidate's thesis. Moskva: MADI (TU) [in Russian]*

Рудзінський В.В., Мельничук С.В., Шумляківський В.П., Рафальський А.І. Улучшение экологичности эксплуатации городского маршрутного автобуса путем оптимизации выбора его технических характеристик.

Городской маршрутный автобус является одним из существенных источников загрязнения окружающей среды городов. Абсолютно исправный автобус с опытным водителем за рулем может превышать нормируемые показатели вредных выбросов при несоответствии его технических характеристик условиям эксплуатации. Эксплуатационные условия работы автобуса на городском маршруте в общем можно охарактеризовать максимальной массовой нагрузкой, средней технической скоростью и ускорениями. Городские автобусы в часы «пик» работают с переполненным салоном (превышение номинальной массовой нагрузки). Во-вторых, при выборе автобуса не учитываются его силовые динамические качества. Предложена оценка вредных выбросов автобуса по его расходу топлива на участке маршрута или в целом. При этом при определении расхода топлива массовые нагрузки являются функцией напряжения действительного пассажиропотока, а техническая скорость является интегрированной эксплуатационной характеристикой маршрута. Проведено сравнение экологичности

эксплуатируемых автобусов на маршрутах г. Житомира и рекомендованных автобусов с техническими характеристиками, которые соответствуют реальным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: автобус, городские пассажироперевозки, экологичность, техническая характеристика.

V. Rudzinskiy, S. Mel'nychuk, V. Shumliakivskiy, O. Rafal'skiy. The improvement of environmental friendly operation of the city route bus by optimizing the choice of its technical characteristics

A city route bus is one of the major sources of environmental pollution in cities. A technically sound bus with an experienced driver can still exceed the normalized indicators of air pollutants if the technical characteristics of the operating conditions are not met. Operating conditions of the bus on the city route in general can be characterized by maximum passenger load, average technical speed and acceleration. City buses work overcrowded during rush hours (exceeding the nominal passenger load). Secondly, when choosing a bus one does not take into account its power and dynamic characteristics. The estimation of exhaust and harmful emissions of a bus based on its fuel consumption on the whole route or its part was suggested. At the same time when determining the fuel consumption, the passenger load is a function of an actual passenger flow intensity, and the technical speed is one of integrated operational characteristics of the route. The ecological impacts of buses operating on the routes of Zhytomyr city and buses with recommended technical characteristics that reflect real operational conditions were compared.

Keywords: bus, urban passenger transportation, environmental friendly operation (ecological impacts), technical characteristics.

АВТОРИ:

РУДЗИНСЬКИЙ Володимир Васильович, доктор технічних наук, професор, науковий консультант, Науково-навчальний центр «Корбутівка», м.Житомир, e-mail: vladimirrudzinskiy@bigmir.net

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, директор, Науково-навчальний центр «Корбутівка», м.Житомир, e-mail: sergij.m@ukr.net

ШУМЛЯКІВСЬКИЙ Володимир Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Житомирський державний технологічний університет, e-mail: shumliakivskiy@gmail.com

РАФАЛЬСЬКИЙ Олексій Ігоревич, аспірант кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Житомирський державний технологічний університет, e-mail: lesha-rafa@meta.ua

АВТОРЫ:

РУДЗИНСКИЙ Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, научный консультант, Научно-учебный центр «Корбутовка», г.Житомир, e-mail: vladimirrudzinskiy@bigmir.net

МЕЛЬНИЧУК Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, директор, Научно-учебный центр «Корбутовка», г.Житомир, e-mail: sergij.m@ukr.net

ШУМЛЯКОВСКИЙ Владимир Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: shumliakivskiy@gmail.com

РАФАЛЬСКИЙ Алексей Игоревич, аспирант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Житомирский государственный технологический университет, e-mail: lesha-rafa@meta.ua

AUTHORS:

Volodymyr RUDZINSKYI, Doctor of Science in Engineering, Professor, scientific consultant, Scientific and Educational Center "Korbutovka", Zhytomyr, e-mail: vladimirrudzinskiy@bigmir.net

Sergej MEL'NYCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Head of Scientific and Educational Center "Korbutovka", Zhytomyr, e-mail: sergij.m@ukr.net

Volodymyr SHUMLIAKIVSKYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Zhytomyr State Technological University, e-mail: shumliakivskiy@gmail.com

Oleksyi RAFAL'SKYI, Assistant of Automobiles and Transport Technologies Department, Zhytomyr State Technological University, e-mail: lesha-rafa@meta.ua

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018р.

Рябушенко¹ О.В., Наглюк¹ І.С.

¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВПЛИВ ОБМЕЖЕННЯ ШВИДКОСТІ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В УМОВАХ ВЕЛИКОГО МІСТА

Досліджено швидкісний режим руху легкового автомобіля в умовах великого міста. Експериментальні дані були отримані в результаті обробки та аналізу GPS-треків автомобіля, що рухався в умовах м. Харкова із дотриманням практичних обмежень швидкості руху 60 км/год та 80 км/год. Це дозволило оцінити ступінь впливу обмежень швидкості на режим руху та такі показники ефективності дорожнього руху, як технічна швидкість та енергетичні показники.

Ключові слова: дорожній рух, обмеження швидкості, швидкість руху, технічна швидкість, шум прискорення.

Постановка проблеми.

Світовий досвід доводить, що одним із основних напрямків забезпечення якості організації дорожнього руху є впровадження ефективної системи управління швидкістю [1]. Найважливішим елементом цієї системи є раціональний вибір встановлених обмежень швидкості руху транспортних засобів.

З 2018 року набула чинності постанова Кабміну № 883 від 10.11.2017 щодо внесення зміни до Правил дорожнього руху, яка впровадила зменшення дозволеної швидкості руху в населених пунктах з 60 до 50 км/год. Також в планах Кабміну зменшення межі перевищення встановленої швидкості руху, за яке не передбачено адміністративної відповідальності (так звана «толерантність») з існуючих 20 км/год до 10% від величини обмеження швидкості [2]. Нажаль, задля обґрунтування доцільності таких змін не було проведено будь-якого техніко-економічного аналізу.

Якщо за основну мету нововведень мати наближення до стандартів ЄС, то слід зробити істотне зауваження. Для великих міст країн Західної Європи при загальному обмеженні швидкості руху 50 км/год характерним є наявність великої кількості зон з обмеженням швидкості 30 км/год та навіть 20 км/год. Але, за рахунок розвиненої мережі доріг з підвищеним швидкісним режимом, в цілому вдається досягти високих значень швидкості сполучення, в той час як у містах України магістральні вулиці та дороги безперервного руху відсутні. Тобто, в умовах України, зниження швидкісного режиму руху може негативно впливати на показники транспортного процесу перевезень.

Спираючись на вищезазначене, **метою роботи** було визначення впливу величини практичного обмеження швидкості руху автомобіля в умовах великого міста України на показники ефективності дорожнього руху.

Методика досліджень. В даний час з розвитком інформаційних технологій і технологій геопозиціонування для оцінки характеристик дорожнього руху можна використовувати метод аналізу GPS треків автомобілів. Використання даних GPS треків навігаційного обладнання транспортних засобів дозволяє здійснювати оцінку і контроль якості організації дорожнього руху в режимі реального часу і при цьому значно знизити трудомісткість досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста Харкова проводився аналіз GPS треків легкового автомобіля (седан класу В з двигуном робочим об'ємом 1,8 см³) при русі його в якості їздовий лабораторії в транспортному потоці. Для запису GPS треків використовувався навігатор марки Pioneer PI-5730 та програма GPS-позиціонування Navitel. Запис треків проводився в форматі *.gpx, для розкодування використовувалося програмне забезпечення GPS Track Editor.

В результаті отримувалася масив даних, де з інтервалом в одну секунду були записані такі параметри як: дата та час запису; час з моменту початку запису (гг:хв:сек); миттєва швидкість руху (км/год); відстань, пройдена за один шаг запису (м); накопичена відстань з моменту початку запису (км); лінійне прискорення (м/с²). Файл з даними експортувалися в формат *.exl для подальшої обробки.

Результати досліджень. В якості експериментальних були обрані три маршрути в межах міста Харкова, початковими і кінцевими точками яких були відповідно: перетин окружної автомобільної дороги і вулиці Проспект Московський на в'їзді в місто Харків, та Харківський національний автомобільно-дорожній університет (за адресою вулиця Ярослава Мудрого, 25). Таке розташування

кінцевих пунктів відповідає типовому маршруту трудової поїздки від периферійного району (селітебної зони) до центральної ділової частини міста та дозволяє дослідити режим руху автомобіля в різних частинах ВДМ міста. Проведення досліджень на трьох альтернативних маршрутах дозволяє зменшити вплив особливостей окремих ділянок ВДМ міста та підвищити достовірність отриманих результатів.



Рис. 1. Схема розташування експериментальних маршрутів на карті міста

За для забезпечення достовірності результатів за кожним з маршрутів було виконано не менше п'яти їздок в прямому та зворотному напрямку. Дослідження проводилися протягом жовтня, листопаду та грудня 2017 року у будні дні тижня у проміжку часу між 10.00 та 16.00 годинами. Автомобіль виконував не більше двох їздок (у прямому та зворотному напрямку) за день. Якщо в процесі руху виникали значні затримки руху з причин, не пов'язаних з організацією дорожнього руху (ДТП, проведення дорожніх робіт, тощо), результати цих їздок не враховувалися.

Рух за експериментальними маршрутами відбувався поперемінно у двох режимах:

- із дотриманням вимог Правил дорожнього руху щодо обмежень швидкості в межах населених пунктів 60 км/год («Режим 60»);
- з використанням «толерантності», тобто з дотриманням практичного обмеження швидкості 80 км/год («Режим 80»).

Окрім швидкісного режиму в процесі руху виконувалися всі вимоги Правил дорожнього руху стосовно правил маневрування, сигналів світлофора та надання переваги в русі.

Обсяг вибірки для першого режиму руху склав 16 їздок, для другого – 18 їздок. В результаті статистичної обробки були отримані середні значення технічної швидкості руху для двох варіантів практичного обмеження швидкості (табл. 2).

Таблиця 2. Результати аналізу масиву даних технічних швидкостей на маршрутах

Режим руху	«Режим 60»	«Режим 80»
Середнє	27,48	32,73
Медіана	28,10	32,84
Стандартне відхилення	3,57	5,04
Мінімум	21,77	22,90
Максимум	34,30	41,85
Рівень надійності (95,0%)	1,90	2,50

Таким чином, було встановлено, що для обраних експериментальних маршрутів при дотриманні вимог Правил (обмеження 60 км/год) середня технічна швидкість складала 27,5 км/год. У

разі використання толерантності (обмеження 80 км/год) середня технічна швидкість склала 32,7 км/год. Тобто, зменшення обмежень швидкості в межах міста на 20 км/год призводить до зменшення технічної швидкості на 5,2 км/год.

Наглядною характеристикою процесу руху автомобіля можуть бути графіки зміни швидкості в координатах відстані або часу руху. На рис. 2 у якості прикладу наведено графік зміни швидкості руху на початку маршруту №1 для двох режимів руху.

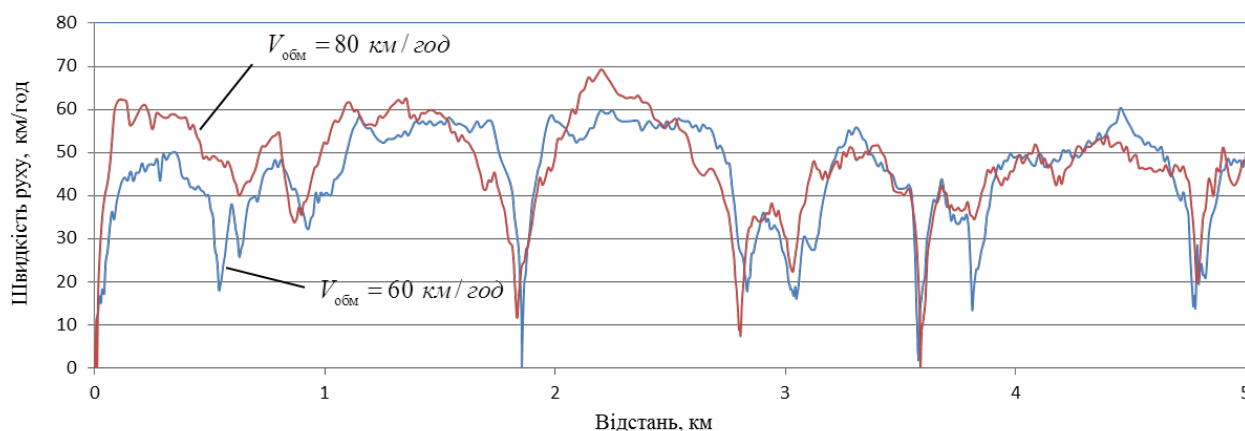


Рис. 2. Графік зміни швидкості руху автомобіля по довжині маршруту

Аналізуючи отримані графіки можна побачити, що під час руху автомобіля спостерігаються значні коливання швидкості руху, особливо в центральній частині міста. Також діаграми в координатах «відстань-швидкість», побудовані для більш коротких ділянок маршруту дозволяють виявити вузькі місця на ВДМ міста, де відбувається зниження швидкості руху транспортного потоку. Також можна побачити, що більш стабільним режим руху автомобіля є на периферійних районах міста, в той час як в межах центральній частині міста спостерігаються значні коливання швидкості.

Для оцінки якості дорожнього руху також широко застосовуються енергетичні критерії: шум прискорення, градієнт швидкості, градієнт енергії [3]. За зазначеними показниками оцінюють основні властивості дорожнього руху - стабільність режиму руху і затримки руху.

В результаті обробки даних GPS треків можна розрахувати важливі показники якості організації дорожнього руху в місті Харків. Перш за все, такі показники як швидкість сполучення, коефіцієнт використання швидкості, темп руху, питомий час в русі, питомий час простою, шум прискорення, градієнт швидкості, градієнт енергії. Середні значення показників за результатами 34-х їздок експериментального автомобіля для двох режимів руху за трьома маршрутами міста наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Порівняльні результати оцінки характеристик якості дорожнього руху в місті Харків

Назва критерію, та одиниці виміру	Розрахункова залежність	Позначення	Результати розрахунків	
			Режим 60	Режим 80
Швидкість сполучення, км/год	$V_c = \frac{60 \cdot \sum_{i=1}^n V_{ci}}{n}$	V_{ci} - швидкість сполучення для для i -го треку, км./год.; n - кількість треків.	27,5	32,7
Коефіцієнт використання швидкості	$K_v = \frac{V_c}{V_o}$	V_o - дозволена на швидкість, км/год.	0,44	0,56
Темп руху, хв./км	$T = \frac{1}{V_c}$	V_c - швидкість сполучення, км/год	2,18	1,74
Питомий час в русі, хв./км	$T_r = \frac{1}{V_r}$	V_r - середня швидкість у русі (швидкість руху не менша за 5 км/год), км/год	1,68	1,416

Продовження таблиці 3

Назва критерію, та одиниці виміру	Розрахункова залежність	Позначення	Результати розрахунків	
			Режим 60	Режим 80
Питомого часу простою, хв/км	$T_s = \frac{\sum t_s}{L_m}$	$\sum t_s$ - сумарна тривалість інтервалів простою, хв; L_m - довжина маршруту, км	0,57	0,34
Шум прискорення, м/с ²	$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{t_p} \cdot \int_0^{t_p} (j_i - \bar{j}_i)^2 dt}$	j_i - прискорення, м/с ² ; t_p - час руху, с; dt - проміжок часу між двома вимірами, с.	0,897	0,845
Гradient швидкості, с ⁻¹	$G_v = \frac{\sigma_a}{V_c}$	V_c - швидкість сполучення на маршруті, м/с.	0,0337	0,0247
Гradient енергії, м/с ²	$G_E = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (j_i \cdot V_i - \bar{j}_i \cdot \bar{V}_i)^2}$	$j_i \cdot V$ - твір прискорення та швидкість на маршруті, м ² /с ³ .	0,792	0,845

Результати розрахунків дозволяють стверджувати, що зниження практичного обмеження швидкості руху призводить до зниження таких показників якості організації дорожнього руху, як швидкість сполучення, коефіцієнт використання швидкості, темп руху, питомий час в русі а також енергетичних критеріїв. Це, в свою чергу, може впливати на показники транспортного процесу перевезень в межах міста. Питання про ступінь його впливу потребує подальших досліджень.

Висновки. За результатами експериментальних досліджень було встановлено, що зменшення практичного обмеження швидкості руху з 80 км/год до 60 км/год в межах міста призводить до зменшення технічної швидкості на 5,2 км/год. Також зменшуються такі показники якості дорожнього руху, як коефіцієнт використання швидкості, темп руху, час в русі, питомий час простою, шум прискорення, gradient швидкості, gradient енергії.

1. Управление скоростью: Руководство по безопасности дорожного движения для руководителей и специалистов / Женева, Глобальное партнерство дорожной безопасности, 2008. – 164 р.
2. Стратегія підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-p>
3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

REFERENCES

1. Speed control: Traffic Safety Manual for executives and epecialists. [Upravleniye skorostyu: Rukovodstvo po bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya dlya rukovoditeley i spetsialistov] (2008). Geneva, Global road safety partnership [in Russian]
2. Strategy for increasing the level of road safety in Ukraine up to 2020 [Stratehiia pidvyshchennia rivnia bezpeky dorozhnoho rukhu v Ukraini na period do 2020 roku]. (n.d.). [zakon2.rada.gov.ua](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-p). Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-p> [in Ukrainian].
3. Drew D. (1972). Traffic flow theory and control [Теория transportnykh potokov i upravleniye imi]. Donald R. Drew.: Transport [in Russian]

Рябушенко А.В., Наглюк І.С. Влияние ограничения скорости на показатели эффективности дорожного движения в условиях большого города.

Исследован скоростной режим движения легкового автомобиля в условиях большого города. Экспериментальные данные были получены в результате обработки и анализа GPS-треков автомобиля, который двигался в условиях г. Харькова с соблюдением практических ограничений скорости движения 60 км/ч и 80 км/ч. Это позволило оценить степень влияния ограничений скорости на режим движения и такие показатели эффективности дорожного движения, как техническая скорость и энергетические показатели.

Ключевые слова: дорожное движение, ограничение скорости, скорость движения, техническая скорость, шум ускорения.

Ryabushenko A., Naglyuk I. Effect of speed limits on traffic efficiency in a large city.

The speed mode of the car in a large city was investigated. The experimental data were obtained as a result of processing and analysis of the GPS tracks of the car, which moved in the conditions of Kharkov with observance of the practical speed limits of 60 kph and 80 kph. This allowed us to assess the degree of influence of speed limits on traffic conditions and traffic efficiency indicators, such as technical speed and energy indicators of traffic.

Keywords: traffic, speed limit, speed, technical speed, acceleration noise.

АВТОРИ:

РЯБУШЕНКО Олександр Васильович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Організації та безпеки дорожнього руху», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: ravussr79@gmail.com

НАГЛЮК Іван Сергійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Організації та безпеки дорожнього руху», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: isnagluk@ukr.net

АВТОРЫ:

РЯБУШЕНКО Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Организации и безопасности дорожного движения», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: ravussr79@gmail.com

НАГЛЮК Иван Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организации и безопасности дорожного движения», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: isnagluk@ukr.net

AUTHORS:

Oleksandr RIABUSHENKO, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Department of Organization and safety of traffic, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: ravussr79@gmail.com

Ivan NAHLIUK, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Department of Organization and safety of traffic, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: isnagluk@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 27.04.2018 р.

Сахно¹ В.П., Кузнєцов² Р.М., Стельмашук² В.В., Пазин² Р.В.

¹Національний транспортний університет

²Луцький національний технічний університет

МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПАМИ КАТЕГОРІЇ O₁, O₂

Показано, що для попередньої оцінки маневреності автопоїзд можливо розглядати на жорстких у бічному напрямку колесах. Встановлено, що маневреність автопоїзда з причепами категорії O₁ і O₂ з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчіпки, довжини днища причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається. Максимальна ГСР автопоїзда з причепом базою 9,0 м складає 7,0 м, що менше максимально допустимої за DIRECTIVE 2002/7/ЕС.

Ключові слова: автопоїзд, причіп, маневреність, зміщення, габаритна смуга руху, кут складання, траєкторія

Постановка проблеми. Автомобілебудування є галуззю, що визначає рівень економічного розвитку країни. Його продукція задовольняє найважливіші соціально-економічні потреби суспільства, забезпечує пересування товарів і населення, у значній мірі визначає розмір платоспроможного попиту, створюючи для споживача мотиви до розширення цього попиту за рахунок підвищення ділової активності і росту продуктивності праці. Розвиток виробництва і зв'язаної з розширенням масштабів використання автотранспортних засобів (АТЗ) й інфраструктури викликає ріст обсягу продукції у всіх галузях матеріального виробництва та у сфері платних послуг, сприяє підвищенню зайнятості населення.

Згідно з Законом України "Про дорожній рух" (ст. 29, 30) конструкція автомобільних причепів і напівпричепів (АПН) повинна відповідати вимогам чинних правил, нормативів і стандартів, тому вимоги, що наведені в цих статтях, є обов'язковими для (АПН), що проектуються, модернізуються або переобладнуються.

Причепи категорії O₁, – це причепа з повною масою до 0,75 т, а причепа категорії O₂ – ті самі причепа та напівпричепа (за винятком причепів категорії O₁) з повною масою до 3,5 т і базою причепа до 9,0 м [1]. Ці причепа призначені до транспортування, як правило, легковими автомобілями, вибір яких є актуальним для споживачів. Це стосується і причепів вантажних багатофункціональних (ПВБФ) [2].

Причепа вантажні багатофункціональні (ПВБФ) категорії O₁, O₂, оснащені одинарною або здвоєною віссю без гальм або з гальмами, призначені для транспортування побутових вантажів, туристських вантажів і обладнання, сільськогосподарської продукції, товарів народного споживання, нових або ушкоджених транспортних і спеціальних засобів і обладнання (легкових автомобілів, мікроавтобусів і фургонів, сільськогосподарської техніки, катерів, яхт, скутерів, човнів і т.і.), вантажів, які швидко псуються, по загальній шляховій мережі [2].

На причепах категорії O₁, O₂ застосовують основні комплектуючі вироби (ходова і гальмова системи, зчіпні пристрої, стоянкові стояки, лебідки, елементна база закріплення бортів та дверей і т.і.) виробництва фірм «Knott» [3], «AI-Ко Kober» [3], «Reynolds transport systems (Europe)», «Aluvan» [4] та ін.

Причіпи пристосовані до буксирування легковими, вантажними і вантажопасажирськими малотонажними автомобілями, мікроавтобусами, які обладнані тягово-зчіпними пристроями кульового типу по ГОСТ 28248, ОСТ 37.001.096 і виводом електричного струму по ГОСТ 9200 [5].

На автомобілях встановлюється тягово-зчіпний пристрій, в якому стандартними є тільки зчіпна куля і розетка.

Номинальне вертикальне навантаження на зчіпну головку пристрою складає 35...55 кг для одновісних причепів повною масою до 850 кг і 55...95 кг для причепів із спареною віссю і повною масою до 1400 кг [5].

Урахувати усі особливості конструювальних схем причіпних автопоїздів категорії O₁, O₂ не представляється можливим, у зв'язку зі зміною їх параметрів в широких межах, що потребує великої кількості проміжних розрахунків. Сьогодні як в країнах Європи, так і в Україні значного поширення

отримали причепа категорії O_1, O_2 таких відомих виробників причіпної техніки як Fliegl, Kögel, Krone і Schmith.

У роботі [6] встановлено, що положення точки зчипки на автомобілі-тягачі значно впливає на стійкість автопоїзда. Наведені рекомендації щодо вибору значень геометричних параметрів представлених у безрозмірних величинах.

Для причепів категорії O_1 , що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами як по дорогам загального користування, так і міських умовах питання маневреності і стійкості залишаються актуальними.

У зв'язку з цим **метою роботи** є підвищення показників маневреності автопоїзда з причепами категорії O_1, O_2 за рахунок вибору раціональних компоновальних і масових параметрів окремих ланок.

Аналіз публікацій. У загальному випадку криволінійного руху автопоїзда, коли має місце взаємне кутове переміщення тягача і напівпричепа, їх миттєві центри обертання не співпадають. Аналіз спільної кінематики тягача і напівпричепа будується на тому, що точка зчеплення належить одночасно як тягачу, так і напівпричепу. Для розв'язання питання про вписуваність автопоїзда у поворот необхідно визначити траєкторію напівпричепа по заданій траєкторії автомобіля-тягача. Цього можна досягнути використанням повної системи динамічних рівнянь руху автопоїзда. Однак аналіз початкових нелінійних рівнянь при цьому можливий лише чисельним інтегруванням, що в значній мірі знижує ефективність підходу. Результати, що отримані на його основі, незважаючи на відносно високу точність, мають частковий характер, не допускають узагальнень і виявлень загальних тенденцій. Тому задачею кожного дослідження є розумне спрощення як моделі, так і динамічних рівнянь автопоїзда для визначення як показників маневреності, так і стійкості руху.

Для причепів категорії O_1, O_2 , що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами, важливим є забезпечення необхідних показників маневреності і стійкості при русі в різноманітних дорожніх умовах.

Маневреністю АТЗ називають сукупність таких властивостей, які забезпечують безперешкодний рух їх по опорній поверхні, яка має обмеження як за площею, так і за формою [7]. Такими обмеженнями при русі АТЗ можуть бути просторові, що зв'язані з довжиною і висотою транспортного засобу, а також обмеження за формою і розмірами дорожнього полотна, яка слугує опорною поверхнею для кочення коліс його ланок.

При русі автопоїзда всі його точки здійснюють поступальне переміщення своїми траєкторіями, що у співкупності утворюють габаритну смугу руху, яку визначити теоретично досить складно і неможливо оцінити невеликим числом параметрів. Тому для оцінки маневреності використовують такі вимірювачі і характеристики [7-10]: мінімальний і максимальний габаритні радіуси повороту, параметр маневреності при круговому русі, поворотна ширина по сліду коліс, габаритна смуга руху (ГСР), апроксимована ГСР, концентрична апроксимована ГСР, чинник і показник маневреності, під яким розуміється ступінь зсуву траєкторії руху веденої ланки автопоїзда відносно ведучої.

