МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

LUTSK NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТІ

ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSN 2313-5425

№2 (11)

2018

http://avtomash.lntu.edu.ua

ЛУЦЬК

LUTSK

УДК 621.01:629.33 5

Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. − Луцьк: Луцький НТУ, 2017.− №2(11).− 142 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; **Дударєв 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., BAT «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.)

© Луцький НТУ, 2018

ЗМІСТ

Mikołaj Bartłomiejczyk
Dynamic charging of electrical vehicles……. **5**

Dizo J., Blatnicky M., Kravchenko O.
Substantiation of replacement of the block brake on the disc brake in the bogie of articulated platform wagon for intermodal transport…….. **11**

Hrytsun O., Royko Yu.
Determination of Transport delay before the Traffic light on two-lane Streets with tram movement…….. **18**

Royko Yu., Bura R., Maksymiuk S.
Determination of delays on two-lane streets within public transport stops……. **24**

Біліченко В.В., Романюк С.О., Олійник В.В.
Використання стратегій та інструментів маркетингу щодо популяризації послуг станції технічного обслуговування…… **29**

Бондаренко А.Є., Вербицький В.Г., Місько Є.М., Хребет В.Г.
Експериментальне визначення залежностей сил відведення дволанкового автопоїзда……. **34**

Волков В.П., Грицук І.В., Матейчик В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В.
Особливості визначення швидкісних характеристик транспортного засобу в умовах експлуатації…… **38**

Горбай О.З., Шевців М.Б., Хома В.В.
Експериментальні дослідження пасажирського сидіння стн-6 компанії «веем» на відповність вимогам європейських правил єкоон R80…….. **44**

Горбачов П.Ф., Макаричев О.В., Кочина А.А.
Закономірності розподілу відстаней від обласного центру до зупиночних пунктів навколо нього……... **50**

Грицунь О.М., Давосир В.А., Островський Р.Б.
Аналіз дтп та прогнозування аварійності з пішоходами……. **58**

Гук В.І., Запорожцева О.В.
Початок динамічної теорії транспортного потоку…. **63**

Дівеєв Б.М., Керницький І.С., Дорош І.Р., Вельган І.В., Черчик Г.Т.
Оптимізація напівактивної підвіски з ДГК…… **68**

Дмитриченко М.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Тріфонов Д.М., Сирота О.В., Шуба Є.В.
Дослідження впливу підігріву повітря у впускному колекторі на пускові властивості та паливну економічність автотракторного дизеля……... **73**

Клименко В.В., Поляков В.М., Сакно О.П., Колеснікова Т.М.
Рішення інформаційних завдань в системах технічного зору безпілотних автомобілів…….. **79**

CONTENT

Бартломєйчик М.
Динамічне заряджання елетричних транспортних засобів……. **5**

Діжо Я., Блатницький М., Кравченко О.П.
Обгрунтування заміни колодкового гальма на дисковий в візках зчленованих вагонів-платформ для інтермодальних перевезень…… **11**

Грицунь О.М., Ройко Ю.Я.
Визначення транспортної затримки перед світлофором на двосмугових вулицях з трамвайним рухом……. **18**

Ройко Ю.Я., Бура Р.Р., Максимюк С.А.
Визначення затримок на двосмугових вулицях в межах зупинок громадського транспорту…….. **24**

V. Bilichenko, S. Romanyuk., V. Oliynik.
Use of marketing strategies and tools for popularizing the services of the station of maintenance…….. **29**

A. Bondarenko, v. Verbitskiy, y. Misko, v. Khrebet.
Experimental determination of the dependence of the forces slip a two-link trains…….. **34**

V. Volkov, I. Gritsuk, V. Mateichyk, Yu. Gritsuk & Yu. Volkov.
The features of determination of speed vehicle specifications in the operation conditions…… **38**

O.Gorbay, M. Shewtsiv, V.Khoma.
Experimental studies of the passenger seat of STN-6 of the company "VEEM" for compliance with the requirements to the European regulations UNECE R80.. **44**

P. Horbachov, A. Makarichev, A. Kochina.
Regularities of a distribution of distances between a central stop in city and transit stops placed around city territory…….. **50**

O. Hrytsun, V. Davosyr, R. Ostrovskyy
Analysis of motorized vehicular accidents and forecasting of accident rate with pedestrians…… **58**

V. Guk, H. Zaporozhtseva
The beginning of the dynamic theory of traffic flow... **63**

Diveyev B., Kernytskyy I., Dorosh I., Velhan I.,Chercchyk G.T.
Optimization of the semi-active suspension with DVA's…….. **68**

M. Dmytrychenko, Yu. Gutarevych, D. Trifonov, O. Syrota, Y. Shuba.
Investigation of the effect of air heating in the intake manifold on the starting properties and fuel efficiency of an automotive diesel engine…… **73**