За відомим показником маневреності і заданими геометричними параметрами автопоїзда можуть бути визначені всі інші вимірювачі маневреності, тому що усі вони визначаються параметрами криволінійного руху автопоїзда. Серед них нормованими є мінімальні зовнішній і внутрішній габаритні радіуси повороту автопоїзда, що не повинні перевищувати 12,5 м і 5,3 м, відповідно і габаритну смугу руху (ГСР) – 7,2 м [11].

Задовільна маневреність автопоїзда виражається в можливості його вписування в усі повороти, що зустрічаються на маршрутах руху, і маневрування (можливість здійснювати повороти й у разі потреби рухатися заднім ходом) у пунктах навантаження і розвантаження [10].

Таким чином, для визначення ступеня пристосованості конкретного автопоїзда до конкретних умов експлуатації за маневреністю необхідно вивчити передбачувані маршрути руху, розрахувати або експериментально визначити значення показників маневреності і шляхом зіставлення з необхідними значеннями, установленними з аналізу реальних маршрутів, судити про відповідність досягнутого рівня маневреності необхідному.

У випадку невідповідності цих рівнів повинні бути розроблені заходи або рекомендації, при реалізації яких ця невідповідність усувається. При проектуванні нових автопоїздів ці рекомендації і заходи повинні враховуватися заздалегідь [10].

Показники маневреності автопоїздів можна визначити як аналітично, так і експериментально. Заслужують на увагу результати експериментальних досліджень маневреності автопоїздів, достовірність яких не викликає сумнівів.

Автопоїзди з причепами категорії O_1 і O_2 мають дещо більшу ширину коридору, необхідного для повороту на 180° , як відповідні базові автомобілі-тягачі.

Розрахункові дослідження дозволили виявити вплив різних конструктивних параметрів автопоїздів на величину максимальної ширини ГСР. Аналіз результатів досліджень [20] дозволяє зробити висновок, що на підвищенні маневреності сприятливо позначається зменшення довжини дишла і бази причепів. Позитивно впливає на величину ГСР збільшення виносу тягово-зчіпного пристрою. Це, однак, приводить до росту габаритної довжини АТЗ.

На форму і розміри ГСР істотно впливають параметри, що визначають режим повороту – кутова швидкість повороту керованих коліс автомобіля-тягача і швидкість його поступального руху. Аналіз експериментальних залежностей $\theta=f(t)$ [8] дозволяє зробити висновок про те, що ці залежності можна вважати лінійними на кожній з чотирьох характерних ділянок, умовно названих ділянками входу в поворот ($\theta \neq \text{const}$), кругового руху ($\theta = \text{const}$), виходу з повороту ($\theta \neq \text{const}$), витягування ланок автопоїзда в прямолінійне положення ($\theta = 0$). Погрішність при лінеаризації залежності $\theta=f(t)$ складає до 9% на вході в поворот, до 11% на виході з повороту, до 3% на круговій ділянці.

ГСР автопоїзда на повороті, що залежить від розміру зсуву ланок автопоїзда, може бути визначена графічним, аналітичним і ін. методами. При цьому важливим є те, що для попередньої оцінки маневреності автопоїзда можна застосовувати моделі автомобіля-тягача і причепа на жорстких у бічному напрямку колесах. Така постановка задачі спростовує математичний апарат для оцінки результатів дослідження маневреності автопоїзда і похибка результатів дослідження не перевищує 10...12% [9, 12].

Результати досліджень. При виконанні будь-якого повороту визначають головну траєкторію транспортного засобу, якою є траєкторія головної точки M його ведучої ланки, тобто середини ведучого моста. Поздовжня вісь автомобіля-тягача, як і будь-якої елементарної кінематичної ланки, направлена по дотичній до головної траєкторії саме в цій точці. Якщо причіп або напівпричіп є також ланками першого роду, то за головну точку M приймається деяка точка, що лежить точно посередині між ходовим осями візка [37]. Траєкторія кожної ланки автопоїзда визначається траєкторією її головної точки, тобто при розгляді питань кінематики повороту автопоїзда з двовісним причепом його можна звести до одновісного причепа, так як характерна точка причепа розташовується посередині між суміжними осями.

Знаючи траєкторії кожної ланки, можна визначити характер руху і розташування на дорозі автопоїзда в цілому. Однак з усіх траєкторій автопоїзда одна є головною, що визначає характер його руху і повністю залежить від водія, який управляє автопоїздом, керуючись обставинами на дорозі – головна траєкторія автопоїзда.

Згідно теореми про складання обертання фігури навколо паралельних осей, складний криволінійний рух твердого тіла складається з абсолютного руху в нерухомій (абсолютній) системі координат, відносного руху по відношенню до спряженого з ним ведучого твердого тіла і переносного руху останнього.

Розглянемо рух ланок автопоїзда (рис. 1), що складається з двовісного автомобіля-тягача і двовісного причепа (двовісний причіп з наближеними осями при розгляді кінематики повороту автопоїзда приводиться до одновісного, причому вісь причепа розташовується посередині між осми двовісного причепа), що має неповоротну ходову вісь і винос c_0 точки зчіпки тягача з причепом O'_0 , через що виникає кут α_0 . Поздовжні осі автомобіля-тягача і причепа повернуті по відношенню до вихідного прямолінійного положення вздовж осі x відповідно на кути ψ_0 і ψ_1 .

Запишемо диференціальне рівняння для кута складання φ_1 . Отримаємо [9]:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{d\psi_0}{dt} - \frac{d\psi_1}{dt} = \omega_0 - \omega_1. \quad (1)$$

Записане рівняння (1) дає можливість отримати значення кута складання в залежності від конструктивно-геометричних факторів і режиму руху автопоїзда. Для цього необхідно розгорнути рівняння (1) і визначити співвідношення $O_0O'_0/O_1O'_0$.

Згідно до схеми криволінійного руху автопоїзда (рис. 1) маємо:

Але з трикутника O_0MA можна отримати вираз:

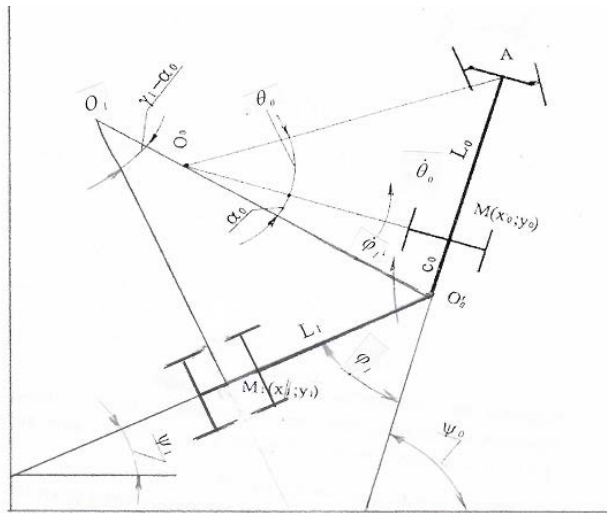


Рисунок 1 – Схема криволінійного руху автомобіля і причепа

$$\frac{L_0}{O_0M} = \operatorname{tg}(\theta) \Rightarrow O_0M = \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta)}, \quad (3)$$

$$\overline{O_0O'_0} = \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)}. \quad (4)$$

Тоді з трикутника $O_1O'_0M_1$ отримуємо:

$$\overline{O_1O'_1} = \frac{L_1}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}, \quad (5)$$

$$\frac{\overline{O_1M_1}}{\sin(\pi/2 - \varphi_1 + \alpha_0)} = \frac{L_1}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)},$$

$$\overline{O_1M_1} = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \alpha_0)}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}. \quad (6)$$

Згідно отриманих рівнянь невідомим залишається ще значення вектору $O_1O'_1$. Його значення знайдемо з трикутника $O_1O'_1M_1$:

$$\overline{O_1O'_1} = \frac{\overline{O_1M_1}}{\cos \alpha_1}, \quad (7)$$

Після підстановки виразу (6) у (7) отримаємо:

$$\overline{O_1O'_1} = \frac{L_1 \cdot \cos(\varphi_1 - \alpha_0)}{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}. \quad (8)$$

Тепер, рівняння (1) можливо переписати у розгорнутому вигляді:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \omega_0 \left(1 - \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \quad (9)$$

Отримане рівняння описує залежність кута складання автопоїзда для різних стадій його повороту. Для його практичного застосування необхідно виконати ще ряд перетворень.

Отже, якщо прийняти, що точка O'_0 рухається зі сталою швидкістю V_0 , то, відповідно, усі точки автомобіля-тягача обертаються навколо миттєвого центра швидкостей O_0 з кутовою швидкістю ω_0 , яка в свою чергу може бути знайдена:

$$\omega_0 = \frac{V_0}{O_0M} = \frac{V_0 \cdot \operatorname{tg}(\theta)}{L_0}. \quad (10)$$

Тоді причіпна ланка обертається навколо миттєвого центра швидкостей O_1 з кутовою швидкістю ω_1 :

$$\omega_1 = \frac{\omega_0 \cdot \overline{O'_0O_0}}{O_1O'_0} = \frac{V_0 \cdot \sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1 \cdot \cos(\alpha_0)}. \quad (11)$$

Тепер диференціальне рівняння можна представити у вигляді:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{V_0 \cdot \operatorname{tg}(\theta)}{L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \quad (12)$$

Але у лівій частині рівнянь присутній вираз dt , що є не зручним для використання, тому перепишемо його інакше. Відомо, що $\theta = K_{\Pi} \cdot V_0 \cdot t$. Тоді, якщо швидкість залишається незмінною,

$d\theta = K_{\Pi} \cdot V_0 \cdot dt$. Звідси маємо:

$$\frac{d\varphi_1}{d\theta} = \frac{\operatorname{tg}(\theta)}{K_{\Pi} \cdot L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{\operatorname{tg}(\theta) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\varphi_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \quad (13)$$

Так як кут складання ланок є функцією від кута повороту керованих коліс автомобіля-тягача

($\varphi_1 = f(\theta)$), то траєкторії руху головної точки причіпної ланки необхідно будувати в залежності від руху головної точки автомобіля-тягача. Так, згідно схеми (рис. 1) траєкторію руху головної точки доцільно будувати за двома координатами [12]. Зважаючи на те, що траєкторія головної точки автомобіля-тягача позначається як x_0 та y_0 , то траєкторію точки M_1 позначатимемо як x_1 , y_1 .

Тоді отримуємо такі залежності [12]:

$$x_1 = x_0 - c_0 \cdot \cos(\delta_0) - L_1 \cdot \cos(\delta_0 - \gamma_1), \quad (14)$$

$$y_1 = y_0 - c_0 \cdot \sin(\delta_0) - L_1 \cdot \sin(\delta_0 - \gamma_1), \quad (15)$$

де δ_0 – кут нахилу дотичної до траєкторії головної точки автомобіля-тягача;

γ_1 – кут складання автопоїзда;

c_0 – відстань від головної точки автомобіля-тягача до точки зчипки з причіпною ланкою.

Розглядаючи автомобіль як плаский прямокутник [12] (рис. 2), можна визначати розташування будь-якої точки в його межах за двома “координатами”: відстанню від цієї точки до головної точки M уздовж поздовжньої осі зі знаком “+”, якщо точка розташована спереду за напрямком руху, і зі знаком “-” – якщо точка розташована позаду.

Ця відстань буде позначатися через l_i . Другою “координатою” буде відстань від заданої точки до поздовжньої осі автомобіля по перпендикуляру, що опущений з неї на цю вісь.

Розглянемо три можливі випадки руху:

- прямолінійний, коли всі точки автомобіля рухаються траєкторіями, що паралельні траєкторії головної точки М;

- круговий, коли всі точки рухаються по дузі кола з центром в точці С і радіусом головної точки R_0 . Зважаючи на те, що усі точки автомобіля рухаються по концентричним дугам кіл, простіше за все визначати не координати заданої точки, а її радіус:

$$\rho_i = \sqrt{(R_0 + b_i)^2 + l_i^2} . \tag{16}$$

- по перехідній криволінійній траєкторії. Координати будь-якої точки причепа визначаються як:

$$x_i = x_0 \pm l_i \cdot \cos(\delta_0) \pm b_i \cdot \sin(\delta_0) , \tag{17}$$

$$y_i = y_0 \pm l_i \cdot \sin(\delta_0) \pm b_i \cdot \cos(\delta_0) . \tag{18}$$

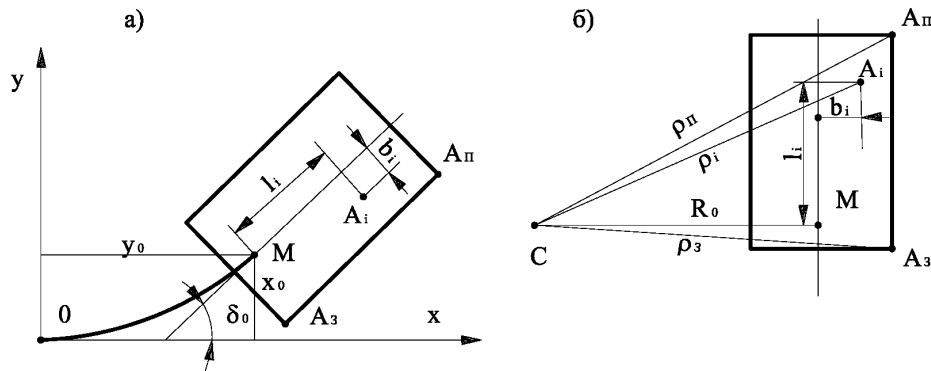


Рисунок 2– Схеми до визначення радіусів і координат траєкторії будь-якої точки автомобіля [12]: а – на вході в поворот; б – при русі по дузі кола

При аналізі маневрових властивостей автопоїзда практичне значення мають лише траєкторії його габаритних точок. Так для побудови габаритної смуги руху автопоїзда необхідно лише побудувати траєкторії руху таких двох точок, які рухаються по дугам кіл найбільшого $R_{зг}$ і $R_{вг}$ найменшого радіусів, рис.3.

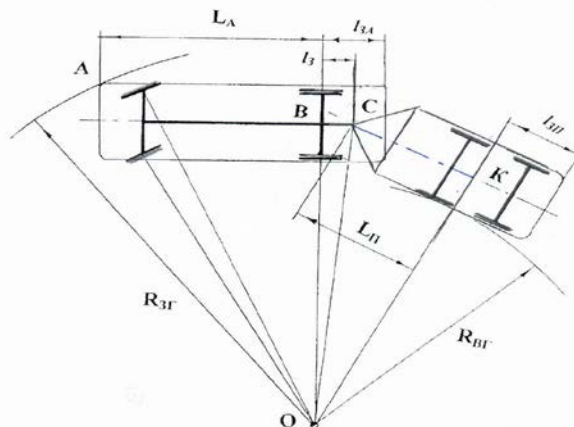
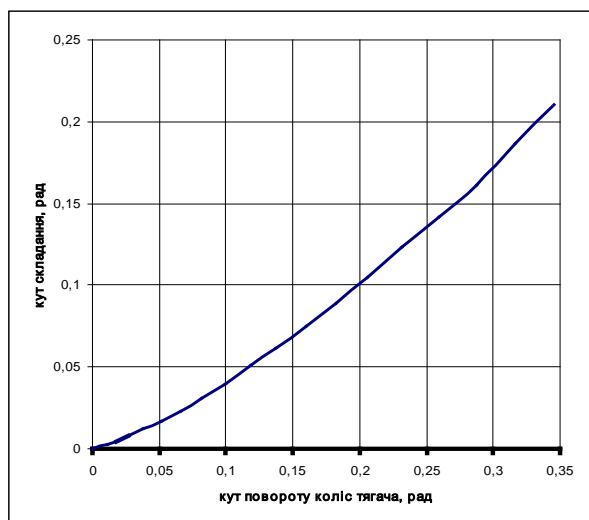


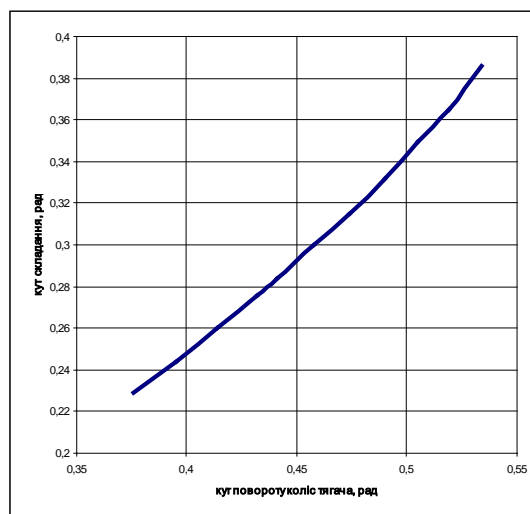
Рисунок 3 – До визначення ГСР автопоїзда

Із застосуванням розробленої методики з використанням програмного забезпечення Mathcad були визначені кути складання та зміщення траєкторій головної точки причіпної ланки. Розрахунки були виконані для автопоїзда у складі автомобіля-тягача Mercedes-Benz T1N “Sprinter” і причепа ПВБФ 15, коротка технічна характеристика яких наведена у табл. 1.

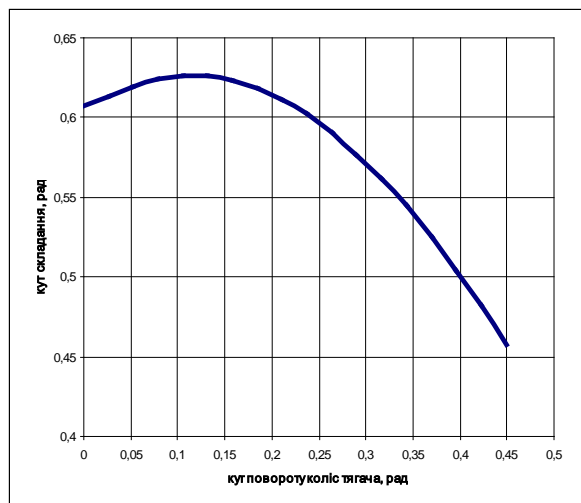
На рис. 4 у якості прикладу наведені результати розрахунків кута складання автопоїзда з базовими конструктивними параметрами тягача і причепа для різних стадій повороту, а на рис. 5 – зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії автомобіля-тягача в залежності від радіуса повороту.



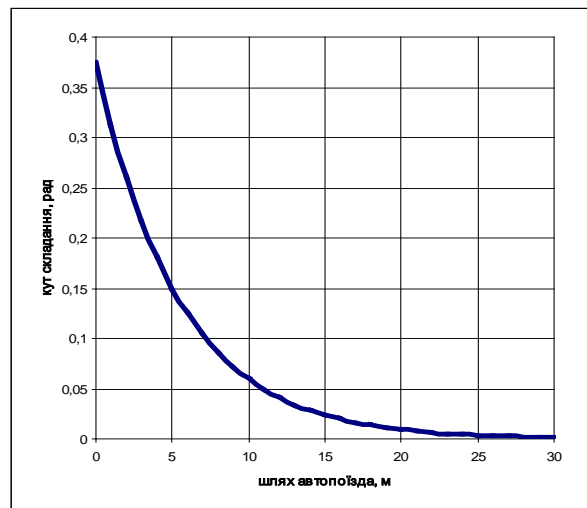
а)



б)



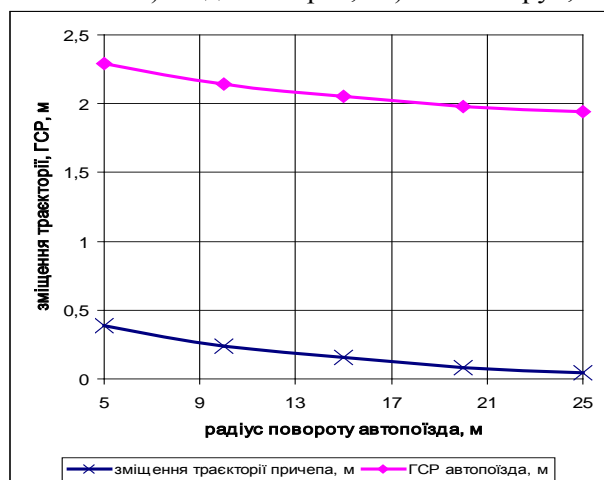
в)



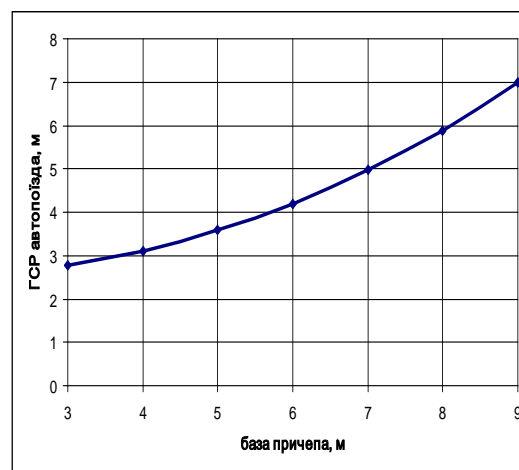
г)

Рисунок 4 – Залежність кута складання автопоїзда для різних стадій повороту:

а) вхід в поворот; б) коловий рух; г) вихід із повороту; д) прямолінійний рух



а)



б)

Рисунок 5 – Зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії тягача і ГСР автопоїзда за колового руху для різних радіусів повороту (а) і різної бази причепа (б)

Таблиця 1 – Коротка технічна характеристика автопоїзда

Показник	Значення
Автомобіль	Mercedes-Benz T1N "Sprinter"
Повна маса, кг	3500
База, м	3,550
Відстань від передньої осі до центру мас, м	1,90
Відстань від задньої осі до центру мас, м	1,65
Відстань від точки зчипки до задньої осі, м	0,80
Габаритна довжина, м	5,64
Ширина, м	1,9
Причіп	ПВБФ 15
Повна маса, кг	2800
База, м	3,0...5,5 (3,0)
Відстань від передньої осі до центру мас, м	1,55...2,80
Відстань від задньої осі до центру мас, м	1,45... 2,70
Довжина дишля, м	1,1
Габаритна довжина платформи, м	6,5...9,5 (6,5)
Ширина, м	1,9

*Примітка. У дужках наведені значення базового варіанту.

Аналіз результатів розрахунків показав:

- поворот обох елементарних кінематичних ланок здійснюється на першій стадії послідовно, причому причіпна ланка забігає більш інтенсивно у внутрішню сторону повороту, збільшуючи кут складання. Аналогічні змінюються і швидкості обертання ланок причіпного автопоїзда незалежно від режиму його повороту. Співвідношення кутів θ і φ_1 в кінці першої стадії повороту складає біля 0,5;

- кут складання суттєво залежить від режиму криволінійного руху автопоїзда. Зі зменшенням режимного коефіцієнта повороту зменшується і кут складання ланок автопоїзда φ_1 при одному і тому ж значенні приведенного кута повороту γ_0 керованих коліс автомобіля-тягача, так як автопоїзд займає при цьому менш "складене" положення;

- при односторонньому повороті траєкторія причіпної ланки зміщується по відношенню до траєкторії автомобіля-тягача до центра повороту, збільшуючи при цьому габаритну смугу руху, причому зміщення траєкторій і ГСР збільшуються зі зменшенням радіусу повороту автопоїзда, рис. 2.8;

- нормоване значення габаритної смуги руху за реальних конструктивних параметрів автопоїзда з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчипки, довжини дишля причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається.

Висновки. Встановлено, що маневреність автопоїзда з причепами категорії O_1 і O_2 з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчипки, довжини дишля причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається. Максимальна ГСР автопоїзда з причепом базою 9,0 м складає 7,0 м, що менше максимально допустимої за DIRECTIVE 2002/7/EC.

1. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорії M, N і O стосовно гальмування (Правила ЕЭК ООН № 13-09:2000, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. – [Чинне від 2003-01-01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 180 с.

2. Стельмашук В.В. До питання комплектації автопоїзда з причепом категорії O_2 /В.В.Стельмашук, Р.В.Пазин //Науковий журнал //Вісник Машинобудування та транспорту. Вінниця, 2016 - № 2. – С. 97-105.

3. Інформаційні матеріали фірми «AL-KO KOBER», Каталог, 1998.–95 с.: ілюстр.

4. Волгин В.В. Прицепы к легковым автомобилям /В.В.Волгин. – М.: Астрель, 2005. – 89 с.

5. ОСТ 37.002.220-93. Караваны и лёгкие прицепы. Параметры, размеры. Общие технические требования.

6. Тімков О.М. Поліпшення показників маневреності та стійкості автопоїздів з наближеними осями причепа/Автор... дис. канд. техн. наук. – К.: Національний транспортний університет.–2005.–20 с.

7. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. – М.:Транспорт, 1967. - 225 с.

8. Фаробин Я.Е., Шупляков В.С. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок. – М.: Транспорт. 1983. - 200 с.

9. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. – М.: Транспорт, 1986. - 137 с.

10. Фаробин Я.Е., Якобашвили А.М., Иванов А.М. и др. Трехзвенные автопоезда // *Машиностроение*, 1993, - 224 с.
11. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // *Official Journal of the European Communities*. – 2002. – No L67/47-49.
12. Сахно В.П. Маневреність триланкових автопоїздів /В.П.Сахно, І.Ф. Вороніна, С.С.Углярниція, В.В. Стельмашук // *Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ЦНЦ ТАУ*. –2004. Окремий випуск №7. С.118-124

REFERENCES

1. Yedyni tekhnichni prypysy shchodo ofitsynoho zatverdzhennya dorozhnikh transportnykh zasobiv katehoriyi M, N i O stosovno hal'muvannya (2003) [Uniform technical prescriptions concerning the approval of motor vehicles of categories M, N and O with respect to braking] (*UNECE Regulation No. 13-09: 2000, IDT*): *DSTU UN / ECE R 13-09: 2002*. - К.: *State Committee of Ukraine for Technical Regulation and Consumer Policy*. - 180. [in Ukrainian].
2. Stelmashchuk V.V. & Pazin R.V. (2016) Do pytannya komplektatsiyi avtopoyizda z prychemom katehoriyi O2 [On the issue of a complete set of auto-trains with a trailer of the category O2] // *Scientific Journal // Journal of Mechanical Engineering and Transport. Vinnytsya, No. 2*. - 97-105 [in Ukrainian].
3. Informatsiyini materialy firmy «AL-KO KOBER» (1998) [Information materials of the company "AL-KO KOBER"], *Catalog*, -95 с.: Illustration [in Ukrainian].
4. Volgin V.V. Prytsepy k lehkovym avtomobylyam (2005) [Trailers for passenger cars] / Moscow: *Astrel*, - 89 [in Russian].
5. OST 37.002.220-93. Karavany y ljkhye prytsepy. Parametry, razmery. Obshchye tekhnicheskiye trebovaniya. [Caravans and light trailers. Parameters, sizes. General technical requirements] [in Russian].
6. Timkov O.M. Polipshennya pokaznykiv manevrenosti ta stiykosti avtopoyizdiv z nablyzhenymy osyamy prycheпа (2005) [Improvement of indicators of maneuverability and stability of trains with approximated trailer axles] *Author . dis. cand. tech sciences - K.: National Transport University*. – 20 [in Ukrainian].
7. Zakin Y.H. Prykladnaya teoryya dvyzheniya avtopoezda (1967) [Applied theory of the movement of an automobile train.] - М.: *Transport*, 225 [in Russian].
8. Fahrobin Y.E & V.C. Shchuplyakov -. Otsenka йkspluatatsyonnykh svoystv avtopoezdov dlya mezhdunarodnykh perevozk (1983) [Estimation of operational characteristics of road trains for international transportation] *M.: Transport*. – 200 [in Russian].
9. Zakin Y.H. Manevrennost' avtomobylya y avtopoezda (1986) [Maneuverability of the car and truck]. - М.: *Transport*, - 137 [in Russian].
10. Fahrobin Ya.E. Yakobashvili A.M. Ivanov A.M. (1993) Trekhzvennye avtopoezda [Three-Way Trains], *Mechanical Engineering*, - 224 [in Russian].
11. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // *Official Journal of the European Communities*. – 2002. – No L67/47-49 [in English].
12. Sakhno V.P. Voronina I.F., Uglarynica S.S., Stelmashchuk V.V. Manevrenist' trylankovykh avtopoyizdiv (2004) [Maneuverability of three-axle road trains], *Autoroad-worker of Ukraine. Separate issue. An announcer CNC TAU*. – *Separate issue №7*, 118-124 [in Ukrainian].

Сахно В.П., Кузнецов Р.М., Стельмашук В.В., Пазин Р.В. Маневренность автопоезда с прицепами категории O₁, O₂. Показано, что для предварительной оценки маневренности автопоезда можно рассматривать на жестких в боковом направлении колесах. Встановлено, что маневренность автопоезда с прицепами категории O₁ и O₂ с учетом всех его возможных ограничений (базы автомобиля-тягача, размещения точки соединения, длины дышла прицепа, базы прицепа) может обеспечить рассматриваемый автопоезд. Максимальная ширина габаритной полосы движения автопоезда с прицепом базой 9,0 м составляет 7,0 м, что меньше максимально допустимой по DIRECTIVE 2002/7/EC.

Ключевые слова: автопоезд, прицеп, маневренность, смещение, габаритная полоса движения, угол складывания, траектория.

V.Sakhno, R. Kuznetsov, V.Stelmashchuk, R.Pazin. Maneuverability of the road train with trailers of category O₁, O₂. It is shown that for the preliminary evaluation of maneuverability the road train can be considered on the laterally rigid wheels. It was established that the maneuverability of the road train with trailers of categories O₁ and O₂, taking into account all its possible limitations (the base of the tractor vehicle, the location of the connection point, the length of the trailer drawbar, the trailer base) can be provided by the road train in question. The maximum width of the overall lane of a road train with a trailer of 9.0 m is 7.0 m, which is less than the maximum allowable for DIRECTIVE 2002/7 / EC.

Keywords: road train, trailer, maneuverability, displacement, overall lane, folding angle, trajectory.

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

КУЗНЕЦОВ Руслан Михайлович, кандидат технічних наук, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: kuzyapost@gmail.com

СТЕЛЬМАЩУК Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

ПАЗИН Роман Васильович, аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцький НТУ, e-mail: rudi9101@gmail.com

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

КУЗНЕЦОВ Руслан Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: kuzyapost@gmail.com

СТЕЛЬМАЩУК Валерий Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

ПАЗИН Роман Васильевич, аспирант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: rudi9101@gmail.com

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Ruslan KUZNETSOV, Ph.D., Professor, Department of Automobile and Transport Technologies, Lutsk NTU, e-mail: kuzyapost@gmail.com

Valeriy STELMASHCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

Roman PAZIN, Postgraduate Student of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: rudi9101@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 28.04.2008 р.

Сітовський¹ О.П., Дембіцький¹ В.М., Мазилюк П.В.,¹ Медведєв І.І.¹
¹ Луцький національний технічний університет**ОЦІНКА ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ У ЇЗДОВОМУ ЦИКЛІ ПРИВЕДЕНОМУ ДО РЕАЛЬНИХ УМОВ РУХУ**

Проведено визначення витрати палива автобусом у міському їздовому циклі та запропонованому їздовому циклі, адаптованому до реальних умов руху в Луцьк. Розбіжність результатів витрати палива за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 становить 46 %, розбіжність результатів витрати палива, за запропонованим міським їздовим циклом становить 9 %, порівняно з реальною витратою палива автобусами. Таким чином підтверджено відповідність експериментального їздового циклу реальним умовам експлуатації.

Ключові слова: автобус, маршрут, їздовий цикл, витрата палива, режим руху.

Вступ. З метою визначення показників паливної економічності легкових автомобілів, витрати палива, розроблені різні методики, їздові цикли та тести. Наприклад: в США діє стандарт FTP 75, у Японії JC08B, а у Європі діє європейський їздовий цикл (NEDC). Усі ці методики різні за програмами випробувань, режимами роботи двигуна та використанням вимірювальної апаратури. Так, наприклад, у роботі [1] порівнювалися викиди автобусів, обладнаних дизельними, газовими двигунами та гібридним приводом, при цьому застосовано їздовий цикл UDDS. Цикл UDDS (рисунок 1) рекомендований асоціацією автомобільних інженерів (SAE) [2] для важких транспортних засобів, однак він здебільшого враховує рух автомобіля в умовах міста (перехрестя, світлофори), однак практично не враховує зупинки для посадки – висадки пасажирів.

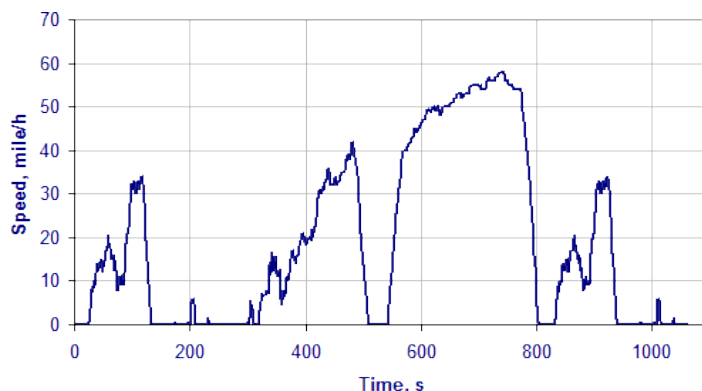


Рис. 1 – Міський їздовий цикл UDDS для важких транспортних засобів [3]

Аналіз їздового циклу UDDS показує, що він також не може застосовуватися під час дослідження руху автобусів на міських маршрутах, оскільки цей цикл має дещо завищені швидкості руху і більш придатний для вантажних автомобілів. Для досліджень гібридних транспортних засобів цикл UDDS взагалі не придатний тому, що режими сповільнення досить стрімкі і не враховують процес гальмування двигуном.

Таким чином, можна констатувати, що на даний момент відсутній єдиний підхід до визначення показників паливної економічності, екологічності, витрати електричної енергії автобусів, які рухаються міськими маршрутами.

Актуальність досліджень. Аналіз літературних джерел свідчить про значний інтерес вчених та науковців до вирішення проблеми визначення витрати палива транспортними засобами. У роботі [4] наведено результати моделювання руху легкового автомобіля по магістральному їздовому циклу відповідно до ГОСТ Р 54810-2011 [5]. У роботах [6, 7] наведено моделі для визначення показників паливної економічності автомобілів при використанні двигунів різної потужності. Проведені дослідження також базуються на використанні стандартизованих їздових циклів.

Досить детальний огляд існуючих їздових циклів легкових автомобілів та результати аналізу критеріїв оцінки їздового циклу наведено у роботі [8].

У роботі [9] запропоновано уточнену математична модель для визначення показників паливної економічності легкових автомобілів з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу.

Разом з тим, якщо розглядати автобуси, то тут відмічається проблема щодо визначення витрати палива, яка зумовлена відсутністю стандартизованого їздового циклу. Вченими Національного університету “Львівська політехніка” проведено значну роботу щодо встановлення єдиного їздового циклу руху міських автобусів та визначення їх витрати палива [10, 11]. Однак детальне вивчення цього питання вказує на необхідність визначення витрати палива автобуса відповідно до реальних режимів руху [12].

Метою роботи є визначення витрати палива автобуса, який рухається встановленими маршрутами міста з використанням експериментального та стандартизованого циклів руху.

Для визначення витрати палива автобуса за основу взято стандартизований міський їздовий цикл, згідно ГОСТ 20306 [13] та їздовий цикл запропонований науковцями Луцького НТУ, який наведено на рисунку 2. Запропонований їздовий цикл відповідає реальним режимам руху у містах населенням 150...250 тис. осіб.

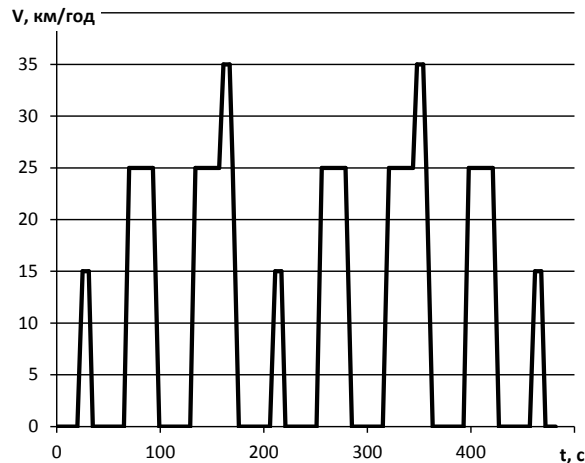


Рис. 2 – Пропонований міський їздовий цикл для автобусів

Характеристики запропонованого їздового циклу: тривалість циклу – 482 с, протяжність циклу – 1120,4 м, технічна швидкість руху – 19,6 км/год, експлуатаційна швидкість руху – 8,3 км/год.

Результати досліджень. Розрахунок витрати палива здійснено за методикою наведеною у [14]. Під час розрахунків прийнято ряд спрощень, а саме: не враховано витрату палива в момент буксування зчеплення, у відповідності до вимог ГОСТ 20306 під час гальмування двигуном в режимі примусового холостого ходу витрата палива рівна 0, моменти переключення передач вибрано у відповідності до тягового розрахунку транспортного засобу.

Результати розрахунків щодо визначення витрати палива автобусом Богдан А 092 за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 та за запропонованим експериментальним їздовим циклом наведено на рисунках 3 та 4.

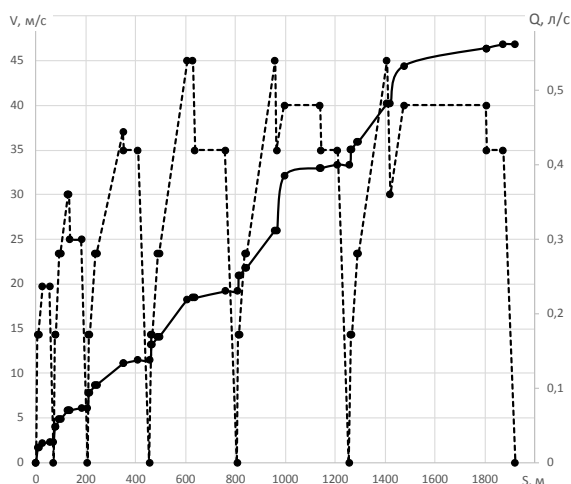


Рис. 3 – Витрата палива автобусом Богдан А 092 за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306

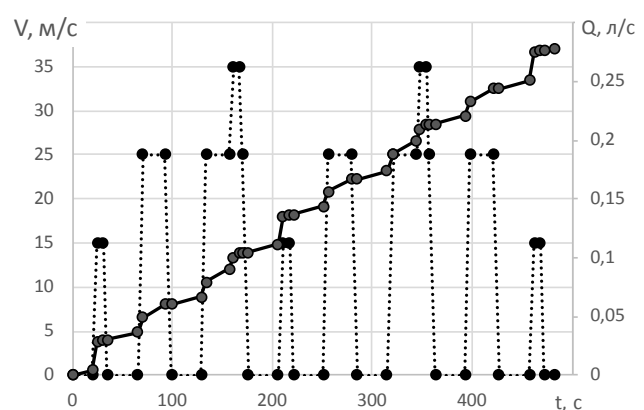


Рис. 4 – Витрата палива автобусом Богдан А 092 за запропонованим міським їздовим циклом

За результатами розрахунків встановлено, що витрата палива автобуса, за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 становить 29,2 л/100 км, витрата палива автобуса, за запропонованим міським їздовим циклом, наведеним на рисунку 2 становить 21,8 л/100 км. Фактична витрата палива автобусами моделі А 092, які рухаються за встановленими маршрутами м. Луцьк, за результатами анкетування перевізників, становить близько 20 л/100 км. Таким чином розбіжність результатів витрати палива за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 становить 46 %, розбіжність результатів витрати палива, за запропонованим міським їздовим циклом становить 9 %, порівняно з реальною витратою палива автобусами.

Висновки. Результати розрахунку витрати палива автобусом за запропонованим їздовим циклом відповідають реальним значенням, що свідчить про відповідність експериментального їздового циклу умовам експлуатації. Порівнюючи отримані дані із значеннями нормативної витрати палива встановленої наказом Міністерства транспорту України від 10 лютого 1998 року, із змінами і доповненнями, внесеними наказом Мінінфраструктури України № 36 від 24 січня 2012 року можна відмітити, що запровадження їздових циклів під конкретні умови експлуатації відпаде необхідність у ряді коригуючих коефіцієнтів, запроваджених розділом 3 зазначеного наказу. Зважаючи на вищевказане подальші дослідження повинні бути зосереджені на дослідженні реальних режимів руху міських автобусів та визначенні критеріїв оцінки їздових циклів з метою їх узагальнення та диференціювання.

1. Van Keulen T, De Jager B, Serrarens A and Steinbuch M (2010) Optimal Energy Management in Hybrid Electric Trucks Using Route Information, Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, 65, 1, pp 103-113.
2. Society of Automotive Engineers (2002) J2711 Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid- Electric and Conventional Heavy-Duty Vehicles, SAE Standard.
3. EPA Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) for Heavy-Duty Vehicles. [Електронний ресурс]. Дата звернення: 02.01.2018 р. Режим доступу: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/udds.php>.
4. Оценка возможности использования аналитических методов при исследовании топливной экономичности автомобилей / С.М. Огороднов, А.Н. Тихомиров, С.И. Малеев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – м.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. - № 2 [695]. – 2015. – С. 53 – 62.
5. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. ГОСТ Р 54810-2011 – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 23 с.
6. Сахно В.П., Корпач О.А. Оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобілі при використанні двигунів різної потужності./ В.П. Сахно, О.А. Копач // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26 – С. 193–196
7. Сахно В.П. Математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу./ Сахно В.П., Корпач О.А. // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. – Випуск 25 – С. 195–201.
8. Аналіз особливостей сучасних їздових циклів, що застосовуються для нормування токсичності відпрацьованих газів і оцінки паливної економічності автомобілів / М.Є. Якунін, О.Ю. Ребров, В.А. Насальський, Н.Б. Трофимова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 14 (1236). – С. 98–103. – ISSN 2079-0023.
9. Уточнена математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу / В. П. Сахно, О. А. Корпач // Вісник СевНТУ. Сер. : Машиноприладобудування та транспорт. - 2013. - Вип. 142. - С. 48-51.
10. Боднар М. Ф. "Формування типових їздових циклів та нормування витрати палива приміських та міжміських автобусів". – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – Автомобілі та трактори. – Національний університет "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України. – Львів, 2012.
11. Грубель М. Г. Диференційоване нормування лінійних витрат палива автобусів і вантажівок за різних умов руху / М. Г. Грубель, М. Ф. Боднар, Ю. Л. Крайник, А. М. Терещенко // Автошляховик України. - 2013. - № 6. - С. 16-21. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2013_6_6.
12. Shaojun Zhang, Ye Wu, Huan Liu, Ruikun Huang, Liuhanzi Yang, Zhenhua Li, Lixin Fu, Jiming Hao, Real-world fuel consumption and CO2 emissions of urban public buses in Beijing, Applied Energy, Volume 113, 2014, Pages 1645-1655, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.017>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913007642>).
13. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд – во стандартов, – 1991. – 34 с.
14. В.П. Сахно, Г.Б. Безбородова, М.М. Маяк, С.М. Шарай. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність /Навч. Посібник/. – К: В-во «КВІЦ», 2004. - 174 с.

REFERENCES

1. Van Keulen T, De Jager B, Serrarens A and Steinbuch M (2010) Optimal Energy Management in Hybrid Electric Trucks Using Route Information, *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP*, 65, 1, pp 103-113 [in English].
2. Society of Automotive Engineers (2002) J2711 Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid- Electric and Conventional Heavy-Duty Vehicles, SAE Standard [in English].
3. EPA Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) for Heavy-Duty Vehicle (2018). Retrieved from <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/udds.php> [in English].
4. Ogorodnov S.M., Tikhomirov A.N., Maleev S.I. (2015) Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya analiticheskikh metodov pri issledovanii toplivnoy ekonomichnosti avtomobiley. [Evaluation of the possibility of using analytical methods in the study of fuel efficiency cars] *News of higher educational institutions. Mechanical engineering*. Moscow: MSTU them. N.E. Bauman, issue 2, pp 53-62 [in Russian].
5. Avtomobil'nyye transportnyye sredstva. Toplivnaya ekonomichnost' (2012). Metody ispytaniy [Automobile transport facilities. Fuel economy. Test methods] *GOST R 54810 -2011*. Moscow: Standartinform [in Russian].
6. Sakhno V.P., Korpach O.A. (2012) Otsinka tyahovo-shvydkisnykh vlastyvostry, palyvnoy ekonomichnosti ta toksychnosti avtomobili pry vykorystanni dvyhuniv riznoy potuzhnosti. [Estimation of traction-speed properties, fuel economy and toxicity cars using engines of different power]. Kyiv: *Bulletin of National Transport University*, issue. 26, pp 193-196 [in Ukrainian].
7. Sakhno V.P. (2012) Matematychna model' dlya vyznachennya pokaznykiv palyvnoy ekonomichnosti avtomobilya z dvyhunamy riznoy potuzhnosti pry vykonanni mis'koho yizdovoho tsykladu. [Mathematical model for determining the fuel efficiency of an automobile with engines different power when performing the city ride cycle]. Kyiv: *Bulletin of National Transport University*, issue. 25, pp 195-201 [in Ukrainian].
8. M.E. Yakunin, A.Y. Rebrov, V.A. Nasalskii, N.B. Trofimova. (2017) Analiz osoblyvostey suchasnykh yizdovykh tsykliv, shcho zastosovuyut'sya dlya normuvannya toksychnosti vidprats'ovanykh haziv i otsinky palyvnoy ekonomichnosti avtomobiliv. [The analysis of features modern drive cycles used to normalize the toxicity of exhaust gases and evaluation fuel efficiency of cars]. Kharkiv: Bulletin of NTU "KhPI"; Series: *Transportne mashynobuduvannya - Transport engineering*. No. 14, pp 98-103 [in Ukrainian].
9. Sakhno V, Korpach A. (2013) Utochnena matematychna model' dlya vyznachennya pokaznykiv palyvnoy ekonomichnosti avtomobilya z dvyhunamy riznoy potuzhnosti pry vykonanni mis'koho yizdovoho tsykladu. [Refined mathematical model to determine the fuel economy of cars with engines of various capacities in the performance of the urban driving cycle.] Sevastopol: Bulletin of SevNTU. Ser.: *Mashynopryladobuduvannya ta transport - Machinery and equipment and transport*, issue. 142, pp 48-51 [in Ukrainian].
10. Bodnar M.F. (2012) Formuvannya typovykh yizdovykh tsykliv ta normuvannya vytraty palyva pry mis'kykh ta mizhmis'kykh avtobusiv. [Formation of typical riding cycles and normalization of fuel consumption of suburban and interurban buses] *Extended abstract of candidate's thesis*. Lviv: Lviv Polytechnic National University [in Ukrainian].
11. Grubel M.G., Bodnar M.F., Krajnik J.L., Tereshchenko A.M. (2013) Dyferentsiyovane normuvannya liniynykh vytrat palyva avtobusiv i vantazhivok za riznykh umov rukhu [Differentiated normalization of linear fuel consumption of buses and lorries under different traffic conditions]. *Avtoshlyakhovyk Ukrayiny – Roadster of Ukraine*, 6, 16-21 [in Ukrainian].
12. Shaojun Zhang, Ye Wu, Huan Liu, Ruikun Huang, Liuhanzi Yang, Zhenhua Li, Lixin Fu, Jiming Hao, Real-world fuel consumption and CO2 emissions of urban public buses in Beijing, *Applied Energy*, Volume 113, 2014, Pages 1645-1655 Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.017>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913007642>).
13. Avtotransportnyye sredstva. Toplivnaya ekonomichnost'. Metody ispytaniy (1992) [Motor vehicles. Fuel economy. Test methods]: *GOST 20306-90* Moscow: Publishing house of standards [in Russian].
14. V.P. Sakhno, H.B. Bezborodova, M.M. Mayak, S.M. Sharay. (2004) Avtomobili: Tyahovo-shvydkisni vlastyvosti ta palyvna ekonomichnist'. [Cars: Pull -speed properties and fuel profitability]. Tutorial. Kyiv: in the "KVITS" [in Ukrainian].

Сітовський О.П., Дембіцький В.М., Мазилюк П.В., Медведєв І.І. Оценка топливной экономичности городских автобусов в издвомом цикле приведены к реальным условиям движения.

Проведено определение расхода топлива автобусом в городском ездовом цикле и предложенном ездовом цикле, адаптированном к реальным условиям движения в г. Луцк. Расхождение результатов расхода топлива по городскому ездовому циклу, согласно ГОСТ 20306 составляет 46%, расхождение результатов расхода топлива, по предложенному городскому ездовому циклу составляет 9% по сравнению с реальным расходом топлива автобусами. Таким образом подтверждено соответствие экспериментального ездового цикла реальным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: автобус, маршрут, ездовой цикл, расход топлива, режим движения.

O. Sitovskyi, V. Dembitskyi, P. Mazylyuk., I. Medvediev Evaluation fuel economy of city buses in the urban driving cycle, adjusted to actual traffic conditions

A definition of fuel consumption by bus in urban driving cycle and the proposed driving cycle adapted to actual traffic conditions in Lutsk. Difference in the results of fuel consumption in the urban driving cycle, according to GOST 20306 is 46%, the difference in the results of fuel consumption, according to the proposed urban cycle is 9%

9%, compared with the real fuel consumption of buses. Thus confirmed compliance experimental driving cycle the real operating conditions.

Keywords: bus, route, driving cycle, fuel consumption, traffic mode.

АВТОРИ:

СІТОВСЬКИЙ Олег Пилипович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

ДЕМБІЦЬКИЙ Валерій Миколайович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: dvm2@meta.ua

МАЗИЛЮК Павло Вікторович, провідний інженер кафедри «Автомобілі і транспортні технології» Луцький НТУ, e-mail: mazylyuk@ukr.net

МЕДВЕДЕВ Іван Ігорович, магістрант кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: vanya.medya2@gmail.com

АВТОРЫ:

СИТОВСКИЙ Олег Филиппович, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

ДЕМБИЦКИЙ Валерий Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: dvm2@meta.ua

МАЗЫЛЮК Павел Викторович, ведущий инженер кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: mazylyuk@ukr.net

МЕДВЕДЕВ Иван Игоревич, магистрант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: vanya.medya2@gmail.com

AUTHORS:

Oleg SITOVSKYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: sitovsky@ukr.net

Valeryj DEMBITSKYI, PhD. in Engineering, lecturer of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: dvm2@meta.ua

Pavlo MAZYLYUK, Leading engineer of the Department of Automobile and Transport Technologies of Lutsk National Technical University, e-mail: mazylyuk@ukr.net

Ivan MEDVEDIEV, Master Student of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: vanya.medya2@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2018р.

Старжичны П., Папикова М.

Испытательная лаборатория на горючесть материалов и защиты от взрыва

ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СООТВЕТСТВИИ С ПЕРЕСМОТРОМ ПРАВИЛ ЕЭК ООН №100

Пересмотр Правил ЕЭК ООН № 100 изменяет существующую систему утверждения новых типов автотранспортных средств и введение новых требований к испытаниям для производителей аккумуляторных батарей электрических транспортных средств. Приложение 8Е к настоящим Правилам предусматривает испытание огнестойкости аккумуляторных батарей. Лаборатория испытаний на горючесть, Inc., Острава - Радванице проводит такое тестирование. Настоящая статья описывает опыт лаборатории и процесс тестирования.

Ключевые слова: тяговые батареи, система аккумуляторов хранения энергии, лаборатория испытаний.

Введение. Основной тенденцией последних лет является постоянный рост использования автомобилей с электрическими или гибридными двигателями и снижение доли автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Конкретные шаги делают многие государства, в основном, с точки зрения поощрения покупки электрических транспортных средств (ТС) в виде грантов. Таким образом, в автомобильной промышленности в настоящее время происходят ключевые изменения, и эти изменения требуют необходимости пересмотра соответствующих технических регламентов.