V. Klimenko, V. Polyakov, O. Sakno, T. Kolesnikova.
Problem solving of information in the vision system of unmanned vehicles…….. **79**

ЗМІСТ

Коробко А. І., Лебедєв С. А., Подригало М. А., Шеїн В. С.
Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машини методом послідовного зважування…….. ***84***

Мармут І.А.
Математичні моделі стендової діагностики гальмівних систем автомобілів…… ***90***

Павлюк В.І., Булік Ю.В.
Використання програмного забезпечення тримірного моделювання для визначення моментів інерції легкового автомобіля…….. ***97***

Птиця Г.Г.
Вибір схеми організації дорожнього руху на пішохідному переході біля дитячих навчальних закладів…….. ***104***

Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Головачук І.П., Придюк В.М., Оксенюк В.А.
Методика ідентифікації зображень п'ятен розпилу палива форсунками…….. ***110***

Рубан Д.П., Крайник Л.В.
Методологія прогностичної оцінки ресурсної довговічності автобусів…… ***117***

Сахно В.П., Мурований І.С., Стельмащук В.В., Онищук В.П., Омельницький О.Є.
Шляхи поліпшення маневреності метробуса……. ***122***

Шраменко Н.Ю.
Технологические особенности транспортного обслуживания потребителей при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями…. ***134***

Перелік зовнішніх рецензетів …….... ***141***

CONTENT

A. Korobko, S. Lebedev, M. Podrigalo, V. Shein
Stand for measuring the angle of lateral stability machines by successive weighing…….. ***84***

I. Marmut
Mathematical models of stand diagnostics of brake systems of cars……. ***90***

V. Pavliuk, Y. Bulik.
Use of the software of 3d-modeling for the of several moments of light care inerection……. ***97***

H. Ptytsia.. The choice of the scheme of the organization of traffic on the pedestrian crossing in the zone of children's educational institutions…….. ***104***

S. Pustiulha, V. Samostian, I. Holovachuk, V. Prydiuk, V. Okseniuk.
The method of identifying the images of atomization spots of fuel spraying by nozzles injectors…….. ***110***

D. Ruban, L. Kraynyk.
Methodology of predictive estimation of lifetime buses…… ***117***

Sakhno V.P., Murovanyi I.S., Stelmashchuk V.V., Onyshchuk V.P., Omelnitsky O.E. Ways to improve the maneuverability of the metro bus……. ***122***

N. Shramenko.
Technological features of traffic service of consumers for the delivery of agricultural cargoes by driving parties…….. ***134***

List of invited reviewers ……. ***141***

© Bartłomiejczyk M. 2018

УДК 629.113
UDC 629.113

Mikołaj Bartłomiejczyk
Gdansk University of Technology

DYNAMIC CHARGING OF ELECTRICAL VEHICLES

Night charging and fast charging are currently the two most common systems for charging electric buses. Despite the fact that numerous trial installations were started, neither of these two systems has obtained unqualified approval of the users. The alternative is to charge vehicles in motion - dynamic charging which combines the advantages of trolleybus transport and of electric buses: the main supply source are traction batteries; however, the charging is performed in motion, without the necessity of stopping the vehicle.

Ключові слова: Electric bus, trolleybus, traction batteries, dynamic charging, in motion charging

Introduction. Despite the continuous development of electrochemical batteries technology and the multitude of electric buses on offer, it is still not possible to exploit electric buses in urban transport on all-day basis without the necessity of charging them. Therefore it is necessary to build point-to-point contact charging stations or induction charging stations at the terminals. This results in substantial financial outlays connected with the construction of charging stations, and in the necessity to extend the stopping time at the terminals; there are also problems which arise in the situation where the route is changes [1 - 6]. The alternative solution is the so-called Dynamic Charging, also called In Motion Charging (IMC). It consists in building an infrastructure allowing for charging vehicles in motion, most often with the use of overhead contact line (Fig. 1) [7 - 9]. What is more, in the cities where tram network is already exploited, there is a possibility to use the elements of the tram infrastructure when constructing the catenary for the Dynamich Charging system.