Цель и задачи. Провести анализ полученных результатов испытания и тестирования огнестойкости системы аккумуляторных батарей электрических транспортных средств.

Анализ исследований. Наиболее известным промоутером направления покупки электрических ТС является Франция. Например, Министр охраны окружающей среды Франции Николя Халот в июле 2017 года поставил амбициозную цель: «...во Франции к 2040 году полностью прекратить продажи бензиновых и дизельных автомобилей». Другим примером является решение, которое было принято на очередном заседании представителей крупнейших городов мира на высшем уровне (саммит С40). Представители «большой четверки»: Мехико, Мадрид, Париж и Афины объявили, что к 2025 году они хотят добиться запрета использования дизельных автомобилей в этих городах. Токио также планирует полный запрет использования автомобилей на дизельном топливе. В этом направлении ориентируются и автомобилестроители. Например, шведский производитель легковых автомобилей Volvo Group Car объявил, что все новые модели легковых автомобилей, которые поступят на рынок (начиная с 2019) будут полностью электрическими или гибридными.

Таким образом в автомобильной промышленности в настоящее время происходят ключевые изменения, и эти изменения требуют необходимости пересмотра соответствующих технических регламентов.

Несколько важных шагов уже сделано. Например, изменения в постановлении Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН) №100 «Отдельные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении конкретных требований к электрической трансмиссии» (сокращенно R100). В процесс утверждения механических транспортных средств и аккумуляторных систем хранения энергии (сокращенно REESS) внесены существенные изменения.

С точки зрения обеспечения безопасной эксплуатации батарей, более высокого уровня безопасности для водителей и пассажиров транспортных средств, в соответствующие Предписания были введены требования о новых испытаниях. Эти новые требования к тестированию были приняты в июле 2014 года и обязаны к исполнению с июля 2016 года. Процедуры испытаний описаны в Приложении №. 8 настоящего документа. Их перечень и краткое описание приведено в таблице 1.

Основная часть. Лаборатория испытаний на горючесть VVUU, Inc. в последние годы все более расширяет свою деятельность в испытании горючести изделий и материалов для транспорта, будь то автомобили общественного транспорта, железнодорожного подвижного состава или судов. Реализуются долгосрочные контракты на испытания топливных баков или материалов для интерьера автомобилей. Недавно был реализован тест контейнера для перевозки надувных подушек безопасности. Последние испытания из этой области – тестирование топливного шланга и вышеупомянутые системы аккумуляторных батарей.

Подобной сертификацией автомобилей занимается, например, такая организация, как TÜV SÜD Czech Ltd. С вышеуказанным партнером нас связывает долгосрочное сотрудничество, в частности, при проведении испытаний воспламеняемости топливных баков. Поэтому, вполне логично, что тест на огнестойкость REESS мы проводили совместно (Рис. 1,2).

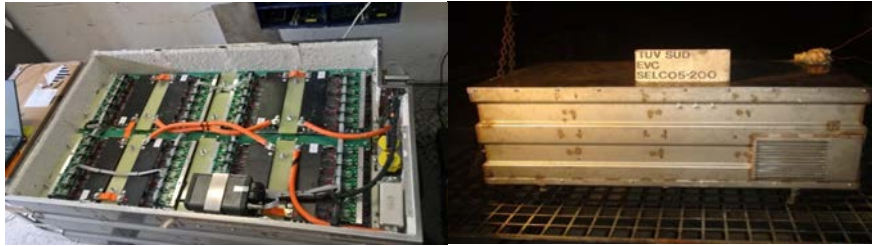


Рис. 1,2 - Система аккумуляторных батарей для электробусов

Из-за опасности взрыва в процессе испытаний, тесты были проведены в специальной испытательной шахте в нашем отделении города Штрамберк. Кроме соответствующих помещений для подобных испытаний отделение обеспечено квалифицированным, высокопрофессиональным персоналом и необходимым материальным оснащением.

Таблица 1. Этапы испытаний Системы аккумуляторных батарей (REESS)

Прилож. №	Наименование испытания	Краткое описание
8A	Виброустойчивость	Цель испытания – проверка безопасности системы REESS при воздействии вибрации, которой, вероятнее всего, будет подвержена система при эксплуатации. Устройство подвергается воздействию вибрации синусоидальной волны и логарифмической перенастройки в течение 15 минут в диапазоне от 7 до 50 Гц. Цикл повторяется 12 раз в течение трех часов.
8B	Тепловой шок и циклические тепловые испытания	Оценивает устойчивость к резким изменениям температуры. REESS подвергается воздействию температуры +60° С не менее 6 часов, затем еще 6 часов при температуре 40 ° С. Цикл повторяется 5 раз.
8C	Механические воздействия	Проверка безопасности при инерционной нагрузке, что может произойти, например, в результате аварии транспортного средства. В процессе испытания REESS подвергается воздействию ускорения или замедления. Величины ускорений устанавливаются согласно R100.
8D	Механическая устойчивость к разрушению	Проверка безопасности при ударе, что может произойти, например, в результате аварии транспортного средства. В процессе испытания REESS подвергается ударной нагрузке между основанием и ударной плитой. Сила удара и время воздействия имеют установленные значения.
8E	Огнеустойчивость	Цель испытания – проверка безопасности системы REESS при воздействии огня, возникшего вне транспортного средства. Водитель и пассажиры в случае такого пожара должны иметь достаточно времени для эвакуации.
8F	Внешняя защита от короткого замыкания	Проверка параметров эффективности защиты от короткого замыкания. Эта защита должна приостановить или ограничить ток короткого замыкания, чтобы защитить REESS от дальнейших воздействий, вызванных током короткого замыкания.
8G	Защита от перезарядки	Оценка эффективности защиты от перезарядки. REESS должно заряжаться пока зарядное устройство само не прекратит, либо ограничит процесс заряда, или заряд REESS не достигнет 2-х кратного уровня емкости батареи.
8H	Защита от чрезмерного разряда	Оценка эффективности защиты от чрезмерного разряда. REESS должно разряжаться пока потребитель энергии сам не прекратит, либо ограничит процесс разряда, или заряд REESS не достигнет 25% своего номинального напряжения
8I	Защита от перегрева	Проверка эффективности работы устройства от внутреннего перегрева во время работы, в случае когда отказывает система охлаждения. Во время испытания REESS непрерывно заряжается и разряжается с постоянным током, чтобы повысить температуру ячеек. Затем REESS помещают в печь, где температура увеличивается до заданного значения.

Испытание на стойкость к воздействию огня - Приложение 8E. Цель этого теста состоит в проверке устойчивости REESS к огню, воздействующего снаружи транспортного средства, например, из-за утечки топлива (от самого или другого транспортного средства вблизи). Водитель и пассажиры в такой ситуации должны иметь достаточно времени, чтобы выйти из транспортного средства.

Тест требуется только для REESS, которые содержат воспламеняющийся электролит. Не требуется, если REESS расположен выше, чем 1,5 м над дорожным полотном. Испытание проводят либо с полным REESS или связанными с ним подсистемами и элементами и их электрическими соединениями. Испытанию подлежит один образец.

Условия испытаний:

- а) температура окружающей среды мин. 0 °С;
- б) состояние зарядки на уровне верхних 50% от нормального рабочего состояния заряда;
- с) в начале теста все защитные устройства, которые влияют на функцию тестируемого устройства и которые имеют отношение к результату испытания, должны быть в исправном состоянии.

По усмотрению изготовителя, испытание проводится на транспортном средстве или на отдельном элементе. Образец помещается на испытательной конструкции. Образец подвергается воздействию пламени при сгорании топлива, которое используется на данном виде транспортного средства и расположено в ёмкости (поддоне) под испытуемым образцом.

Процедура проведения испытаний.

Фаза А – предварительный нагрев:

- поддон с топливом помещается на расстоянии минимум 3-х метров от тестируемого оборудования. Топливо воспламеняется, и после 60-ти секунд горения помещается под устройством.
- В случае, если температура топлива 20 °С и выше, фаза А нагрева не проводится.

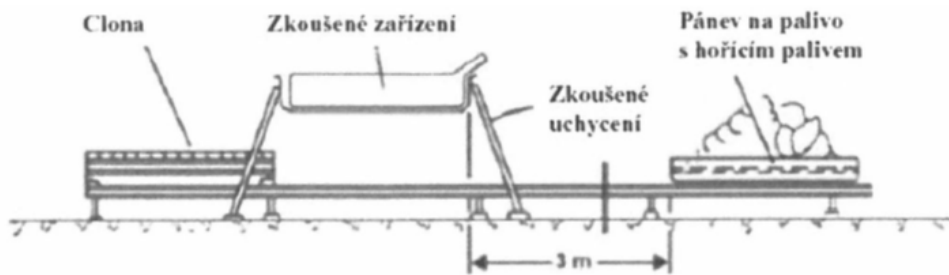


Рис. 3 - Фаза А - предварительный нагрев

Фаза В – прямое воздействие пламени:

- пламя от свободного горения топлива воздействует на тестируемое оборудование в течение 70 секунд.

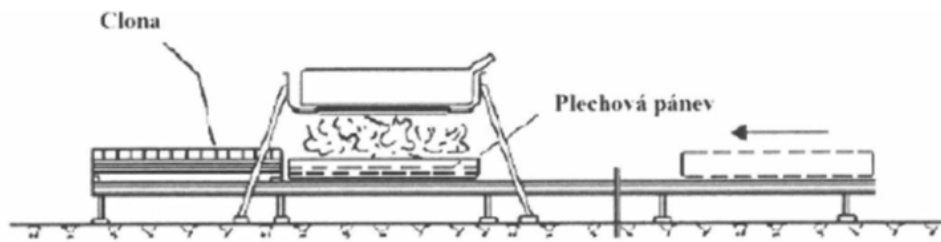


Рис. 4 - Фаза В–прямое воздействие пламени

Фаза С – не прямое воздействие пламени:

- между горящим топливом и тестируемым оборудованием помещается экран. Непрямое воздействие пламени проводится в течение 60-ти секунд.

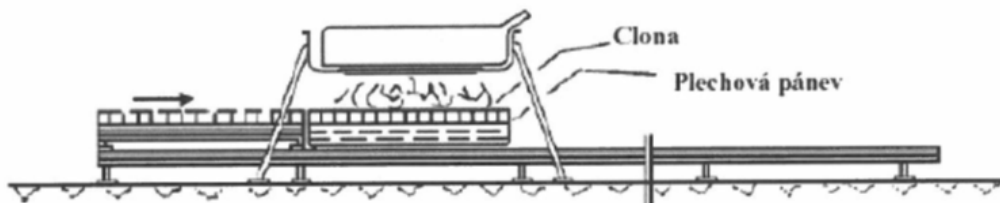


Рис. 5 - Фаза С –не прямое воздействие пламени

Фаза D – завершение теста:

- горящий поддон, покрытый экраном, перемещается обратно в положение, соответствующем фазе A. Тестируемое оборудование не гасится в случае воспламенения и остается в том же состоянии пока температура его поверхности не снижается до температуры окружающей среды или остается неизменной по крайней мере в течение 3 часов.

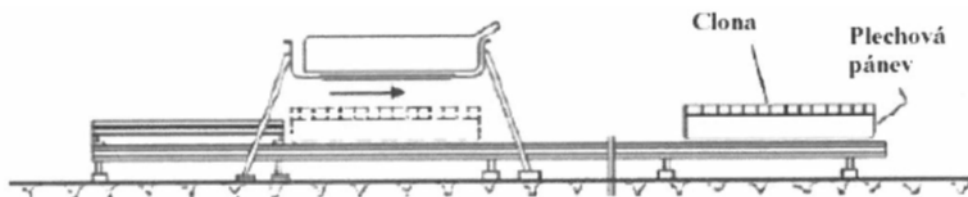


Рис. 6 - Фаза D - завершение теста

Единственным критерием успешности тестирования является то, что испытательное оборудование во время испытания не проявляет никаких признаков взрыва.

Совместно с компанией TÜV SÜD Czech s.r.o мы работали над испытаниями тяговых батарей системы EVC EKO1 и Системой аккумуляторных батарей (REESS) № SKT_01_00. Обе системы производства EVC Group, s.r.o., Hulín. Эти батареи предназначены для троллейбусов и автобусов.

Из-за угрозы потенциального взрыва во время испытаний батареи (REESS) эти испытания требовали специального помещения и опытных сотрудников. Тест батареи (REESS) в целом подобен испытаниям топливного бака, в результате чего само проведение испытаний не вызвало никаких серьезных осложнений.



Рис. 7 - Испытание на огнестойкость открытым пламенем

Описание реального испытания.

Испытываемое оборудование – система аккумуляторных батарей (REESS) с соответствующими приспособлениями для испытаний, было помещено в испытательную шахту. На испытываемое оборудование были помещены термодатчики, чтобы получить обзор температур в различных точках во время испытания. Кроме температуры измеряли величину напряжения аккумуляторной батареи. В качестве топлива использовали бензин, который воспламенялся дистанционно с помощью электрического запала. Температура бензина была выше, чем 20° C, поэтому предварительный нагрев (фаза A) не проводился. Прямое воздействие пламени происходило в течение установленных 70-ти секунд. Далее, в течение 60-ти секунд, происходило воздействие непрямым пламенем с экраном. После удаления поддона с пламенем дали время на снижение температуры аккумуляторной батареи до значения температуры окружающей среды. Во время испытаний ни в одной из батарей не были зафиксированы признаки взрыва. После прекращения воздействия пламени не было зафиксировано самопроизвольное горение, также не зафиксировано значительного падения напряжения, а это означает, что батареи были работоспособны вовремя и после проведения испытаний.

На графиках (Рис. 8,9) приведены кривые температуры и напряжения во время испытания. Во время испытания тяговой аккумуляторной батареи видно, что, начиная с 25-й секунды, произошел сбой измерения напряжения. Напряжение тяговой аккумуляторной батареи было измерено после испытания и зафиксировано, что падения напряжения не произошло, батарея была работоспособна (Рис.11). Весь процесс испытаний записывался видеокамерой.

Ниже представлены графики, отражающие изменение температур и напряжения во время проведения испытаний (Рис. 8,9,10).

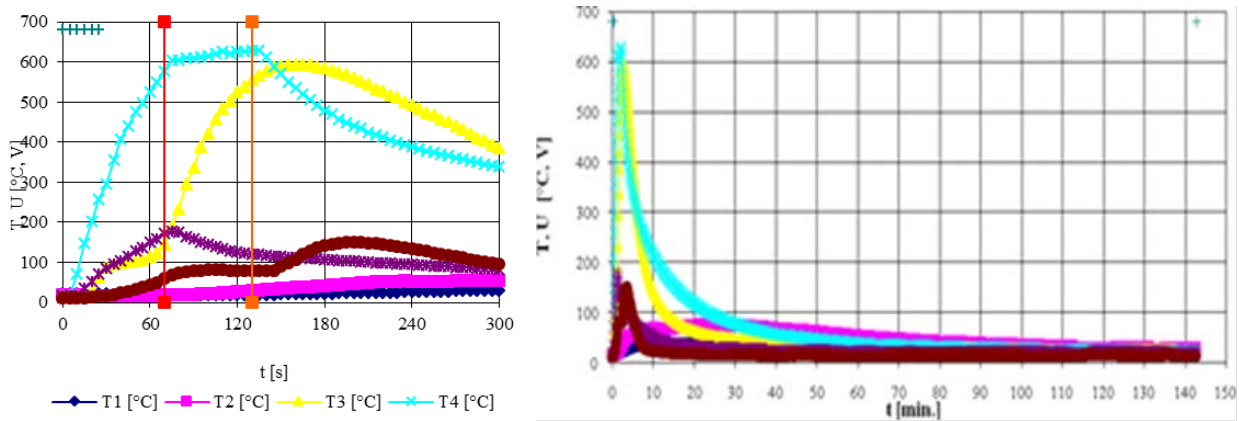


Рис. 8,9 - Графики 1 и 2 температуры и напряжения, измеренные в ходе испытания на огнестойкость Системы аккумуляторных батарей (REESS)

Размещение термоэлементов:

- T1 - верхняя часть батареи внутри;
- T2 – боковая сторона батареи внутри;
- T3 – боковая сторона щита – внутри;
- T4 - температура кожуха – низ;
- T5 – температура кожуха - верх (крышка);
- T6 - Температура у входа в испытательную шахту на высоте 1,5 м от уровня пола;

U –на 25-й секунде испытания произошло прогорание изоляции измерительных проводов с последующим коротким замыканием оголенных проводов.

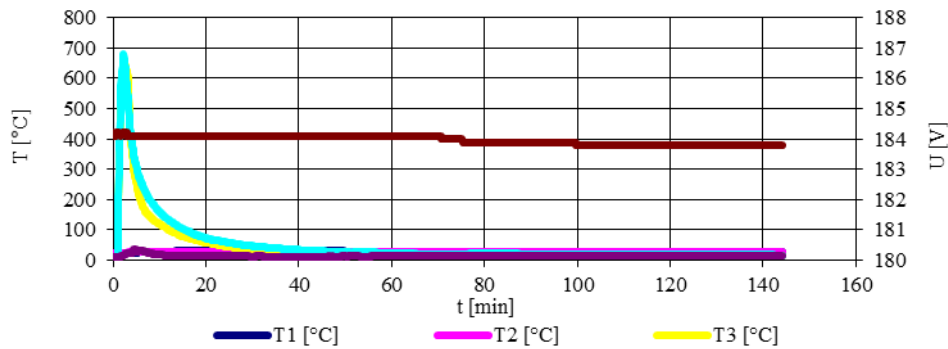


Рис. 10 - График температуры и напряжения, измеренные в ходе испытаний огнестойкости Системы аккумуляторных батарей (REESS)

Размещение термоэлементов:

- T1 - температура внутри батареи левая сторона
- T2 - температура внутри батареи правая сторона
- T3 - Температура поверхности нижней части батареи на левой стороне
- T4 - температура поверхности нижней части батареи на правой стороне
- T5 - Температура окружающей среды при входе в испытательную шахту
- U - напряжение на клеммах аккумуляторной батареи



Рис. 11 - Система аккумуляторных батарей (REESS) после проведения испытаний на огнестойчивость, согласно R100

Заключение. Обе испытуемые батареи выдержали воздействие огня во время испытаний, не было никаких признаков взрыва. Тяговые батареи для троллейбусов, благодаря положительному результату испытаний на огнестойчивость, успешно проходят процесс сертификации. Система аккумуляторных батарей (REESS) для троллейбусов в настоящее время близится к завершению процесса утверждения.

1. Стандарт ЕНК OSN № 100 Директива/постановление № 34 – Приложение № 5. – Чехия, 2012.
2. Приложение 8Е к настоящим Правилам стандарт ЕНК OSN № 100. – Чехия.

REFERENCES

1. Standard ЕНК OSN No. 100 (2012) Directive / Decision No. 34 - Appendix No. 5. - Czech Republic [in Czech].
2. Annex 8E to this Regulation is standard ЕНК OSN No. 100. - Czech Republic [in Czech].

Старжичны П., Папикова М. Випробування систем акумуляторних батарей електричних транспортних засобів відповідно до перегляду Правил ЕНК OSN С. 100

Перегляд Правил ЕНК OSN № 100 змінює існуючу систему затвердження нових типів автотранспортних засобів і введення нових вимог до випробувань для виробників акумуляторних батарей електричних транспортних засобів. Додаток 8Е до цих Правил передбачає випробування вогнестійкості акумуляторних батарей. Лабораторія випробувань на горючість VVUЪ, Inc., Острава – Радваніце проводить таке тестування. Ця стаття описує досвід лабораторії і процес тестування.

Ключові слова: R100, тягові батареї, система акумуляторів зберігання енергії, лабораторія випробувань.

P. Starzhichny, M. Papikova Tests of Rechargeable Energy Storage Systems electric motor vehicles according to the revision of the UN ECE Regulation No. 100.

A definition of fuel consumption by bus in urban driving cycle and the proposed driving cycle adapted to actual traffic conditions in Lutsk. Difference in the results of fuel consumption in the urban driving cycle, according to GOST 20306 is 46%, the difference in the results of fuel consumption, according to the proposed urban cycle is 9%, compared with the real fuel consumption of buses. Thus confirmed compliance experimental driving cycle the real operating conditions.

Keywords: R100, traction batteries, the system of energy storage batteries, a testing laboratory.

АВТОРЫ:

СТАРЖИЧНЫ Петр, VVUЪ a. s., Испытательная лаборатория на горючесть материалов и защиты от взрыва, Пикартска 1337/7, 716 07 Острава-Радваніце, Чехия, starzyczny@vviu.cz

ПАПИКОВА Моника, VVUЪ a. s., Испытательная лаборатория на горючесть материалов и защиты от взрыва, Пикартска 1337/7, 716 07 Острава-Радваніце, Чехия, papikovam@vviu.cz

AUTHORS:

Peter STARZHICHNY, The Engineer, VVUЪ a. s., Test laboratory for combustibility of materials and protection against, Pikartska 1337/7, 716 07 Ostrava-Radvanice, starzyczny@vviu.cz

Monika PAPIKOVA The Engineer, VVUЪ a. s., Test laboratory for combustibility of materials and protection against, Pikartska 1337/7, 716 07 Ostrava-Radvanice, papikovam@vviu.cz

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2018р.

Таран І.О., Литвин В.В.
Національний гірничий університет**ДОСЛІДЖЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ
МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ М. ДНІПРО**

В роботі обґрунтована актуальність дослідження конкурентоспроможності маршрутів міського громадського транспорту для підвищення економічних показників діяльності автотранспортних підприємств. Виконано аналіз існуючих методів оцінки конкурентоспроможності автобусних маршрутів із зазначенням їх основних переваг, недоліків та області застосування. Запропонована методика оцінки конкурентоспроможності автобусних маршрутів, яка базується на кількісному аналізі технологічних, техніко-експлуатаційних та економічних показників перевізного процесу пасажирів. Наведені результати ранжирування значущості показників конкурентоспроможності, які були отримані за допомогою методу «експертних» оцінок. Виконано дослідження конкурентоспроможності автобусних міських маршрутів м. Дніпро та запропоновано методико-логічний підхід щодо визначення заходів підвищення їх конкурентоспроможності.

Ключові слова: конкурентоспроможність, ранжирування, вартість проїзду, метод «експертних» оцінок.

Постановка проблеми. Нові економічні умови, формування ринку транспортних послуг сприяли появі і посиленню конкуренції між підприємствами транспорту. Транспортна складова маркетингової стратегії в системі «попит-пропозиція» передбачає використання різноманітних форм і методів конкуренції різних видів транспорту для кращого задоволення потреб в транспортних послугах. На даний час конкурентна боротьба загострюється не тільки між різними видами транспорту, але і між автотранспортними підприємствами (АТП) різної або однієї форм власності. Таким чином, у сучасних ринкових умовах детальне знання потреб клієнтури АТП є важливою, але недостатньою умовою для досягнення успіху, тому що в більшості випадків на ринку транспортних послуг існують конкуренти, які за рахунок своїх конкурентних переваг можуть істотно погіршувати технологічні та економічні показники роботи АТП [1]. Також слід зазначити, що будь-якого ринку без конкуренції не існує, тому серйозну увагу при вивченні ринку автотранспортних послуг необхідно приділяти аналізу діяльності конкурентів.

На сьогоднішній день характерною рисою маршрутної транспортної мережі (МТМ) м. Дніпро є велика кількість маршрутів, траси проходження яких дублюють один одного на 50-70% від їх загальної протяжності. У зв'язку з цим ринок міських автобусних перевезень м. Дніпро характеризується високим рівнем конкуренції, а це в свою чергу, значно впливає на регулярність руху і наповнення автобусів особливо на сумісних ділянках. Поява значної кількості дублюючих маршрутів пасажирського транспорту в містах характерно для періоду вільної, а по суті, практично нерегульованої конкуренції, коли для насичення попиту населення на пересування «відкривалася» велика кількість маршрутів найрізноманітнішої конфігурації [2]. Внаслідок цього водії, намагаючись зібрати якомога більше пасажирів, не дотримуються розкладу руху на своїх маршрутах, порушують правила безпеки руху, постійно роблять різкі прискорення і гальмування. Слід також зауважити, що практично кожен маршрут обслуговується рухомим складом, який належить не одній організації, а кільком перевізникам, метою яких є отримання максимально можливого прибутку. А тому вони діють за правилом «що не заборонено, то дозволено», чим викликають серед пасажирів незадоволення щодо якості та безпеки перевізного процесу. А це в свою чергу призводить до зменшення обсягів перевезень, або взагалі до відмови від користування окремими маршрутами. Таким чином можливість будь-якої транспортної компанії конкурувати на певному ринку перевезень безпосередньо залежить від конкурентоспроможності наданих послуги і сукупності економічних показників діяльності підприємства.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день вітчизняними та іноземними фахівцями були зроблені різноманітні спроби оцінити конкурентоспроможність за багатьма параметрами. Наприклад у роботі [3] запропонована методика оцінки конкурентоспроможності, яка заснована на аналізі індикаторів виробничої діяльності підприємств (обсяг перевезених пасажирів, пасажирооборот) і споживчих характеристик пасажирських перевезень (точність виконання рейсів, безаварійність, швидкість і тариф). Для оцінки конкурентоспроможності послуг побудована модель, яка використовує введений індекс конкурентоспроможності K , який розраховується за залежністю:

$$K = Y_1 \cdot p_1 + Y_2 \cdot p_2 + \dots + Y_m \cdot p_n, \quad (1)$$

де Y_j – індикатори виробничої діяльності АТП (Y_1 – індикатор обсягу перевезень, Y_2 – індикатор пасажирообороту, Y_3 – індикатор точності, Y_4 – індикатор безаварійності, Y_5 – індикатор тарифу, Y_6 – індикатор швидкості); p_j – питома вага (значимість у формуванні підсумованого індексу).

Показники Y_j були обрані із статистичних звітів діяльності АТП, а їх питома вага p_j визначалася із міркувань практичної доцільності. На думку авторів розрахунок конкурентоспроможності маршрутів по методиці [3] в реальних умовах є досить складним завданням, у зв'язку з відсутністю в багатьох випадках достатньої інформації для розрахунку індикаторів $Y_1 \dots Y_6$.

У роботі [4] розглянуто методику оцінки конкурентоспроможності транспортних організацій з використанням методів бажаності та експертних оцінок, а підсумкове значення індексу конкурентоспроможності розраховується за залежністю:

$$I_k = \sum_{i=1}^n q_i \cdot G_i, \quad (2)$$

де n – число врахованих параметрів якості; q_i – рейтинг i -го параметра якості транспортних послуг; G_i – значимість i -го параметра якості транспортних послуг.

Значимість кожного параметра якості має виражатися в бальних чи інших оцінках, а рейтинг – в частках одиниці від загальної оцінки. Так як параметри якості визначаються в більшості випадків експертними методами і виражають суб'єктивні відчуття споживачів послуг, то при проведенні оцінок якості дозволяється використовувати функцію бажаності за формулою Харрінгтона:

$$f = \frac{1}{e^{x/e}}, \quad (3)$$

де e – основа натурального логарифма; x – приведені значення досліджуваного параметра об'єкту.

Функція f є кривою логістичного виду, визначена в інтервалі $0 \dots 1$ і використовується в якості безрозмірної шкали, названої шкалою бажаності для оцінки рівнів параметрів порівнюваних транспортних послуг. Маючи оцінки рівнів окремих параметрів транспортної послуги, можна розрахувати рівень конкурентоспроможності всього підприємства за допомогою узагальненої функції бажаності:

$$f = \sqrt[n]{f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot \dots \cdot f_n}, \quad (4)$$

де f_i – значення функції бажаності для i -го параметра послуги; n – кількість параметрів, що аналізуються.

З метою забезпечення можливості використання функції бажаності застосовуються параметри цієї функції, які наведені в табл. 1. За допомогою шкали бажаності оцінюються параметри транспортної послуги по відношенню до іншої транспортної послуги. Кожному фактичному значенню функції бажаності надається конкретний економічний сенс, пов'язаний з рівнем конкурентоспроможності досліджуваної транспортної послуги. Причому значення функції бажаності, яке дорівнює 0, відповідає повністю неприйнятному рівню параметра, при значенні якого транспортна послуга не може задовольнити конкретну потребу. В свою чергу якщо значення функції бажаності дорівнює 1, то рівень цього параметру повністю відповідає прийнятному стану або такому стану, при якому подальше поліпшення недоцільне або неможливе.

Після визначення рівня бажаності по кожному з встановлених для оцінки показників оформлюють ряд ранжируваних значень цих показників в порядку убавання або зростання. Ранжируваний ряд використовують для виявлення відставання якості і для порівняння різних показників по досягнутому рівню їх бажаності. Головним недоліком методики [4] є відсутність чітко

сформульованих показників конкурентоспроможності маршрутів що аналізуються.

Таблиця 1 – Шкала бажаності при оцінюванні параметрів транспортної послуги

Бальна оцінка конкурентоспроможності	Значення функції бажаності	Характеристика конкурентоспроможності транспортної послуги
5-Вища	1,00...0,80	Високий рівень
4-Добра	0,80...0,63	Прийнятний рівень
3-Задовільна	0,63...0,37	Вимагає негайних заходів щодо її підвищення
2-Незадовільна	0,37...0,20	Не відповідає її цілям і задачам
1-Кризова	0,20...0,00	Послуга не конкурентоспроможна

В роботі [5] запропонована оцінка конкурентоспроможності автобусів за наступними трьома показниками:

- нормативні показники конкурентоспроможності;
- техніко-економічні показники конкурентоспроможності;
- показники споживчої привабливості.

Перший груповий показник виражений критерієм $K_{НОРМ}$ і відображає відповідність досліджуваної моделі автобуса нормативній базі пропонованого ринку збуту з урахуванням динаміки змін нормативних вимог ринку. Фільтрація здійснюється застосуванням коефіцієнта «вето» $\varphi(Q)$, функція, якого при виході будь-якого з найважливіших одиничних показників конкурентоспроможності автобусів за межі встановленої нормативно-технічної документації утворюється в нуль. У всіх інших випадках коефіцієнт вето $\varphi(Q)$ дорівнює одиниці.

Другий груповий показник відображає природне бажання споживача отримати максимальний ефект при мінімальних витратах і виражається критерієм оцінки конкурентоспроможності по техніко-економічними показниками:

$$K_{ТЕП} = \frac{P_{\Sigma}}{Z_{\Sigma}}, \quad (5)$$

де P_{Σ} , Z_{Σ} – відповідно сумарні продуктивність і витрати на експлуатацію моделі автобуса за термін служби, що наведені до першого року експлуатації.

Зрозуміло, що $K_{ТЕП} \rightarrow \max$ визначає ринкову нішу, де досліджувана модель може мати попит. Третій груповий показник визначає ступінь присутності в конструкції автобуса показників, які спрямовані на забезпечення споживчої привабливості досліджуваної моделі автобуса. Критерій оцінки конкурентоспроможності знаходиться через відношення ціни реалізації досліджуваного автобуса C до розрахункової еквівалентної ціни, отриманої за умови забезпечення техніко-експлуатаційних характеристик $Z_{експл}$ одного рівня. На підставі отриманих значень $K_{ТЕП}$ і $Z_{експл}$ конкурентоспроможність автобусів на передбачуваному ринку збуту визначається інтегральним критерієм конкурентоспроможності:

$$K = K_{НОРМ} \cdot \frac{q_n \cdot \sum_{m=1}^m \frac{L_p}{1 + V_m \cdot (t_{ко} + t_{но}) / L_m} \cdot (1-d)^{m-1}}{\sum_{m=1}^m Z_{експл} \cdot (1-d)^{m-1} + \left[\frac{3}{(1 + K_{СП})} - C_l \cdot (1-d)^m \right]}, \quad (6)$$

де q_n – місткість автобусу, пас.; V_m – технічна швидкість, км/год.; L_p – річний пробіг автобусу, км; L_m – довжина маршруту, км; $t_{ко}$ – час простою автобусу на кінцевих зупиночних пунктах, год.; $t_{но}$ – час простою автобусу на проміжних зупиночних пунктах, год.; 3 – витрати на експлуатацію, грн.; C – початкова ціна досліджуваного автобусу, грн.; m – кількість років експлуатації автобусу; d – ставка дисконтування.

Слід зауважити, що методика [5] не дозволяє оцінювати конкурентоспроможність маршрутів, оскільки підсумкова модель (6) в більшій мірі дозволяє оцінювати конкурентоспроможність експлуатованих автобусів, а не якість та технологічні особливості перевізного процесу.

Виконаний аналіз свідчить, що на сьогоднішній день не існує єдиної універсальної системи оцінки конкурентоспроможності маршрутів, а існуючі рекомендації мають цілу низку істотних недоліків або вузьку область застосування. Тому **метою роботи** є розробка методики оцінки конкурентоспроможності автобусних маршрутів, яка базується на кількісному аналізі технологічних, техніко-експлуатаційних та економічних показників перевізного процесу пасажирів, а також її апробація на прикладі діючих міських маршрутів м. Дніпро.

Матеріал і результати досліджень. Висока конкурентоспроможність підприємства є гарантом отримання високого прибутку в ринкових умовах. При цьому будь-яка організація ставить перед собою мету досягти такого рівня конкурентоспроможності, який забезпечував би заданий рівень її рентабельності на досить довготривалому часовому відрізку. У зв'язку з цим перед будь-якою організацією постає проблема стратегічного і тактичного управління розвитком здатності підприємства виживати в ринкових умовах, для цього підприємству необхідно забезпечити високий рівень якості транспортного обслуговування та ефективність транспортного виробництва.

Враховуючи попередній досвід, а також особливості та специфіку роботи громадського транспорту у м. Дніпро автори пропонують виконувати оцінку конкурентоспроможності міських автобусних маршрутів на підставі кількісного аналізу наступних технологічних, економічних та техніко-експлуатаційних показників перевізного процесу (головними перевагами саме цього переліку є: по-перше – їх доступність широкому загалу дослідників (*діючі паспорти маршрутів, різноманітні Інтернет ресурси, тощо*), а по-друге – саме вони визначають в більшості випадків якість та ефективність перевізного процесу пасажирів): початок роботи маршруту; закінчення роботи маршруту; тривалість роботи маршруту; інтервал руху у годину «пік»; вартість проїзду; місткість автобусів; кількість автобусів; швидкість сполучення; час підходу до зупинки.

Комплексний показник конкурентоспроможності на i -му маршруті може бути описаний функціоналом наступного виду:

$$K_i^{КОМПЛ} = \sum_{j=1}^n k_i^j \rightarrow \max, \quad (7)$$

де k_i^j – відносна величина j -го показника якості на i -му маршруті; n – кількість показників, що враховуються.

В розгорнутому вигляді функціонал (7) може бути представлений наступною залежністю:

$$K^{КОМПЛ} = k_i^{t_{пoch}} + k_i^{t_{зак}} + k_i^{T_{зм}} + k_i^I + k_i^{q_n} + k_i^{T^S} + k_i^A + k_i^{V_c} + k_i^{t_{nidх}} \rightarrow \max, \quad (8)$$

Всі дев'ять розглянутих показників мають несумісні за абсолютним значенням одиниці виміру, тому їх абсолютні значення необхідно представити у відносному вигляді. Для кожного показника слід обрати найкраще з усіх варіантів значення і прийняти його за одиницю. У зв'язку з тим, що показники мають різний вплив на конкурентоспроможність, у якості кращого може бути прийнято мінімальне або максимальне значення показника з усіх розглянутих варіантів по кожному маршруту:

$$X_i^{j(кращий)} = \min(X_i^j) \text{ OR } \max(X_i^j), \quad (9)$$

де $X_i^{j(max)}$, $X_i^{j(min)}$ – максимальне або мінімальне значення j -го показника i -го маршруту.

Решту значень слід представити відносними величинами, які будуть відображати ступінь погіршення значення кожного показника маршруту, який розглядається у порівнянні з найкращим:

$$k_i^j = \left\{ \begin{array}{l} \frac{X_i^{j(\text{крайній})}}{X_i^j}, \text{ якщо } X_i^{j(\text{крайній})} = \min(X_i^j) \\ \frac{X_i^j}{X_i^{j(\text{крайній})}}, \text{ якщо } X_i^{j(\text{крайній})} = \max(X_i^j) \end{array} \right\}, \quad (10)$$

де X_i^j – значення j -го показника для i -го маршруту.

В якості апробації запропонованої методики розглянемо конкурентоспроможність міського автобусного маршруту №107 (ж/м Лівобережній 3 – ж/м Тополя 3). Вибір об'єкту дослідження обумовлено великим соціальним значенням даного маршруту для мешканців м. Дніпро, адже він пов'язує між собою такі пасажироутворюючі райони міста як ж/м Лівобережній, центральну частину міста з багатьма елементами міської інфраструктури (лікарня ім. Мечникова, гірничий, транспортний університети та інші навчальні заклади міста) та ж/м Тополя. Загальна порівняльна характеристика маршруту №107 та його основних конкурентів (яка була отримана на підставі аналізу діючих паспортів маршрутів) наведена у табл. 2.

Таблиця 2 – Загальна порівняльна характеристика маршруту №107 та його основних конкурентів

Показник	Номер маршруту					
	№107	№126	№88	№38	№76	№136
Перевізник	ТОВ «Ігрек»	ТОВ «Технополіс»	ТОВ «АТП №32»	ТОВ «ДАТП 11231»	ЗАТ «ДАТП 11255»	ЗАТ «ДАТП 11205»
Початок роботи маршруту	05 ⁰⁰	04 ³⁰	05 ¹⁰	05 ³⁰	05 ⁰⁰	05 ⁰⁰
Закінчення роботи маршруту	23 ⁰⁰	00 ³⁰	23 ⁰⁰	00 ⁰⁵	00 ⁴⁰	23 ³⁰
Тривалість роботи, год.	18 ⁰⁰	20 ⁰⁰	17 ⁵⁰	18 ³⁰	19 ⁴⁰	18 ³⁰
Інтервал руху, хв.	5	5	8	4	16	5
Тривалість рейсу, хв.	70	60	60	35	60	64
Довжина маршруту, км	24,2	24,3	20,4	11,8	18,7	23,45
Вартість проїзду, грн.	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Місткість автобусів, пас.	18	18	18	18	22	22
Кількість автобусів, од.	37	36	19	17	10	28
Кількість зупиночних пунктів	40	44	40	17	32	39
Швидкість сполучення, км/год.	20,7	24,3	20,4	20,2	18,7	22,0
Час підходу до зупинки, хв.	2,9	2,7	2,6	3,2	2,9	2,8

Але слід зауважити, що зазначені показники конкурентоспроможності мають різну значимість, як для пасажирів, так і для підприємства. Наприклад, можна припустити, що, швидше за все інтервал руху автобусів є більш важливим показником конкурентоспроможності, ніж початок або закінчення роботи маршруту. Так само вартість проїзду може бути більш значущою, ніж час підходу до зупиночних пунктів. Таким чином, для комплексної оцінки конкурентоспроможності маршрутів необхідно провести ранжирування показників, що аналізуються.

Сутність методу ранжирування полягає в тому, що групі «експертів» пропонується присвоїти числові ранги для кожного з аналізованих показників конкурентоспроможності. З точки зору математичної визначеності пропонується присвоювати для найбільш важливого (на думку «експерта») показника ранг який дорівнює одиниці; 0,9 – наступному за важливістю фактору і т.д. Таким чином, найменш важливому показнику буде присвоюватися ранг, який дорівнює 0,2. У якості «експертів» можуть виступати як фахівці у галузі транспорту так і пересічні споживачі транспортних послуг (пасажирів). Підсумкове значення рангу за j -м показником може розраховуватися як середньоарифметичне. В табл. 3 наведені результати ранжирування (виконаного співробітниками та студентами кафедри управління на транспорті) для показників, що характеризують конкурентоспроможність маршруту №107 та його основних конкурентів.

Таблиця 3 – Результати ранжирування показників конкурентоспроможності

Показник	Експерт										$R_{сер}^j$	Пріоритет
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10		
Початок роботи	0,7	0,3	0,2	0,7	0,3	1	0,5	0,4	0,4	0,7	0,52	7
Закінчення роботи	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,4	0,3	0,6	0,8	0,53	6

Тривалість роботи	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2	0,5	0,31	9
Інтервал руху	0,8	0,7	0,9	1	1	0,9	1	1	0,7	1	0,90	1
Вартість проїзду	0,9	0,2	0,4	0,8	0,4	0,6	0,7	0,8	0,5	0,3	0,56	4
Місткість автобусів	1	1	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	0,7	0,9	0,6	0,84	2
Кількість автобусів	0,4	0,6	0,6	0,3	0,5	0,4	0,3	0,9	0,3	0,4	0,47	8
Швидкість сполучення	0,6	0,9	0,8	0,5	0,7	0,5	0,8	0,6	1	0,9	0,73	3
Час підходу до зупинки	0,2	0,8	1	0,6	0,8	0,2	0,6	0,2	0,8	0,2	0,54	5

Таким чином на підставі отриманих результатів ранжирування, комплексний показник конкурентоспроможності для i -го маршруту по формулі (7) необхідно відкоригувати за залежністю:

$$K_i^{КОМПЛ} = \sum_{j=1}^n k_i^j \cdot R_{сер}^j \rightarrow \max. \quad (11)$$

Комплексна оцінка конкурентоспроможності для маршруту №107 та його основних конкурентів із урахуванням результатів ранжирування наведена на рис. 1.

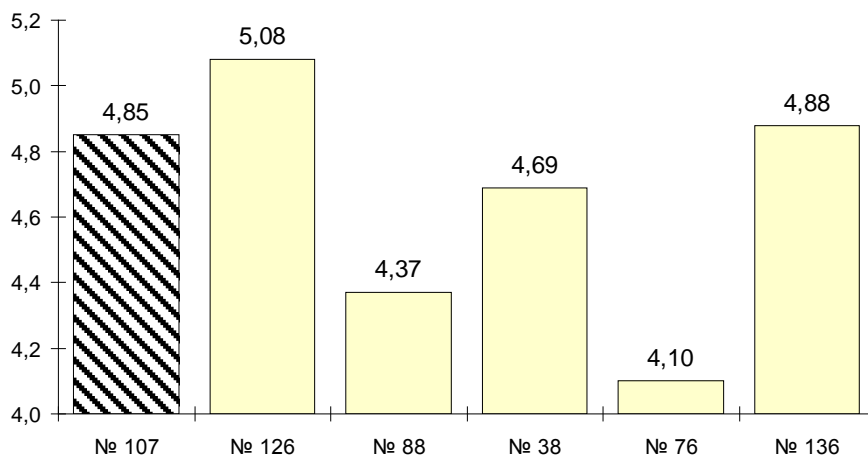


Рисунок 1 – Комплексна оцінка конкурентоспроможності для маршруту №107 та його основних конкурентів із урахуванням результатів ранжирування

Слід зазначити, що методико-логічний підхід застосований при розробці запропонованої методики оцінки конкурентоспроможності міських автобусних маршрутів також може бути застосований і для визначення заходів щодо підвищення їх конкурентоспроможності. Для цього пропонується визначити «оптимальні» значення технологічних, економічних та техніко-експлуатаційних показників перевізного процесу на маршруті, що аналізується. При визначенні таких «оптимальних» показників також може бути застосована експертна оцінка, методика проведення якої наведе вище. Підсумкове «оптимальне» значення j -го показника може розраховуватися як середньоарифметичне $q_{сер}^j$. Наприклад у табл. 4 наведені результати опитування «експертів» відносно «оптимальних» значень базових показників перевізного процесу на маршруті №107.

Надалі слід провести порівняння діючих показників роботи маршруту з отриманими (на підставі опитування «експертів») «оптимальними» значеннями. Результати такого порівняння (для прикладу, що розглядається у роботі) із розрахунком відносного відхилення Δ^j між цими показниками наведені у табл. 5. Наступним етапом обґрунтування заходів щодо підвищення конкурентоспроможності маршруту є сумісна оцінка значень рангу j -го показника $R_{сер}^j$ та відносного відхилення діючих показників з оптимальними Δ^j . Результати такої сумісної оцінки доцільно представити у вигляді табл. 6 (показники, що характеризуються від'ємними значеннями Δ^j необхідно виключити із подальшого розгляду).

Аналіз інформації наведений у табл. 6 засвідчує, що головними показниками, які суттєво погіршують конкурентоспроможність маршруту №107 є недостатня місткість рухомого складу (на маршруті експлуатуються мікроавтобуси Mercedes Sprinter) і велика вартість проїзду. Ці два

показники взаємопов'язані між собою, оскільки із збільшенням місткості автобусів собівартість перевезення зменшується.

Таким чином можливо зробити висновок, що головною задачею щодо підвищення конкурентоспроможності маршруту №107 є заміна рухомого складу на автобуси більшої місткості.

Висновки. Запропонована методика оцінки конкурентоспроможності автобусних маршрутів, яка базується на кількісному аналізі технологічних, техніко-експлуатаційних та економічних показників перевізного процесу пасажирів. Наведені результати ранжирування значущості показників конкурентоспроможності, які були отримані за допомогою методу «експертних» оцінок. Виконано дослідження конкурентоспроможності автобусних міських маршрутів м. Дніпро та запропоновано методико-логічний підхід, щодо визначення заходів підвищення їх конкурентоспроможності.

Таблиця 4 – Результати опитування «експертів» відносно «оптимальних» значень базових показників перевізного процесу на маршруті №107

Показник	Експерт										$q_{сеп}^j$
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	
Початок роботи	6 ⁰⁰	5 ⁰⁰	5 ⁰⁰	7 ⁰⁰	5 ⁰⁰	5 ⁰⁰	5 ⁰⁰	5 ⁰⁰	6 ⁰⁰	6 ⁰⁰	5 ³¹
Закінчення роботи	23 ⁰⁰	0 ⁰⁰	23 ⁰⁰	1 ⁰⁰	23 ⁰⁰	22 ⁰⁰	0 ⁰⁰	0 ⁰⁰	22 ⁰⁰	0 ⁰⁰	23 ¹⁶
Тривалість роботи	17 ⁰⁰	19 ⁰⁰	18 ⁰⁰	18 ⁰⁰	18 ⁰⁰	17 ⁰⁰	19 ⁰⁰	19 ⁰⁰	16 ⁰⁰	18 ⁰⁰	18 ⁰⁰
Інтервал руху	5	3	4	3	4	4	10	4	5	4	4,7
Вартість проїзду	5,00	5,50	6,00	4,00	5,00	5,00	6,00	5,50	5,00	7,00	5,40
Місткість автобусів	30	45	40	25	50	40	50	55	40	60	44
Кількість автобусів	20	35	15	33	16	15	20	20	17	25	21
Швидкість сполучення	30	20	22	25	21	25	20	25	20	25	23,3
Час підходу до зупинки	3	5	5	2	3	2	5	4	10	4	4,2

Таблиця 5 – Порівняння діючих показників роботи маршруту №107 з «оптимальними» значеннями

Показник	Маршрут №107	«Ідеальний» маршрут	Пріоритет	$\Delta^j = q_{сеп}^j - q^{№107}$
Початок роботи	5:00	5:31	7	9%
Закінчення роботи	23:00	23:16	6	1%
Тривалість роботи	18:00	18:00	9	0%
Інтервал руху	5,0	4,7	1	6%
Вартість проїзду	7,00	5,40	4	30%
Місткість автобусів	18	44	2	59%
Кількість автобусів	37	21	8	-76%
Швидкість сполучення	20,7	23,3	3	11%
Час підходу до зупинки	2,9	4,2	5	-32%

Таблиця 6 – Показники які погіршують конкурентоспроможності маршруту №107

Показник	Ранг $R_{сеп}^j$	Δ^j	$R_{сеп}^j \cdot \Delta_j$
Початок роботи	0,52	9%	5%
Закінчення роботи	0,53	1%	1%
Інтервал руху	0,90	6%	6%
Вартість проїзду	0,56	30%	17%
Місткість автобусів	0,84	59%	50%
Швидкість сполучення	0,73	11%	8%

1. Нагорный Е.В. Коммерческая работа на автомобильном транспорте / Е.В. Нагорный, Н.Ю. Шраменко: учебник. Харьков: ХНАДУ, 2010. – 324 с.

2. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: монография / М.Р. Якимов, Ю.А. Попов. – М.: Логос, 2014. – 200 с.

3. Хафизова А.В. Обеспечение конкурентоспособности услуг по перевозке пассажиров автобусами в городском сообщении: дис. кандидата эконом. наук: 08.00.05 / Хафизова Анастасия Викторовна. – Уфа: УГАЭиС, 2010. – 144 с.

4. Тарасова Т.А. Методика оценки конкурентоспособности оказываемых услуг транспортными организациями / Т.А. Тарасова // Актуальні проблеми економіки. – 2013. – №6. – С. 454-459.

5. Шарыпов Б.Н. Разработка методики оценки конкурентоспособности автобусов для городских пассажирских перевозок: дис. кандидата техн. наук: 05.22.10 / Шарыпов Борис Николаевич. – Вологда: ВПИ, 1998. – 144 с.

REFERENCES

1. Nagornyiy, E.V., & Shramenko, N.Yu. (2010). Kommercheskaya rabota na avtomobilnom transporte. [Commercial work on automobile transport]. Kharkiv: KhNAHU [in Ukrainian].
2. Yakimov, M.R., & Popov, Yu.A. (2014). Transportnoe planirovanie: prakticheskie rekomendatsii po sozdaniyu transportnykh modeley gorodov v programnom komplekse PTV Vision® VISUM [Transport planning: practical recommendations for creating transport models of cities in the PTV Vision® VISUM software package]. Moscow: Logos [in Russian].
3. Hafizova A.V. (2010). Obespechenie konkurentosposobnosti uslug po perezovke passazhiro v avtobusakh v gorodskom soobschenii [Ensuring the competitiveness of services for the transportation of passengers by buses in urban transport]. Candidate's thesis. Ufa: USAES [in Russian].
4. Tarasova T.A. (2013). Metodika otsenki konkurentosposobnosti okazyvaemykh uslug transportnymi organizatsiyami [Methodology for assessing the competitiveness of services provided by transport organizations]. Aktualnyye problemy ekonomiki – Actual problems of the economy, 6, 454-459 [in Ukrainian].
5. Sharypov B.N. (1998). Razrabotka metodiki otsenki konkurentosposobnosti avtobusov dlya gorodskikh passazhirskikh perezovok [Development of a method for assessing the competitiveness of buses for urban passenger transport]. Candidate's thesis. Vologda: VPI [in Russian].

Таран І.А., Литвин В.В. Исследование конкурентоспособности городских автобусных маршрутов г. Днепр.

В работе обоснована актуальность исследования конкурентоспособности маршрутов городского общественного транспорта для повышения экономических показателей деятельности автотранспортных предприятий. Выполнен анализ существующих методов оценки конкурентоспособности автобусных маршрутов с указанием их основных преимуществ, недостатков и области применения. Предложенная методика оценки конкурентоспособности автобусных маршрутов, которая основана на количественном анализе технологических, технико-эксплуатационных и экономических показателей перевозочного процесса пассажиров. Представлены результаты ранжирования значимости показателей конкурентоспособности, которые были получены с помощью метода «экспертных» оценок. Выполнено исследование конкурентоспособности автобусных городских маршрутов г. Днепр и предложен методико-логический подход по определению мероприятий повышения их конкурентоспособности.

Ключевые слова: конкурентоспособность, ранжирование, стоимость проезда, метод «экспертных» оценок.

I. Taran, V. Litvin. Competitiveness research of city bus routes in the city of Dnepr.

The thematic justification of the competitiveness research of city public transport routes for increase of economic indicators of the motor transportation enterprises activity is proved in the work. The analysis of existing methods for assessing the competitiveness of bus routes with an indication of their main advantages, disadvantages and scope is carried out. The proposed methodology for assessing the competitiveness of bus routes, which is based on a quantitative analysis of technological, technical, operational and economic indicators of the passenger transportation process. The results of ranking the significance of competitiveness indicators, which were obtained using the method of «expert» estimates, are presented. The study of the competitiveness of city bus routes in Dnepr has been carried out and a methodological and logical approach has been proposed to identify measures to improve their competitiveness.

Keywords: competitiveness, ranking, fare, the method of "expert" estimates.

АВТОРИ:

ТАРАН Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри управління на транспорті, ДВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: taran7077@gmail.com.

ЛИТВИН Вадим Вікторович, старший викладач кафедри «Управління на транспорті», ДВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com.

АВТОРЫ:

ТАРАН Игорь Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления на транспорте, ГВУЗ «Национальный горный университет», e-mail: taran7077@gmail.com.

ЛИТВИН Вадим Викторович, старший преподаватель кафедры управления на транспорте, ГВУЗ «Национальный горный университет», e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com.

AUTHORS:

Igor TARAN, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: taran7077@gmail.com;

Vadim LITVIN, senior lecturer of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com.

Стаття надійшла в редакцію 10.4.2018 р.

Тарандушка Л.А., Костьян Н.Л.
Черкаський державний технологічний університет

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ СТРАТЕГІЇ ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЯКІСНОГО ВИКОНАННЯ ПОСЛУГ НА АВТОСЕРВІСНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Побудовано, функціональну модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві. Було визначено всі елементи процесу проектування та організації автосервісного підприємства, які впливають на якість виконуваних послуг та взаємозв'язок між ними.

Ключові слова: функціональна модель, автосервісні підприємства, організаційна структура.

Постановка проблеми. Розвиток автомобільного парку, забезпечення його ефективного використання та підтримка його технічного стану протягом терміну експлуатації – основна задача автосервісу.

Розрізняють два види автосервісних підприємств: авторизовані та незалежні.

Авторизований автосервіс має авторизацію виробника, тобто він реалізує його виробничу та ринкову політику, працює за його технологіями та є представником заводу в умовах експлуатації. Його основна задача – продаж автомобілів виробника на території ринкової відповідальності, їх передпродажна підготовка, технічна підтримка в рамках гарантії та регламентного меню протягом гарантійного періоду, а також обслуговування та ремонт автомобілів по за гарантійним терміном експлуатації.

Незалежний автосервіс (automotive aftermarket) – вторинний (після продажний) автомобільний ринок – автосервіс, основними функціями якого є підтримка роботоздатності, обслуговування та ремонт автомобілів у післягарантійний період. До його складу входять пункти обслуговування, автомайстерні, універсальні та спеціалізовані станції технічного обслуговування. Характерною особливістю незалежного автосервісу у всіх розвинутих країнах є те, що він має багато невеликих станцій, з кількістю працюючих до 5 – 10 чоловік [1].

Прибутковість та ефективність автосервісних підприємств залежить від ефективності маркетингу, інновацій та менеджменту організації з погляду економічної ефективності використання ресурсів [2]. Тобто прибутковість залежить від рівня використання потенціалу ринку, потужності, рівня його завантаженості, рентабельності послуг та кількості клієнтів.

У зв'язку з цим **метою роботи** є побудова, функціональної моделі вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві.

Результати досліджень. Проблеми методології обґрунтування організації та функціонування автосервісних підприємств в ринкових умовах досліджували багато науковців. Досліджувалися питання формування ринку автосервісних послуг, структури системи автосервісу, моделей розвитку виробництва автосервісних підприємств [3-5]. Також аналізують питання ефективності діяльності та якості послуг автосервісних підприємств [6-8]. Перспективним є напрям досліджень, пов'язаний з логістичним підходом до вивчення проблем автосервісу. У багатьох працях розглянуто маркетингову та сервісну стратегії [9], загальні питання логістики організації автосервісних підприємств [10].

Логістичний підхід є перспективним і потребує подальшого розвитку.

Вимоги до методичних підходів організації автосервісних підприємств повинні забезпечувати можливість комплексного аналізу та достовірної оцінки всієї сукупності споживчих та виробничих критеріїв та регіону розташування автосервісного підприємства для виконання якісних послуг.

Визначальним фактором формування і оцінки необхідної якості послуги є взаємодія виконавця і споживача. При визначенні складу властивостей і показників якості послуги, як об'єкта оцінки необхідно враховувати технічні, економічні та соціальні аспекти. При взаємодії виконавця і споживача першочергова увага приділяється ступеню задоволення послугою споживачів.

Морфологічний та функціональний описи передбачають перехід до визначення поелементного складу, побудови об'єкту та взаємовідношень параметрів, які виявлені під час параметричного опису системи.

Система несе ієрархічну структуру і розкладається на ряд підсистем, при цьому основною ознакою виділення підсистем є її цільове призначення. У підсистеми повинні бути цілі функціонування, що випливають із загальних цілей функціонування системи.

Самі підсистеми можуть, у свою чергу, розглядатися як системи, що складаються з підсистем. Система, її підсистеми та елементи можуть бути подані у вигляді ієрархічної структури графа [11].

Функціональна модель поставленої задачі побудована за стандартом функціонального моделювання IDEF0, що належить до групи стандартів структурного моделювання IDEF. Середовищем моделювання є Case-засіб AllFusion Process Modeler, який входить до інтегрального пакету інструментальних засобів, що підтримують етапи розробки інформаційних систем – AllFusion Modeling Suite. На рис.1 представлено контекстну діаграму моделі системи оптимізації роботи АСП.

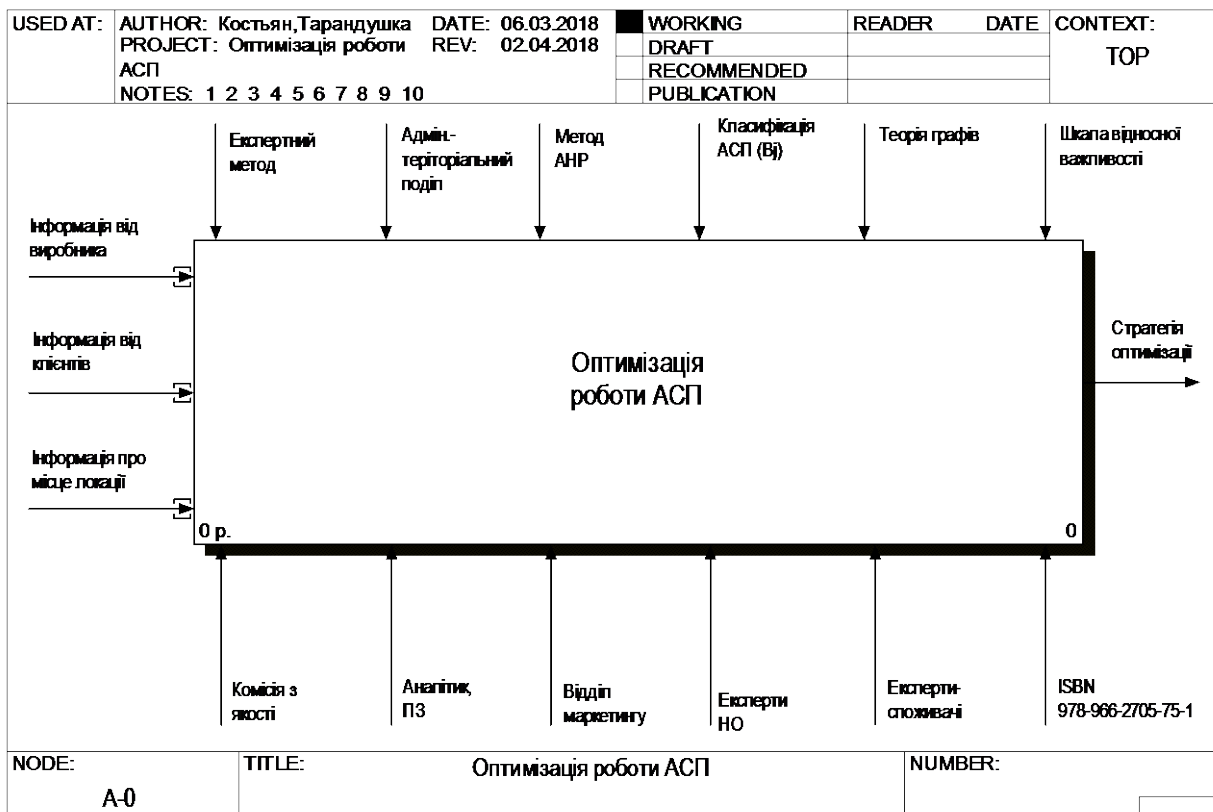


Рис. 1. Контекстна діаграма моделі

На рис.1 було використано наступні скорочення: АНР – Analytic Hierarchy Process, ПЗ – програмне забезпечення, НО – наочна область.

Всі процеси на діаграмах функціональних моделей за стандартом IDEF0 зображуються у вигляді прямокутників. Стрілки, що входять у прямокутник зверху, відповідають керуючим впливам, регламентуючим документам, що надходять ззовні розглянутого процесу. Для здійснення оптимізації роботи автосервісне підприємство (АСП) необхідно задіяти наступні ресурси: комісію з якості, працівників відділу маркетингу, експертів наочної області, експертів з числа споживачів, команди аналітиків. Всі розрахунки виконуються за допомогою прикладного програмного забезпечення. Для складання вихідної номенклатури окремих параметрів використовується спеціалізована література (див. індекс на рис. 1). Виходом моделі є запропонована стратегія оптимізації роботи АСП за рахунок вибору найбільш прийнятної форми організації виконання запропонованих послуг у даному регіоні.

На контекстній діаграмі стрілки входів головного бізнес-процесу зображені спеціальним чином: взяті у «тунель». Цей прийом використано, щоб розвантажити декомпозицію наступного рівня, на якій зазначені стрілки відсутні, що допускається стандартом IDEF0.

Головний процес розподіляється на п'ять підпроцесів, що представлено на декомпозиції моделі першого рівня (рис. 2).

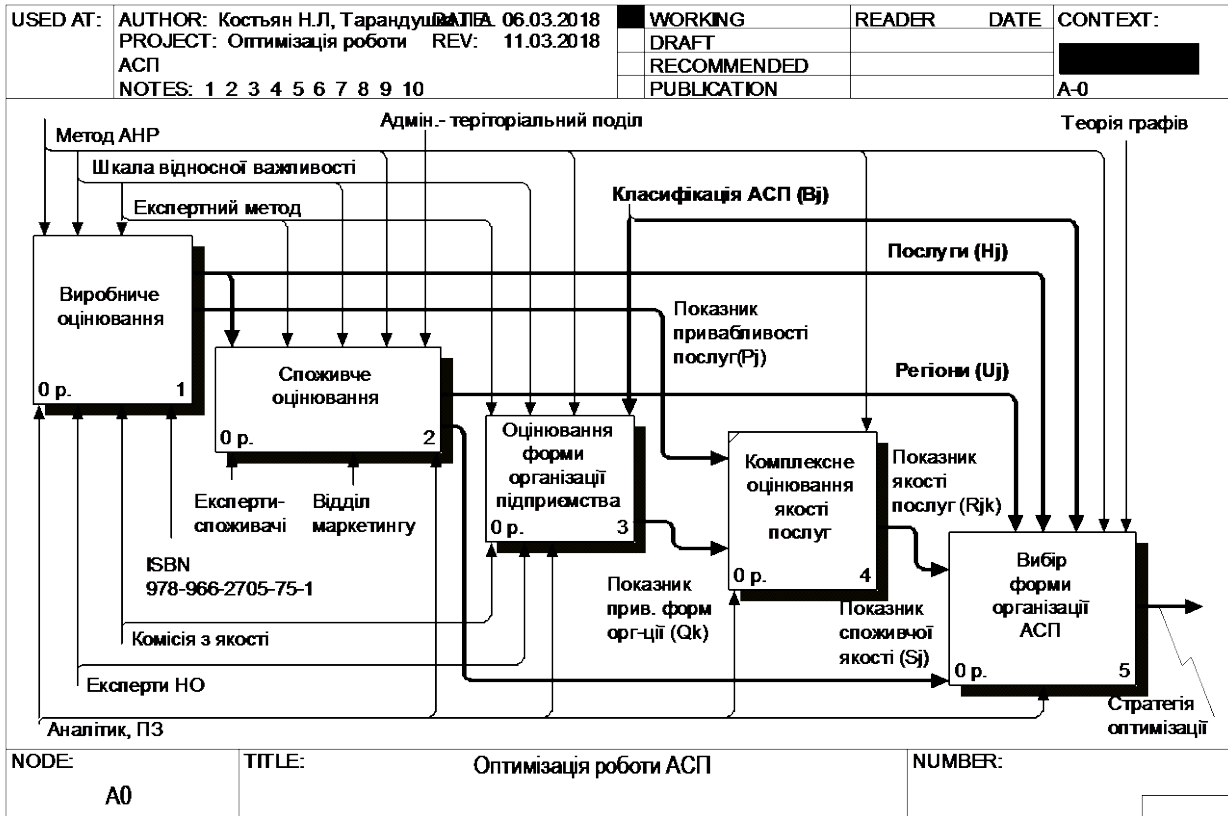


Рис. 2. Декомпозиція процесу «Оптимізація роботи АСП»

Спочатку виконується оцінювання пропонуваних послуг працівниками АСП (рис. 3).

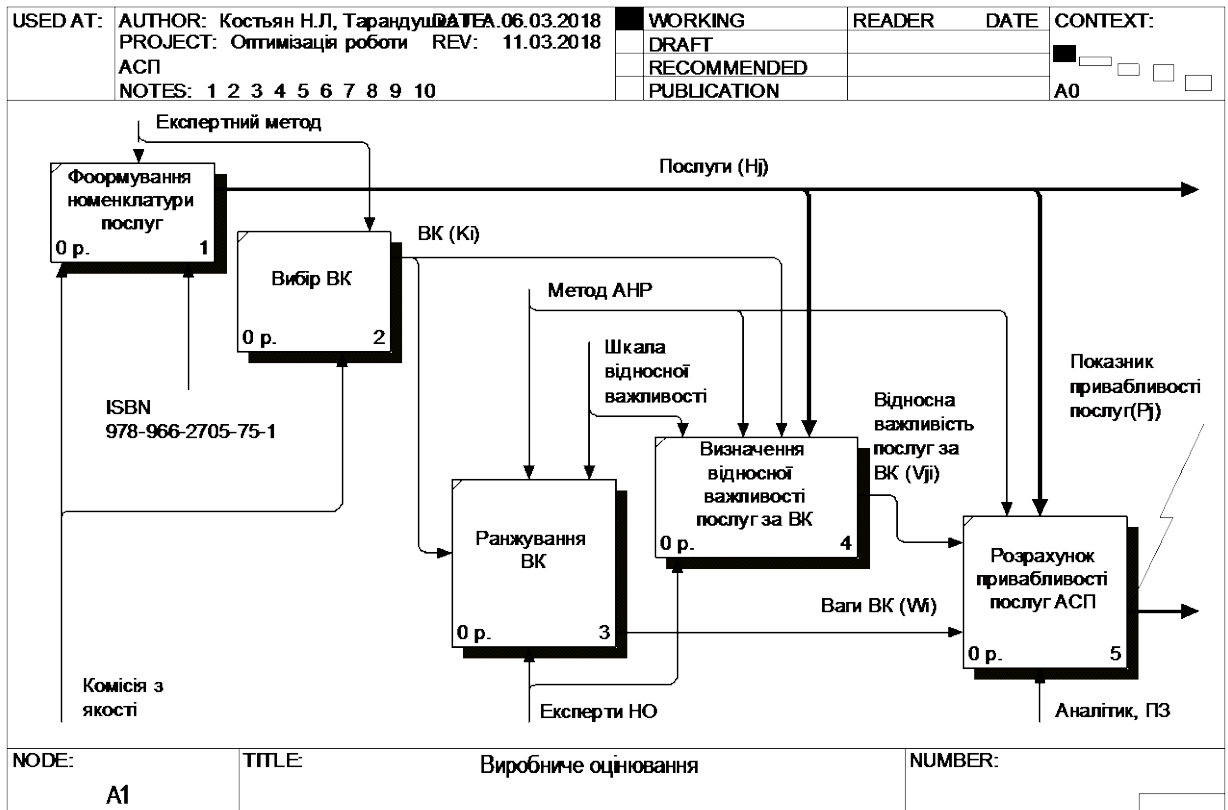


Рис. 3. Декомпозиція процесу «Виробниче оцінювання»

Під час реалізації даного процесу формується номенклатура послуг, що є прийнятними на даному підприємстві. На наступному етапі обрані послуги оцінюються експертами з числа споживачів (рис. 4).

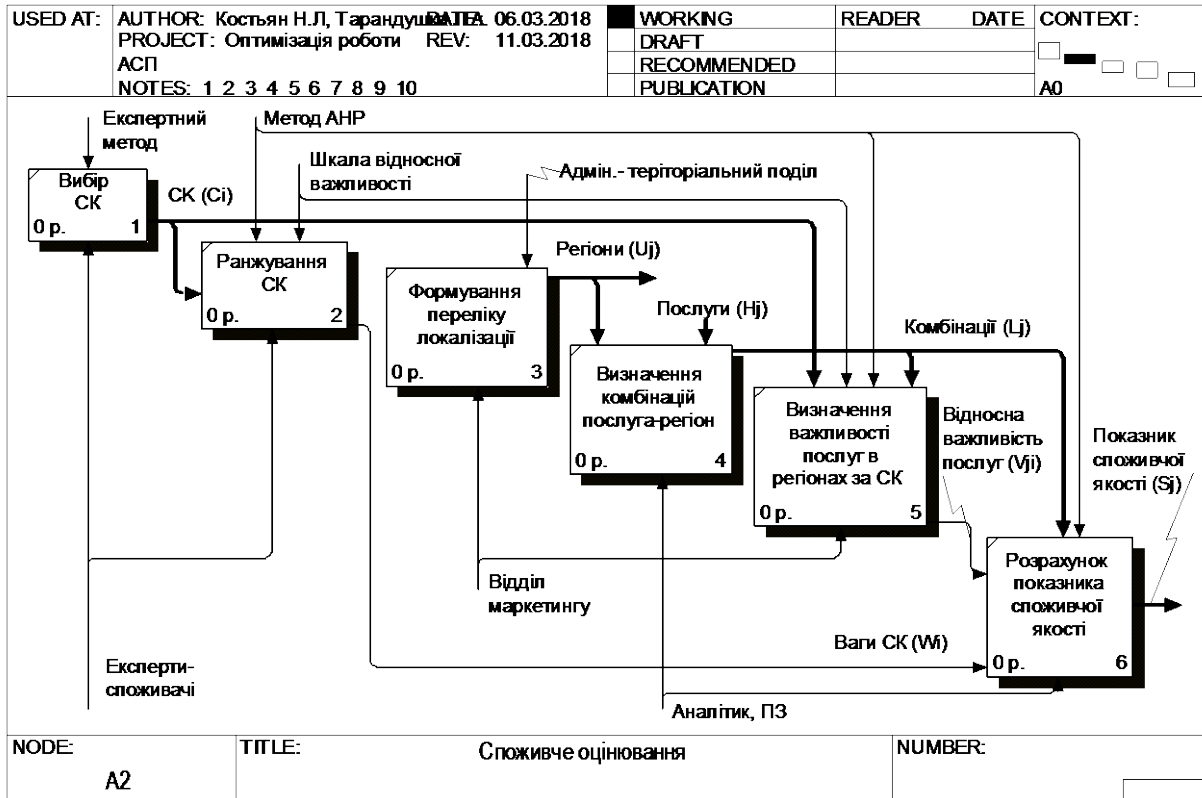


Рис. 4. Декомпозиція процесу «Споживче оцінювання»

Паралельно з оцінювання послуг експертами-споживачами може виконуватись оцінювання виробниками можливих форм організації майбутнього підприємства (рис. 5).

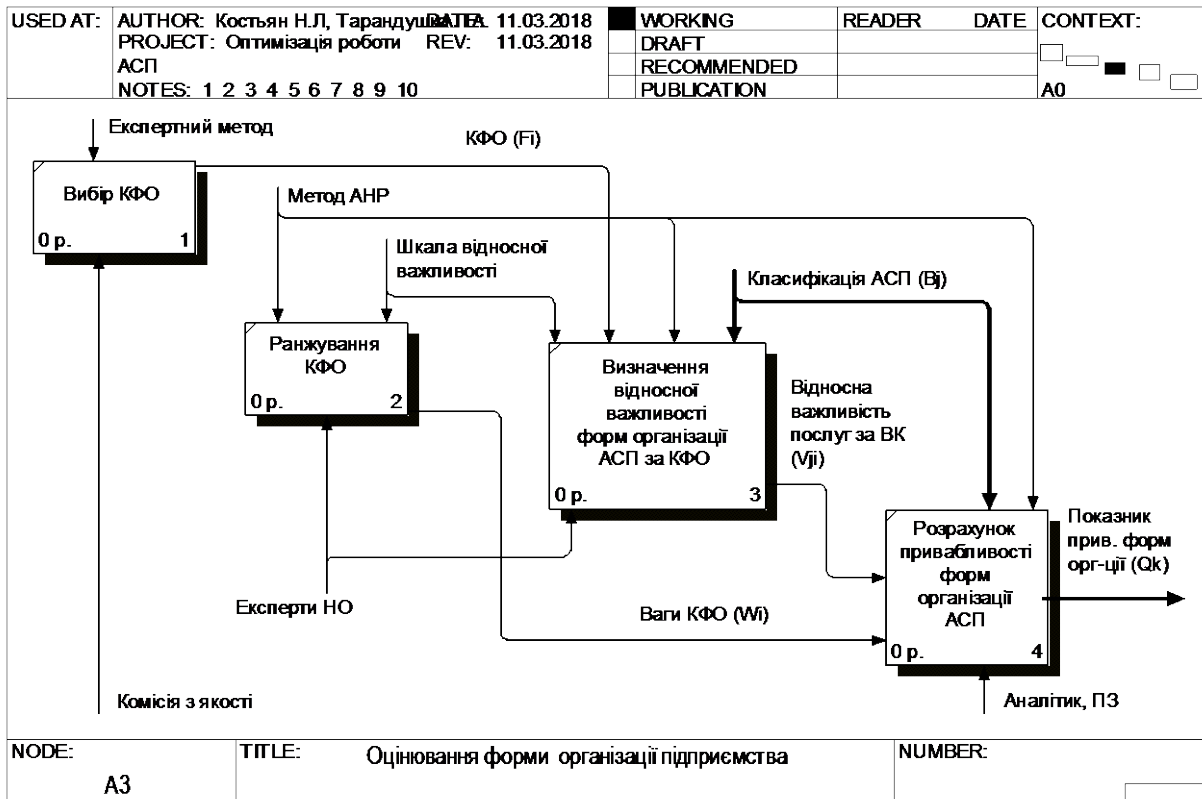


Рис. 5. Декомпозиція процесу «Оцінювання форми організації підприємства»

Скорочення на рис.5: КФО – критерії оцінки форми організації АСП.

Далі виконується комплексне оцінювання пропонованих послуг, на основі якого здійснюється вибір найкращої форми організації підприємства в заданих умовах. В процесі вибору оптимальної організації АСП використовується теорія графів та теорія оптимізації (рис. 6).

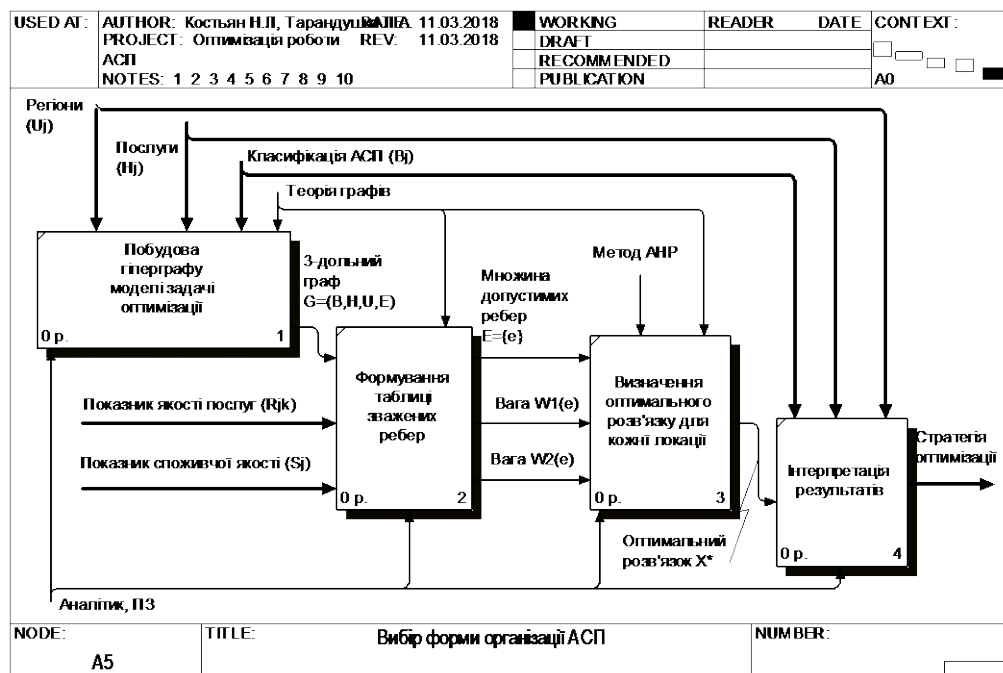


Рис. 6. Декомпозиція процесу «Вибір форми організації АСП»

Висновок. В даній статті розроблено функціональну модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісному підприємстві. За допомогою даної моделі можна визначити всі елементи процесу проектування та організації автосервісного підприємства, які впливають на якість виконуваних послуг та взаємозв'язок між ними. Skorystavshysya danoju modelju, možna zazdalegidь na etapi proektuvannya avtoservіsnogo pidpriemstva vrahuvati vsi neobkhіdni parametри dlya майбутнього якісного виконання послуг на прибутковому та економічно ефективному підприємстві. Розроблена модель визначає вимоги для проектування автоматизованої системи оптимізації роботи на автосервісних підприємствах для якісного виконання послуг.

1. Сайт НАПА «Громадське об'єднання незалежних автосервісів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://napa.org.ua/index.php/2-uncategorised/39-sistemy-avtoservisa.html>.
2. Друкер П. Практика менеджмента / П. Друкер - М.: Питер, 2004. - 352 с.
3. Марков О.Д. Незалежний автосервіс: аналіз стану та перспективи розвитку / О. Д. Марков, М.М. Дронь // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 3(62). – С. 128–136.
4. Миротин Л.Б. Управление автосервисом / Л.Б. Миротин, А.А. Ряховский, М.Ю. Останенко и др. – М.: Экзамен, 2004. – 320 с.
5. Лукинський В.С. Логістика автомобільного транспорту: концепція, методи, моделі / В.С. Лукинський, В.И. Бережной, Е.В. Бережная, И.А. Цвиринько. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 280 с.
6. Марков О.Д. Критерії та показники ефективності автосервісу / О.Д. Марков, П.О. Марков // Управління проектами, системний аналіз і логістика. 2013. – № 12. – С. 110–116.
7. Васильєва О.Е. Ефективність сервісного обслуговування продукції / О.Е. Васильєва. – М.: Економіка, 2007. – 175 с.
8. Марков О.Д. Автосервіс: Ринок, автомобіль, клієнт / О.Д. Марков – М.: Транспорт, 1999. – 270 с.
9. Рибалко Н.В. Маркетинговий аналіз ринку автосервісних послуг / Н.В. Рибалко // Вісник Донецького університету економіки та права. – 2013. – № 2. – С. 180–183.
10. Смерічевська С.В. Логістична підтримка діяльності автосервісних підприємств / С.В. Смерічевська, М. В. Жаболенко // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки. – 2010. – № 3 (33). – С. 215–218.
11. Дмитриченко М.Ф. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб./ М. Ф. Дмитриченко, В. П. Матейчик, О. К. Гришук, М. П. Цюман – К.: НТУ, 2014. – 168 с.

REFERENCES

1. Сайт NAPA «Hromadske obiednannia nezaleznykh avtoservisiv» [Sait of NAPA «Public association of independent service interprise»]. napa.org.ua. Retrieved from <http://napa.org.ua/index.php/2-uncategorised/39-sistemy-avtoservisa.html> [in Ukrainian].
2. Drucker, P. (2004). *Praktyka menedzhmenta [Practice Management]*. Moscow: Peter [in Russian].

3. Markov, O.D. & Dron, M.M. (2012). Nezalezhny avtoservis: analiz stanu ta prospecti rozvitu [Independent car service: analysis of the status and prospects of development]. *Visnik ZHDTU – Bulletin of ZSTU*, 3 (62), 128-136 [in Ukrainian].
4. Mirotin, L.B., Riakhovskiy, A.A. & Ostanenko, M.Yu. (2004). *Upravlenye avtoservysom [Management of auto service]*. Moscow: Examen [in Russian].
5. Lukynskiy, V.S., Berezhnoi, V.Y., Berezhnaia, E.V. & Tsvyrynko Y.A. (2000). *Lohystyka avtomobilnoho transporta: kontseptsyia, metody, modely [Logistics of motor transport: concept, methods, models]*. Moscow: Finance and Statistics [in Russian].
6. Markov, O.D. & Markov, P.O. (2013). Kryterii ta pokaznyky efektyvnosti avtoservisu [Criteria and efficiency indicators of car-care center]. *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohystyka – Project management, system analysis and logistics*, 12, 110-116 [in Ukrainian].
7. Vasilieva, O.E. (2007). *Effektyvnost servysnoho obsluzhivanyia produktsyy [Efficiency of Service Product Service]*. Moscow: Economics [in Russian].
8. Markov, O. D. (1999). *Avtoservys: Rinok, avtomobil, klyent [Autoservice: Market, automobile, client]*. Moscow: Transport [in Russian].
9. Rybalko, N.V. (2013). Marketynhovyi analiz rynku avtoservisnykh posluh [Marketing analysis of the autoservice services market]. *Visnyk Donetskoho universytetu ekonomiky ta prava – Bulletin of Donetsk University of Economics and Law*, 2, 180-183 [in Ukrainian].
10. Smerichevska, S.V. & Zhabolenko, M.V. (2010). Lohistychna pidtrymka diialnosti avtoservisnykh pidpriemstv [Logistic support of autoservice enterprises]. *Visnyk Chernivetskoho torhovelno-ekonomichnoho instytutu. Ekonomichni nauky – Bulletin of the Chernivtsy Trade and Economic Institute. Economics*, 3 (33), 215-218 [in Ukrainian].
11. Dmitrichenko, M.F., Mateichyk, V.P., Grishchuk, O.K. & Tsyuman, M.P. (2014). *Metody systemnoho analizu vlastyvopei avtomobilnoi tekhniky [System analysis methods of the automotive engineering properties]*. Kyiv: NTU [in Ukrainian].

Тарандушка Л.А., Костьян Н.Л. Функціональна модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісних підприємствах.

Побудовано функціональну модель вибору стратегії форми організації виробництва для якісного виконання послуг на автосервісних підприємств. Були визначені всі елементи процесу проектування та організації автосервісного підприємства, які впливають на якість виконуваних послуг та взаємозв'язок між ними.

Ключевые слова: функціональна модель, автосервісні підприємства, організаційна структура.

L. Tarandushka, N. Kostian. Functional model of selection the strategy form organization of production for the qualitative performance of services at auto service enterprises.

The functional model of selection the strategy form organization of production for the qualitative performance of services at auto service enterprises is constructed. All elements of organization and design process service enterprises were determined. They affect the quality of the services and it is determined the relationship between them.

Keywords: functional model, autoservice enterprises, organizational structure.

АВТОРИ:

ТАРАНДУШКА Людмила Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Автомобілів та технологій їх експлуатації», Черкаський державний технологічний університет, e-mail: tarandushkal@ukr.net

КОСТЬЯН Наталія Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Автомобілів та технологій їх експлуатації», Черкаський державний технологічний університет, e-mail: 438knl@gmail.com

АВТОРЫ:

ТАРАНДУШКА Людмила Анатольевна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Автомобилей и технологий их эксплуатации», Черкасский государственный технологический университет, e-mail: tarandushkal@ukr.net

КОСТЬЯН Наталья Леонидовна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Автомобилей и технологий их эксплуатации», Черкасский государственный технологический университет, e-mail: 438knl@gmail.com

AUTHORS:

Liudmila TARANDUSHKA - Ph.D., associate professor Cherkasy State Technological University, associate professor department of automobiles and technologies of their operating, Cherkasy State Technological University, e-mail: tarandushkal@ukr.net

Nataliia KOSTIAN, - Ph.D., associate professor Cherkasy State Technological University, associate professor department of automobiles and technologies of their operating, Cherkasy State Technological University, e-mail: 438knl@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 04.04.2018р.

УДК 656.13
UDC 656.13Шарай¹ С.М., Мурований² І. С., Дехтяренко¹ Д.О., Ященко¹ В.М.
¹Національний транспортний університет
²Луцький національний технічний університет**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕДУР ПЕРЕТИНУ
КОРДОНУ – ПОТРЕБА ЧАСУ**

Визначено проблеми перетину кордону, які супроводжують процес організації та виконання перевезень у міжнародному сполученні. Запропоновано шляхи підвищення ефективності перетину кордону автомобільними перевізниками.

Ключові слова: міжнародні автомобільні перевезення, прикордонний контроль, митні формальності, скорочення витрат часу, ефективність.

Постановка проблеми. Здійснення в установленому порядку прикордонного контролю і пропуску через державний кордон осіб, транспортних засобів, вантажів є однією з основних функцій діяльності Державної прикордонної служби України. Ця діяльність, особливо в останні роки, постійно вдосконалюється з урахуванням європейського та світового досвіду в зазначеній сфері.

Основні аспекти функціонування контролюючих систем на кордоні, зокрема, питання щодо скорочення витрат часу на здійснення прикордонних та митних формальностей досліджуються в наукових працях як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Проблема прикордонного регулювання та перспективам митного контролю приділяється багато уваги в працях таких відомих науковців і практиків, як А. Войцешук [3], О. Гребельник [4], Д. Приймаченко [5], В. Ченцов [6].

Мета роботи. Удосконалення рівня організаційної та правової діяльності прикордонних органів з урахуванням європейського досвіду є актуальним та сприятиме підвищенню ефективності діяльності міжнародних перевізників.

Результати досліджень. Останніми роками має місце стала тенденція зростання кількості перетинів транспортними засобами державного кордону України. Зокрема, у 2016 році зросла кількість перетинів вантажними транспортними засобами ділянки кордону з Польщею (на 110,8%), Румунією (на 120,3%), Молдовою (на 115,7%), Словаччиною (на 121,2%) у порівнянні з 2015 . Просліджується стала динаміка збільшення кількості перетинів вантажним автотранспортом за ділянками кордону майже з усіма сусідніми державами, за виключенням Угорщини та Російської Федерації (табл. 1.1). Основний потік перетинів кордону вантажними автомобілями за 2016 рік припадає на ділянку кордону з Польщею (33,3% від загального обсягу). Щодо митного контролю через державний це кордон України здійснюється пропуск біля 50-ти тисяч транспортних засобів [7].

Таблиця 1.1 – Середньодобовий пропуск автомобільного вантажного транспорту через державний кордон України, один.

№ з/п	Ділянка кордону	Рік					Питома вага кількості перетинів,% за 2016	2016/2015 (у відсотках)	2016/2012 (у відсотках)
		2012	2013	2014	2015	2016			
1	польська	2255	2207	1893	1652	1831	33,3	110,8	81,2
2	словацька	334	341	284	231	280	5,1	121,2	83,8
3	угорська	493	462	382	424	407	7,4	96,0	82,6
4	румунська	396	436	395	389	468	8,5	120,3	118,2
5	молдовська	733	823	812	822	951	17,3	115,7	129,7
6	російська	2063	2040	1414	1134	890	16,2	78,5	43,1
7	білоруська	728	727	720	604	671	12,2	111,1	92,2
	РАЗОМ	7001	7036	5901	5257	5498	100,00%	-	-

Основним нормативно-правовим актом, який визначає підходи у галузі пропуску через державний кордон осіб і транспортних засобів, є Закон України «Про прикордонний контроль» [1].

На вимогах зазначеного закону та інших нормативно - правових актів базується стратегія подальшого розвитку прикордонного контролю, пріоритетами якої є: безпека, швидкість, культура, комфорт. Одним із визначальних факторів цивілізованості проведення процедур на кордоні, з точки зору учасників міжнародного руху, є швидкість їх проведення. Загальним показником швидкості здійснення контрольних операцій є зменшення часу перебування учасників міжнародного руху в пункті пропуску.

Організація спільного контролю на кордоні між двома державами, відомого також під назвою змішаного контролю, є досить поширеною практикою в європейських державах. По суті, ця форма контролю передбачає високий рівень взаємодії між службами прикордонного і митного контролю двох держав, які з метою виконання своїх функціональних обов'язків розміщені в прикордонних контрольних пунктах на території однієї держави, лише на одній стороні кордону. Суть спільного контролю полягає у встановленні тісного співробітництва між прикордонними службами, що має безпосередній вплив на якість як самого контролю, так і обслуговування пропуску через кордон, зокрема в результаті скорочення часу на його перетин. Ця форма контролю визнана найбільш вигідною також в силу того, що передбачає скорочення витрат на будівництво і утримання сусідніми державами інфраструктури пунктів пропуску.

Прикордонним відомством України на підставі укладених міжнародних договорів у такий спосіб здійснюється проведення прикордонної перевірки на кордоні з Польщею та Молдовою. Україною проводяться консультації зі Словаччиною, Угорщиною та Румунією стосовно створення договірно-правового механізму запровадження спільного прикордонного та митного контролю. В якості експерименту передбачається поєднання меж зон прикордонного та митного контролю, зупинку автомобіля лише один раз, для спрощеного порядку оформлення осіб та транспортних засобів в пункті пропуску «Нові Яриловичі - Нова Гута» на українсько-білоруській ділянці державного кордону [2].

Стаття 26 Закону України «Про прикордонний контроль» визначає, що спільний прикордонний контроль із суміжними державами може здійснюватися на території України та за її межами. Мета, послідовність процедур та обсяг здійснення спільного контролю визначаються міжнародним договором [1]. У листопаді 2009 року міністри закордонних справ Польщі та України підписали спільну декларацію, в якій заявили, що українська та польська сторони докладатимуть зусиль для створення на базі законів Польщі та України документу для спільного контролю на території двох держав.

Ситуація змінилась після прийняття у 2014 році змін до Шенгенського кодексу про кордони, які дозволяють контролюючим органам зазначених країн виконувати відповідні функції на території третіх країн, на чому Україна неодноразово наполягала під час переговорів різного рівня. Водночас, практичний підхід держав-членів ЄС до запровадження спільного контролю залишився без змін, за виключенням Польщі. Зміни у Шенгенському кодексі про кордони дозволили укладання двосторонніх угод з сусідніми країнами щодо створення спільних пунктів перетину кордону, де прикордонні служби двох держав будуть працювати поруч один з одним на в'їзд та виїзд. Спільні пункти перетину кордону зможуть бути розташовані як на території Шенгенських держав, а також на території інших країн сусідів.

Досвід країн ЄС в організації прикордонного контролю доводить, що «ідеальним» контрольним пунктом є пункт, розташований безпосередньо по обидва боки лінії кордону, при цьому прикордонні контрольні органи здійснюють діяльність на своїх національних територіях. В даному випадку особи, транспортні засоби та інше майно піддаються контролю при в'їзді і виїзді на території тільки одного поста, не маючи можливості переміщення по території будь-якої держави без попереднього проходження прикордонного контролю.

Іншою формою прикордонного контролю є так званий напівзмішаний спільний контроль, здійснюваний на території обох держав в одному напрямку. Ця форма контролю передбачає організацію контрольних пунктів по кожному сторону кордону, з присутністю на кожному посту представників обох держав і здійсненням прикордонного контролю тільки в одному напрямку. Існують два варіанти здійснення такої форми контролю. Перший варіант передбачає здійснення всіх процедур прикордонного контролю обох країн на території країни виїзду. При цій формі контролю контроль виїзду з країни здійснюється на національній території, а контроль в'їзду – на території сусідньої держави. Другий варіант є протилежним першому і передбачає здійснення всіх процедур прикордонного контролю обох держав на території країни в'їзду (наприклад ПП «Устилуг – Зосін» на польському кордоні або ПП «Мамалига – Крива», «Кельменці – Ларга», «Россошани – Брічень», «Рені

– Джурджюлешть» на молдовському кордоні). При такій формі контролю контроль в'їзду в країну здійснюється на національній території, а контроль в'їзду здійснюється органами країни в'їзду, які розташовані, при цьому, на території країни в'їзду.

Більш передовою формою прикордонного контролю є спільний контроль, здійснюваний на території тільки однієї держави. Наприклад, пункт пропуску «Долгобичув – Угринів» згідно законодавства побудований і знаходиться повністю на польській стороні. Так само як і на ПП «Грушів – Будомеж». Така форма організації прикордонного контролю передбачає наявність на шляху пропуску через кордон тільки одного контрольно-пропускного пункту, розміщеного на території однієї з держав, на якому присутні контролюючі органи обох країн. Звісно, для організації такої форми контролю необхідна деяка адаптація положень законодавства приймаючої країни з метою надання права контролюючим органам сусідньої держави здійснювати на даній території певні дії правового характеру, які з юридичної точки зору є абсолютно законними тільки на національній території цих органів. Хоча єдину зупинку як подорожуючі, так і прикордонні служби оцінюють позитивно, слід зазначити, що є деякі проблеми, які треба прийняти до уваги при плануванні інфраструктури пункту пропуску чи введенні єдиної зупинки на постійній основі. Найбільш частими претензіями є такі:

- відсутність належної інфраструктури;
- відмінності в правилах, що діють в Польщі та Україні;
- нестача кадрів;
- проблеми зі зв'язком;
- відмінності в етичних відносинах і поведінці польських та українських службових осіб;
- неповне використання можливостей, що надає робота служб в одному місці;
- ризик нездорового суперництва між службами сусідніх держав.

Проблемою також є уніфікація процедур прикордонного контролю. Вона передбачає здійснення прикордонного контролю в усіх пунктах пропуску в однакових обсягах, чого на практиці не завжди можна досягти через нерівномірний розвиток пунктів пропуску та недостатню їх облаштованість.

Україна взяла на себе зобов'язання відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та ЄС сприяти координації між усіма прикордонними агентствами як всередині, так і через кордони для полегшення процесу перетину кордонів і посилення контролю, беручи до уваги спільний контроль на кордоні, де це можливо і доречно. Яскравим прикладом співпраці прикордонних відомств є досвід скандинавських країн, зокрема Норвегії, Швеції та Фінляндії. З 1960-х Норвегія співпрацює зі шведською та фінською митницями. Прикордонне співробітництво Норвегії, Швеції та Фінляндії засноване на простій ідеї поділу праці – національні прикордонні відомства кожної країни мають право надання послуг та реалізації офіційних повноважень не тільки від імені своєї держави, але й від імені сусідніх держав. Наприклад, якщо товари вивозяться з Норвегії, шведська, фінська або норвезька митниці можуть взяти на себе роботу з усіма документами, пов'язаними з експортом з Норвегії і ввезенням (імпортом) до Швеції або Фінляндії. Це також може застосовуватись, коли товари ввозяться до Норвегії. Слід зазначити, що кордони між Норвегією і Швецією (1630 км) та Норвегією і Фінляндією (736 км), зазвичай, знаходяться в малонаселеній сільській місцевості. Розрахунки експертів показали, що в разі відсутності вищезгаданого прикордонного співробітництва Норвегія мала б побудувати 10 нових митниць і найняти принаймні ще 100 митників.

Пропонуються такі заходи, запровадження яких могло б покращити контроль та прискорити процедури перетину кордону, а саме:

- створення та облаштування зон спільного контролю;
- забезпечення наявності місць для детального огляду транспортних засобів та подорожуючих осіб службовцями сусідньої держави;
- організація руху транспортних засобів або подорожуючих осіб таким чином, аби з'явилася можливість більш детального їх огляду, що не потягала б необхідність зупинок в роботі інших служб;
- забезпечення наявності належних офісних приміщень, де забезпечується безпечність у використанні баз даних, які містять персональні дані. При цьому співробітники контролюючих органів повинні мати можливість виконувати свої обов'язки, використовуючи різні системи і бази даних, окремо, що забезпечуватиме адекватність захисту персональних даних;
- розширення площі приміщень, де можуть вільно працювати посадові особи усіх служб;
- підготовка відповідних облаштованих приміщень для співробітників сусідніх держав.

Висновки. Встановлено, що використання сучасних технологій проведення митного контролю дозволяє оптимізувати управління процесом перетину кордону, сприяє підвищенню ефективності діяльності транспортного комплексу країни і активізації його інтеграції в світову транспортну систему, дозволяє збільшити обсяги перевезень та, таким чином, обсяги надходжень до бюджету шляхом збирання митних платежів. Показано, що прикордонна та митна служби, які здійснюють державний нагляд при перетині кордонів та забезпечують їх недоторканість, застосовуючи принципи законності, відкритості, координації та об'єктивної оцінки досягають у перспективі більшої стабільності, сприяючи ефективному розвитку ринку транспортних послуг.

1. Закон України від 5 листопада 2009 року № 1710-VI «Про прикордонний контроль» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1710-17>.
2. Офіційний портал Державної фіскальної служби. «ДФС реалізує експеримент для спрощення контролю на пунктах пропуску». [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sfs.gov.ua/mediatsentr/novini/276978.html>.
3. Митна справа: у 3-х т.: навч. посібник [для студ. вищих навч. закл.]/за ред. А.Д.Войцешука. – К. : Мануфактура, 2006. – Т. 1. – 412 с.
4. Митне регулювання зовнішньоекономічної діяльності: підручник /за ред. О. П. Гребельника. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 696 с.
5. Приймаченко Д.В. Митна політика держави та її реалізація митними органами: Монографія. – Дніпропетровськ: АМСУ, 2006. – 332 с.
6. Митне право України : навч. посіб. для студ. ВНЗ /В. В. Ченцов, С. В. Кувакін [та ін.] ; за заг. ред.: В. В. Ченцов : Академія митної служби України. – Б.м. Істина, 2007. – 327 с.
7. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro prykordonnyy kontrol» [The Law of Ukraine «About border control»]. (n.d.). zakon2.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1710-17> [in Ukrainian].
2. Ofitsiyniy portal Derzhavnoi fiskalnoi sluzhby. «DFS realizuye eksperyment dlya sproshchennya kontolyu na punktah propusku. [The official portal of the State fiscal service. "DFS is implementing an experiment to simplify controls at checkpoints."]. sfs.gov.ua. Retrieved from <http://sfs.gov.ua/mediatsentr/novini/276978.html>. [in Ukrainian].
3. Voiceschuk A. (Eds.). (2006). Mytna sprava. [Customs business]. (Vols.2). Kyiv: Manufaktura [in Ukrainian].
4. Hrebelnyk O. (Eds.) (2005) Mytne rehulyuvannya zovnishnyoeconomichnoyi diyalnosti. [Customs regulation of foreign economic activity] Kyiv: Centr navchalnoyi literatury. [in Ukrainian].
5. Pryimachenko D. (2006) Mytna polityka derzhavy ta yiyi realizaciya mytnymy orhanamy. [Customs policy of the state and its realization by the customs authorities]. Dnipropetrovsk: AMSU [in Ukrainian].
6. Chentsov V. (Eds.) (2007). Mytne pravo Ukrainy. [Customs Law of Ukraine] Kyiv: Istyna [in Ukrainian].
7. Sait derzhavnoi sluzhby statystyky. Site of The State Statistics Service of Ukraine. <http://www.ukrstat.gov.ua/>. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].

Шарай С.М., Мурований І. С., Дехтяренко Д. А., Ященко В.М. Повышение эффективности процедур пересечения границы - потребность времени.

Определены проблемы пересечения границы, которые сопровождают процесс организации и выполнения перевозок в международном сообщении. Предложены пути повышения эффективности пересечения границы автомобильными перевозчиками.

Ключевые слова: международные автомобильные перевозки, пограничный контроль, таможенные процедуры, сокращение затрат времени, эффективность.

S. Sharai, I. Myrovanyi, D. Dekhtyarenko, V. Yashchenko. Improving the effectiveness of border crossing procedures is a time-consuming task.

The problems of crossing the border, which accompany the process of organizing and performing the transport in international traffic, have been identified. The ways of increasing the efficiency of border crossing by road carriers are suggested.

Keywords: international road transport, border control, customs formalities, reduction of time, efficiency.

АВТОРИ:

ШАРАЙ Світлана Михайлівна, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, e-mail: Svetasharai@gmail.com, тел. +380677833180, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленко 1, к.437, orcid.org/0000-0001-6568-4990.

МУРОВАННИЙ Ігор Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ДЕХТЯРЕНКО Дарина Олександрівна, асистент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, e-mail: <rina@spfu.gov.ua>, тел. +380677337374, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленко 1, к. 242.

ЯЩЕНКО Валентин Миколайович, аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, e-mail: val.yaschenko@gmail.com, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленко 1, к.437, orcid.org/0000-0002-3501-6227.

АВТОРЫ:

ШАРАЙ Светлана Михайловна, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры международных перевозок и таможенного контроля, Национальный транспортный университет, e-mail: Svetasharai@gmail.com, тел. +380677833180, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к.437, orcid.org/0000-0001-6568-4990.

МУРОВАНЫЙ Игорь Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ДЕХТЯРЕНКО Дарина Александровна, асистент кафедри менеджмента, Національний транспортний університет, e-mail: <rina@spfu.gov.ua>, тел. +380677337374, Україна, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к. 242.

ЯЩЕНКО Валентин Николаевич, аспірант кафедри міжнародних перевезень та таможенного контроля, Національний транспортний університет, e-mail: val.yaschenko@gmail.com, Україна, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко 1, к.437, orcid.org/0000-0002-3501-6227.

AUTHORS:

Svitlana SHARAI, PhD. in Engineering, Associate Professor, Professor, Department of International Transport and Customs Control, National Transport University, e-mail: Svetasharai@gmail.com, tel. +380677833180, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, of.437, orcid.org/0000-0001-6568-4990.

Igor MUROVANYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: igor_lntu@ukr.net

Daryna DEKHTYARENKO, assistant of the Department of Management, National Transport University, e-mail: <rina@spfu.gov.ua>, tel. +380677337374, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, of. 242.

Valentyn YASHCHENKO, post-graduate student of the Department of International Transport and Customs Control, National Transport University, e-mail: val.yaschenko@gmail.com, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, of.437, orcid.org/0000-0002-3501-6227.

Стаття надійшла в редакцію 4.05.2018р.

Шум Г.П., Захарчук В.І., Куць Н.Г.
Луцький національний технічний університет

ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ РАРИТЕТНОЇ МОТОТЕХНІКИ

Виконано аналіз літературних джерел за темою поліпшення паливної економічності раритетної мототехніки та визначено основні напрямки і завдання. Поняття паливної економічності мотоцикла і експлуатаційної витрати палива складають основу економічної ефективності раритетної мототехніки. Паливна економічність колісних транспортних засобів безпосередньо залежить від особливостей його конструкції та оцінюється з врахуванням коефіцієнта корисної дії сукупності процесів роботи його трансмісії і двигуна, раціональної маси, подолання опору повітря при русі. Проведені багатоваріантні розрахунки ефективних показників бензинового двигуна з різними ступенями стиснення та дослідження паливної економічності за різних регулювань системи живлення. З використанням математичної моделі визначено доцільність підвищення ступеню стиску для переведення мотоциклу на бензин А-92 та збідненні горючої суміші.

Ключові слова: мотоцикл, бензиновий двигун, ступінь стиску, математична модель, паливна економічність.

Постановка проблеми. Нині колісні транспортні засоби (КТЗ) швидкими кроками розповсюджуються в усіх сферах діяльності людини. Основне їх призначення - виконання закладених при проектуванні функцій, першочерговими з яких можна вважати задоволення особистісних потреб людини. Населення країни, певним чином виконує роль споживача КТЗ, що формує склад парку КТЗ країни за рахунок зростання кількості нових КТЗ.

Показники роботи бензинового двигуна з карбюраторними системами живлення не відповідають сучасним нормам, проте їх подальша експлуатація в населених пунктах пояснюється певними обставинами, основними з яких є низька трудоемкість операцій технічного обслуговування, висока ремонтпридатність та низька вартість запчастин. Оцінити загальну кількість КТЗ з карбюраторними системами живлення в експлуатації сьогодні складно, через те, що нині припинено правове регулювання та проведення періодичних заходів для перевірки технічної відповідності КТЗ технічним нормам заводу виробника, у ході яких створювалася статистична база КТЗ із зазначенням типу встановленого двигуна.

Робота двотактного двигуна мотоцикла з карбюратором, відрегульованим на збіднений склад суміші, характеризується деякими особливостями [1]. По-перше, при спробі зразу ж рушити на холодному двигуні появляються провали. Тому, для карбюраторів які мають спеціальний дозуючий пристрій для збагачення суміші, приходиться залишати двигун включеним довше. По-друге, тепловий режим працюючого на збідненій суміші двигуна стає більш напруженим, що змушує водія уважніше слідкувати за чистотою ребер циліндрів та головки. По-третє, одночасно зі знизженням витрати палива зменшується потрапляння в двигун мастила (за виключенням мотоциклів з роздільною системою мащення). Однак, практика показала, що навіть при збідненій суміші допустимо не збільшувати його вміст в паливі більше 4%.

В даний час в експлуатації населення знаходиться досить багато важких дорожніх мотоциклів МТ та "Урал", проте на даний час їх експлуатація є проблематичною у зв'язку з поганою паливною економічністю. Двигуни мотоциклів МТ Дніпро розраховані для роботи на бензині А-76, але бензин такої марки в даний час відсутній на АЗС. Власники таких мотоциклів змушені заправляти свої транспортні засоби бензином А-92. Поняття паливної економічності мотоцикла і експлуатаційної витрати палива складають основу економічної ефективності мотоцикла. Паливна економічність КТЗ безпосередньо залежить від особливостей його конструкції та оцінюється з врахуванням коефіцієнта корисної дії (ККД) сукупності процесів роботи його трансмісії і двигуна, раціональної маси, подолання опору повітря при русі [1].

Відносно висока витрата палива у мотоциклів з двотактним двигуном обумовлена декількома причинами. Перша - в самій суті двотактного робочого процесу з класичною кривошипно-камерною продувкою, де значна частина свіжої горючої суміші втрачається разом з видаленням з циліндра відпрацьованих газів. Друга причина - недосконалість систем живлення і запалювання. Найбільш істотно впливає на витрату палива і частіше за інших завдає неприємностей система живлення з вимогливім до обслуговування карбюратором. Третя об'єктивна причина низької економічності мотоцикла не пов'язана з двигуном. Це - високий аеродинамічний опір мотоцикла, особливо обладнаного вітровим склом, наколінними щитками і, тим більше, з боковим причепом. Четверта і

основна причина підвищеної витрати палива у більшій частині мотоциклів - неоптимальне для даного двигуна регулювання карбюратора і моменту запалювання. Крім того, за умовами серійного виробництва параметри мотоциклів не абсолютно однакові для всіх екземплярів, а можуть з певним допуском відрізнятися від якогось «еталонного» рівня. Все це зумовлює можливість індивідуального доведення систем і вузлів мотоцикла доступними засобами з урахуванням індивідуальних вимог його власника, і таким чином, поліпшити паливну економічність.

Мета дослідження є поліпшення паливної економічності раритетних важких дорожніх мотоциклів з розробкою методики досліджень експлуатаційних показників таких мотоциклів; дослідження на математичних моделях впливу стискання та регулювань системи живлення на показники потужності та паливної економічності показників мотоцикла МТ-11 та формулювання практичних рекомендацій.

Завдання дослідження передбачали математичне моделювання робочого процесу бензинового двигуна, багатоваріантні розрахунки на ПК індикаторних та ефективних показників бензинового двигуна з різними ступенями стискання та дослідження паливної економічності за різних регулювань системи живлення.

Аналіз відомих методів поліпшення паливної економічності. Паливна економічність КТЗ визначається відповідно до ГОСТ 20306-85, згідно з яким діють такі показники: паливна характеристика мотоцикла при сталому русі, паливна характеристика на дорозі зі змінним профілем, контрольна витрата палива мотоциклом. Усі ці показники визначають у дорожніх умовах. Крім паливної економічності мотоцикла, існує і таке поняття, як економічність двигуна. Паливна економічність двигуна характеризується величиною відношення витрати палива до ефективної його потужності, що розвивається на певному режимі роботи. Її визначають при стендових випробуваннях, визначаючи витрату палива в об'ємних (л) або вагових (кг) одиницях за одну годину роботи (годинна витрата палива), а потім розрахунковим шляхом і питому витрату палива ($г / кВт \cdot год$), яка показує кількість витрати палива в грамах протягом години на отримання одиниці потужності - одного кіловата.

Основними токсичними компонентами при роботі двигуна в режимах малих навантажень і холостого ходу є продукти неповного згоряння: вуглеводні (C_mH_n) і оксид вуглецю (СО). Існує багато методів, що дозволяють покращити паливну економічність і екологічні показники бензинових двигунів у режимах малих навантажень і холостого ходу, серед них відключення групи циліндрів, інтенсифікація процесу згоряння, робота двигуна на Perezbidneniy pаливоповітряній суміші, застосування регульованих фаз газорозподілу. Один із найбільш перспективних шляхів є встановлення сучасних систем розподіленого впорскування палива у впускний колектор двигуна із зворотнім зв'язком та системою зниження токсичності відпрацьованих газів. [2].

Іншим напрямком покращення показників бензинових двигунів є їх робота на Perezbidneniy суміші. Відомо, що індикаторний ККД робочого циклу двигуна зростає з підвищенням ступеня стискання і збідненні паливоповітряної суміші повітрям і рециркульованими відпрацьованими газами. При цьому надлишкове повітря і відпрацьовані гази призводять до зниження втрат на газообмін в часткових навантаженнях, а також зниження температури згоряння, внаслідок чого зменшуються втрати теплоти на дисоціацію і в стінки циліндра, знижується ймовірність детонації і утворення NOx. При використанні Perezbidneniy сумішей доцільно застосовувати заходи, що створюють додаткову турбулізацію заряду, яка створювалась за допомогою дефлектора, що встановлювався у впускний канал. Це впливає на показники двигуна з ексцентрично розміщеним клапаном за рахунок інтенсифікації переносу теплоти із зони горіння в свіжий заряд і збільшення площі поверхні фронту полум'я, що призводить до підвищення швидкості і повноти згоряння. Встановлення даного пристрою при стехіометричному складі суміші супроводжувалось зменшенням оптимального кута випередження запалювання на $10^\circ - 20^\circ$. Використання даного пристрою призводить до покращення паливної економічності на 9 – 15 % [3].

За результатами аналізу літературних джерел було встановлено, що покращення паливо-економічних та експлуатаційних властивостей раритетних мотоциклів є можливим. Для цього потрібно відрегулювати всі системи двигуна мотоцикла, а також важливим є збільшення ступеня стиску двигуна.

Результати дослідження. Так як карбюраторна система живлення практично вичерпала усі можливості щодо покращення основних показників роботи двигуна, а особливо при порівнянні з тими, які демонструють зарубіжні КТЗ такого класу, тому, з сучасними системами живлення та запалювання доцільно використовувати заходи, які без значних змін у конструкції двигуна

дозволяють покращити паливну економічність, екологічні та енергетичні показники КТЗ з карбюраторним двигуном в умовах експлуатації [3].

Двигуни мотоциклів МТ Дніпро розраховані для роботи на бензині А-76, але бензин такої марки в даний час відсутній на АЗС. Власники таких мотоциклів змушені заправляти свої транспортні засоби бензином А-92. Одним із способів покращення паливної економічності бензинового двигуна при роботі на бензині з високим октановим числом є підвищення ступеня стиску відповідно до детонаційної стійкості бензину А-92. Збільшення ступеня стиску до 9,0 в даному двигуні технічно можливо за рахунок зменшення висоти циліндрів на 3 мм.

Дослідження робочого процесу двигуна КМЗ-8.15501 мотоцикла МТ-11 Дніпро проводилось методом теплового розрахунку при його роботі на бензині А-92 при різних ступенях стиску (7,1 для серійного двигуна і 9,0 для модернізованого двигуна) та збідненій суміші. Вихідні дані до розрахунку робочого циклу двигуна взяті з технічної характеристики мотоцикла [4]. Результати розрахунку робочого циклу двигуна зведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку робочого циклу двигуна КМЗ-8.15501 МТ-11

Розрахункові показник	Розмірності	Позначення	Результати		
			$\varepsilon=7,1 \alpha=0,99$	$\varepsilon=9 \alpha=0,99$	$\varepsilon=9 \alpha=1,15$
Тиск у кінці стиску	МПа	P_c	1,1948	1,6816	1,68
Температура кінця згоряння	К	T_z	2716	2818	2757
Тиск у кінці згоряння	МПа	P_z	5,0016	6,862	6,43
Ефективна потужність	кВт	N_e	22,43	25,46	23,4
Крутний момент	Н·м	M_e	43,7371	45,5928	43,909
Ефективний ККД		η_e	0,2927	0,3270	0,3490
Питома витрата палива на одиницю ефективної потужності за одиницю часу	$g/kWh \cdot год$	q_e	0,2796	0,2502	0,234

За результатами розрахунків видно, що при збільшенні ступеня стискання з 7 до 9 ефективні показники двигуна покращуються. Підвищення у вищенаведених межах призводить до покращення тепловикористання і, як наслідок, до збільшення ефективного ККД і ефективної потужності відповідно на 10,4 і 12 % і відповідно до зменшення питомої ефективної витрати палива на 10,5 %. При цьому максимальний тиск згоряння зростає з 5 до 6,8 МПа при одночасному підвищенні температури згоряння на 27 %. Але це негативно може вплинути на довговічність двигуна. Зменшити максимальний тиск та температуру згоряння можна за рахунок збіднення горючої суміші. Звичайні карбюратори дозволяють виконати таке регулювання. Забезпечення стійкої роботи двигуна на збіднених сумішах досягнуто встановленням на двигун електронної системи запалювання, яка випускається промисловістю і була придбана в спеціалізованому торговому закладі.

При роботі на збідненому складі суміші та ступені стиску $\varepsilon=9$ для режиму номінальної потужності () показники двигуна покращуються ще більше. При цьому максимальний тиск згоряння знижується з 6,86 до 6,43 МПа при одночасному зниженні температури згоряння на 2,16 %. Підвищення у вищенаведених межах призводить до покращення тепловикористання і, як наслідок, до збільшення ефективного ККД на 5,8 % і відповідно до зменшення питомої витрати палива на 16,3%.

Збільшення ступеня стиску двигуна призведе до збільшення компресії двигуна на 22 %, що призведе до збільшення зусилля на педалі кікстартера. Це суттєво утруднить запуск двигуна. Виходом з положення є встановлення на двигун автомобільного електричного стартера двигуна МемЗ-245, як це показано на рисунку 1.

Розрахунковим шляхом визначено, що при збільшенні ступеня стиску двигуна та збідненням горючої суміші, питома витрата палива зменшується на 16,3% при одночасному збільшенні ефективної потужності на 4,14%, крутного моменту на 0,4% та ефективного ККД на 16,1%. При цьому максимальний тиск згоряння зростає з 5 до 6,8 МПа при одночасному підвищенні температури згоряння на 27 %. Але це негативно може вплинути на довговічність двигуна. Зменшити максимальний тиск та температуру згоряння можна за рахунок збіднення горючої суміші. Забезпечення стійкої роботи двигуна на збіднених сумішах досягнуто встановленням на двигун електронної системи запалювання, яка випускається промисловістю.

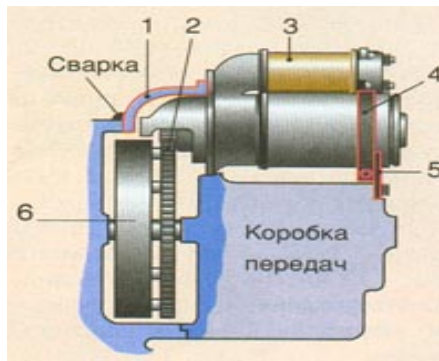


Рис. 1 - Схема встановлення стартера на двигун мотоцикла МТ-11:

1 - деталь кріплення стартера(приварюється до картера); 2 - стартерний вінець снігоходу "Буран"; 3 - стартер; 4 - хомут; 5 - кронштейн кріплення задньої частини стартера; 6 – маховик.

Мотоцикл МТ-11 Дніпро має досить значну витрату палива, а ціни на бензин невинно ростуть. Через те цього варто задуматись про переведення мотоцикла на альтернативне, більш дешеве паливо. Тому, доцільним буде перевести мотоцикл на пропан-бутанове газове паливо, так як воно є дешевше, ніж бензин та зручніше у використанні, ніж метан. Варіант встановлення газового редуктора показаний на рисунку 2.

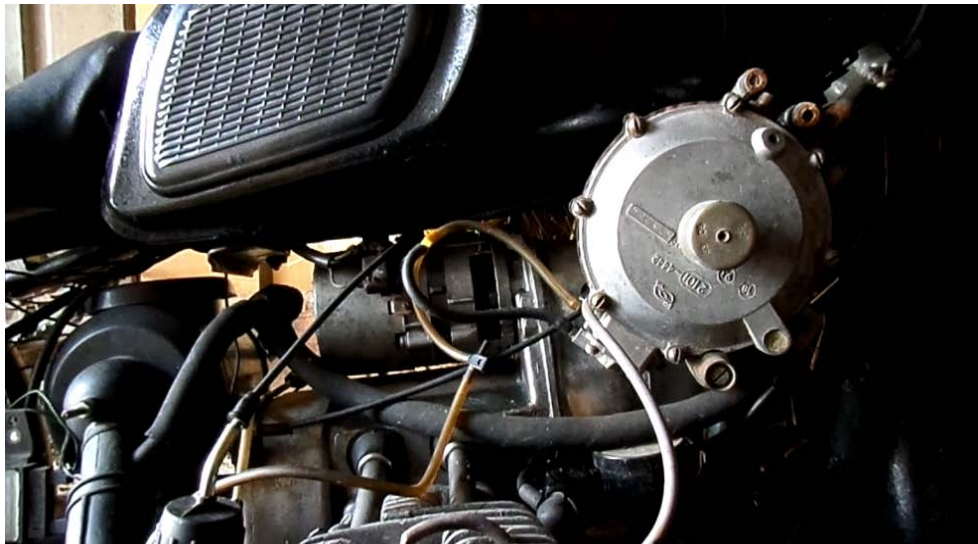


Рис. 2 - Варіант встановлення газового редуктора на мотоцикл МТ-11

В даний час значна частина раритетних важких дорожніх мотоциклів експлуатуються без бокового причепа. Демонтаж бокового причепа впливає на паливну економічність та тягово-швидкісні властивості мотоцикла. Розрахунок тягово-швидкісних властивостей мотоцикла з боковим причепом та без нього виконаний за методикою, основою якої є математична модель. Структурна схема методу дослідження експлуатаційних показників мотоцикла показана на рисунку 3. За результатами дослідження встановлено, що підчас експлуатації мотоцикла без бокового причепа час та шлях розгону зменшується відповідно на 25,7% та 19,0% у порівнянні з експлуатацією із боковим причепом.

В результаті дослідження витрати палива мотоциклом МТ-11 з двигуном КМЗ-8.15501 при його русі без бокового причепа розрахунковим шляхом встановлено, що найменша витрата палива досягається при русі на найбільш задіяній четвертій передачі зі швидкістю 50...60 км/год і дорівнює 8,3 л/100 км пробігу, що складає зменшення витрати палива 14,5% порівняно з витратою палива при русі з боковим причепом.

З метою перевірки правильності виконаних розрахунків, була виміряна витрата палива мотоцикла експериментальним способом. Дослідження витрати палива проводилось у сільських умовах, на відрізку дороги 4,6 км з асфальтово-щебеним покриттям. Вимірювання проводилось за допомогою мірного бачка який кріпився на рамі мотоцикла. За результатами експерименту витрата палива становить 8,5л/100км, що є близьким до значення витрати палива отриманого розрахунком.

Висновки. Одним із способів покращення експлуатаційних показників важких дорожніх мотоциклів є підвищення ступеня стиску двигуна. При цьому зменшення витрати палива можна досягти також раціональним регулюванням системи живлення двигуна. Розроблено методику оцінювання паливної економічності мотоциклів, яка дозволила встановити закономірність покращення експлуатаційних показників мотоцикла в залежності від зміни ступеня стиску та правильності регулювань систем двигуна. З використанням математичної моделі визначено доцільність підвищення ступеню стиску для переведення мотоциклу на бензин А-92. Розрахунковим шляхом визначено що при підвищенні ступеню стиску з 7 до 9, та збідненні горючої суміші до питома витрата палива зменшується на 16,3% при одночасному збільшенні ефективної потужності на 4,14%, крутного моменту на 0,4% та ефективного ККД на 16,1%.

1. Шум Г. П. Покращення паливної економічності важких дорожніх мотоциклів Матеріали v-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту” / Г. П. Шум // Вінницький національний технічний університет. Збірник наукових праць, - 2017. - С. - 137-139.
2. Гутаревич Ю.Ф. Вплив методу регулювання потужності на екологічні показники та паливну економічність сучасного бензинового двигуна / Ю. Ф. Гутаревич, О. В. Сирота, С. В. Карев // Двигатели внутреннего сгорания, Київ - 2015. – С. 74-80.
3. Славін В. В. Вплив типу системи живлення на показники паливної економічності автомобілів / В. В. Славін // Проблеми транспорту: збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2013. - – С. 95-98.
4. Техническая характеристика мотоцикла Днепр 11 / [Електронний ресурс] // <http://uraldnepr.ru/faq/7-1> (Дата звернення: 05.08.2015р.).
5. Регулювання запалювання Урал, Дніпро / [Електронний ресурс] // <http://suvorov-castom.ru/regulirovk-zazhiganiya-ural-dnepr/> (Дата звернення: 05.08.2016р.).

REFERENCES

1. Shum H. P. (2017) Pokrashchennya palyvnoyi ekonomichnosti vazhkykh dorozhnykh mototsykliv [Improvement of fuel economy of heavy road motorcycles] Vynnyts'kyi natsional' nyi tekhnichnyy universytet. Zbirnyk naukovykh prats' 137 -139 [in Ukrainian].
2. Hutarevych YU.F., Syrota O. V., Karev S. V. (2015) Vplyv metodu rehulyuvannya potuzhnosti na ekolohichni pokaznyky ta palyvnu ekonomichnist' suchasnoho benzynovoho dvyhuna [Influence of the method of power regulation on ecological parameters and fuel efficiency of a modern petrol engine] Dvyhately vnutrenneho s-horannya, Kyiv, 74-80 [in Ukrainian].
3. Slavin V. V. (2013) Vplyv typu systemy zhyvlennya na pokaznyky palyvnoyi ekonomichnosti avtomobiliv [Influence of the type of power system on indicators of fuel economy of cars] Problemy transportu: zbirnyk naukovykh prats' DonIZT 95-98 [in Ukrainian].
4. Tekhnicheskaya kharakterystyka mototsykla Dnepr 11 [Technical characteristics of the motorcycle Dnepr 11] Retrieved from <http://uraldnepr.ru/faq/7-1> [in Russian].
5. Rehulyuvannya zapalyuvannya Ural, Dnipro [Regulation of ignition Ural, Dnipro] Retrieved from <http://suvorov-castom.ru/regulirovk-zazhiganiya-ural-dnepr/> [in Russian].

Шум Г.П., Захарчук В.И., Куць Н.Г. Улучшение топливной экономичности раритетных мототехники.

Выполнен анализ литературных источников по теме улучшения топливной экономичности раритетной мототехники и определены основные направления и задачи. Понятие топливной экономичности мотоцикла и эксплуатационного расхода топлива составляют основу экономической эффективности раритетной мототехники. Топливная экономичность колесных транспортных средств напрямую зависит от особенностей его конструкции и оценивается с учетом коэффициента полезного действия совокупности процессов работы его трансмиссии и двигателя, рациональной массы, преодоление сопротивления воздуха при движении. Проведенные многовариантные расчеты эффективных показателей бензинового двигателя с различными степенями сжатия и исследования топливной экономичности при различных регулировках системы питания. С использованием математической модели определена целесообразность повышения степени сжатия для перевода мотоцикла на бензин А-92 и оскудении горючей смеси.

Ключевые слова: мотоцикл, бензиновый двигатель, степень сжатия, математическая модель, топливная экономичность.

H. Shum, V. Zakharchuk, N. Kuts The improvement of fuel economy of rare motorcycles.

We completed the analysis of literary sources on the theme of improvement of fuel economy of rare motorcycles and defined the main directions and tasks. The concept of fuel efficiency of a motorcycle and of operating costs of fuel is the basis of the economic efficiency of rare motorcycles. The fuel economy of a wheeled vehicle directly depends on the features of its structure and is estimated as the efficiency of the complex of processes of its transmission and engine, of its rational mass and its overcoming of air resistance during the movement. We

conducted multivariate calculations of effective parameters of a petrol engine with different degrees of compression and studied fuel economy for various power supply settings. Using a mathematical model we determined the expediency of increasing of the compression ratio for the transfer of the motorcycle to A92 patrol with the depletion of combustible mixture.

Keywords: Motorcycle, petrol engine, compression ratio, mathematical model, fuel economy.

АВТОРИ:

ШУМ Григорій Петрович, магістрант кафедри «Автомобілі і транспортні технології» Луцький НТУ.

ЗАХАРЧУК Віктор Іванович, доктор технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: zaharchukov205@gmail.com

КУЦЬ Надія Григорівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: kuts.nadia86@gmail.com

АВТОРЫ:

ШУМ Григорий Петрович, магистрант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ.

ЗАХАРЧУК Виктор Иванович, д.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: zaharchukov205@gmail.com

КУЦЬ Надежда Григорьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: kuts.nadia86@gmail.com

AUTHORS:

Hryhoriy SHUM, Master of the Department of Automobile and Transport Technologies of Lutsk National Technical University.

Viktor ZAKHARCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: zaharchukov205@gmail.com

Nadiya KUTS, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: kuts.nadia86@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2018р.

ПЕРЕЛІК ЗОВНІШНІХ РЕЦЕНЗЕТІВ

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінниця, Україна

Богвелішвілі З., професор Департаменту «Автомобільний транспорт», Грузинського технічного університету, Тбілісі, Грузія

Горбачов П.Ф., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харків, Україна.

Духа О.В., доктор технічних наук, професор, Хмельницький національний університет, завідувач кафедри зносостійкості та надійності машин, Хмельницький, Україна.

Кожушко Л.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування, завідувач кафедри менеджменту, Рівне, Україна.

Макаров В.А., доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автомобілів та транспортного менеджменту», Вінницького національного технічного університету. Вінниця. Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету Національного транспортного університету, Київ, Україна.

Монастирський Ю. А., доктор технічних наук, професор, ДВНЗ «Криворізький національний університет», завідувач кафедри «Автомобільний транспорт», Кривий Ріг, Україна.

Поляков В.М., к.т.н., професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, Київ, Україна

Полянський О.С., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри «Технології машинобудування і ремонту машин», Харків, Україна.

Стельмащук В.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ.

Форнальчик Є.Ю., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри транспортних технологій, Львів, Україна.

Шум І.В., кандидат географічних наук, Державне підприємство «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут», Київ, Україна.

LIST OF INVITED REVIEWERS

Victor Bilichenko, Dr. Sci. Eng., Professor, Head of Car and Transport Management Department, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, Ukraine

Bogvelishvili Z., Professor, Department of Automotive Transport, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Petro Horbachov, Doctor of Science in Engineering, Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Head of the Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv, Ukraine.

Dykha A., Doctor of Science in Engineering, Professor, Khmelnytskyi National University, Head of wear resistance and reliability of machines Department, Khmelnytskyi, Ukraine.

Leonid Kozhushko, Doctor of Science in Engineering, Professor, National University of Water and Environmental Engineering, Head of Management Department, Rivne, Ukraine.

Makarov V., doctor of Science in Engineering, professor, professor of the Department of Automotive and Transport Management, Vinnitsia National Technical University. Vinnitsia. Ukraine.

Mateichyk V.P., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Dean of the Automechanical Faculty, Kyiv, Ukraine.

Yuriy Monastirskiy, Doctor of Science in Engineering, Professor, KryvyiRih National University, Head of Automobiles Transport Department, KryvyiRih, Ukraine.

Victor Polyakov, Ph.D., Associate Professor, Professor of Automobiles department, National Transport University, Kiev, Ukraine

Alexander Polyanskii, Doctor of Science in Engineering, Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Professor of machine building technology and machines repair, Kharkiv, Ukraine.

Valeriy Stelmashchuk, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University

Yeugen Fornaltchuk, Doctor of Science in Engineering, Professor, Lviv Polytechnic National University, Head of Transportation Technologies Department, Lviv, Ukraine.

Inna Shum, PhD. in Geographical, State Road Transport Research Institute, Head of Freight Transport Department, Kiev, Ukraine.

Ціна договірна

Колектив авторів

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТІ
ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC JOURNAL

Випуск 1 (10), 2018

Volume 1 (10), 2018

Видається двічі на рік

Publication Frequency:
2 issues per year

Комп'ютерний набір та верстка: В. Онищук
Дизайн обгортки: В. Чернецький

Матеріали друкуються в авторській редакції. За стилістику і орфографію статей відповідальність несуть автори.

Адреса редакції:
вул. Львівська, 75, ауд. 339, Луцьк,
Волинська обл., Україна, 43018.
тел. (0332) 74-61-31.
e-mail: tehavtomash@gmail.com
<http://avtomash.lntu.edu.ua>

Підписано до друку 30.05.2018 р.
Формат 60x84/8. Гарнітура Times. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 17,32. Обл. вид. арк. 16,1. Тираж 100 прим.

Редакційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75.
Свідоцтво Держкомтелерадіо України ДК № 4123 від 28.07.2011 р.

Друк – Вежа-Друк. Зам. № 62.
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.