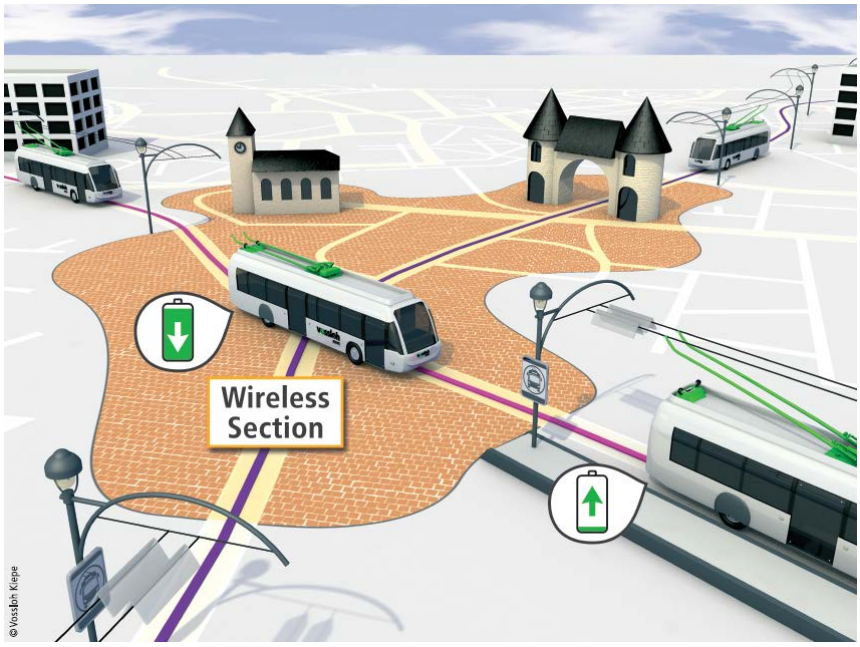


Fig.1. The idea of In Motion Charging system (IMC) [© Vossloh Kiepe]

The benefits of dynamic charging. The benefits of using dynamic electric bus charging will be illustrated by an example of line with a length 10 km, which is operated by standard length electrical buses. Maximal energy consumption at the level 3 kWh/km is assumed.

There are analyzed 3 alternative systems of line electrification (fig. 2):

- operation by standard electrical bus with one charging station and Terminus 1. The charging power is 400 kW,
- operation by dynamic charged battery bus with one 3 km wired section (variant 1),
- operation by dynamic charged battery bus with two wired sections: 1 km and 2 km (variant 2).

The average charging power of dynamic charging system is 140 kW, the average velocity in wired section is 20 km/h. The minimal charge level is assumpted at 50%. It table 1 there are shown the energy

balances of analyzed variants. In case of standard battery bus the maximal discharge level is 60 kWh. With a minimal discharging rate 50%, this requires a **120 kWh** traction battery. In fist variant of dynamic charged bus the battery is discharged with energy 42 kW, what allows the required battery capacitance to **84 kWh.** In the second variant battery is maximally discharged with power 15 kWh. As a result of that, the traction battery with capacitance **30 kWh** will be enough to fulfill transportation route conditions. The fig. 3 presents the graph of battery charge level of analyzed variants.

Covering part of transportation route allows to reduce the required traction battery. The capacitance reduction is bigger in case of using more than one wired sections. This allows to alternate work in mode charging - discharging - charging - discharging. Thanks to this, the depth of discharge is significantly reduced.

Considering that the price of the battery is 1000 to 1500 euro for 1 kWh of capacity, the use of overhead contact line saves **90 000 euro** on one vehicle. In addition, the IMC system does not require stops for charging the vehicle, therefore the number of vehicles necessary to operate the line is smaller than in the classic electric bus.

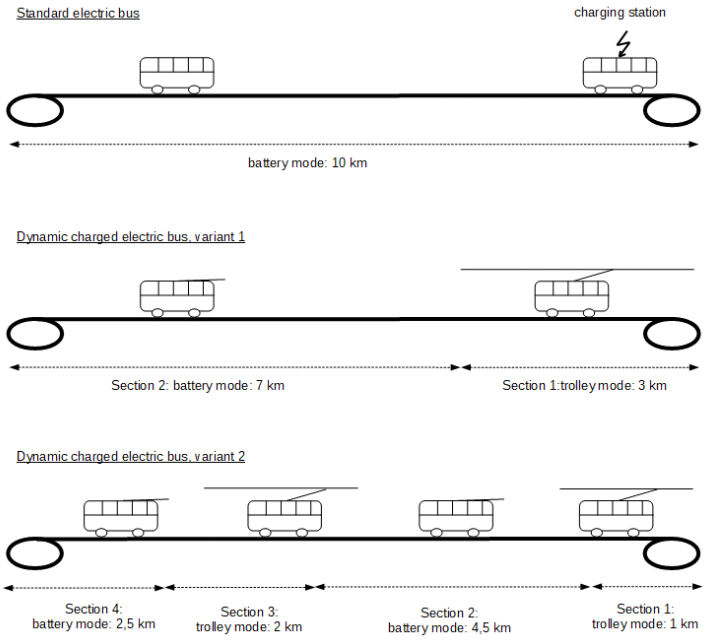


Fig. 2: The scheme of an example of route operated by standard electrical bus and two variants of dynamic charged buses

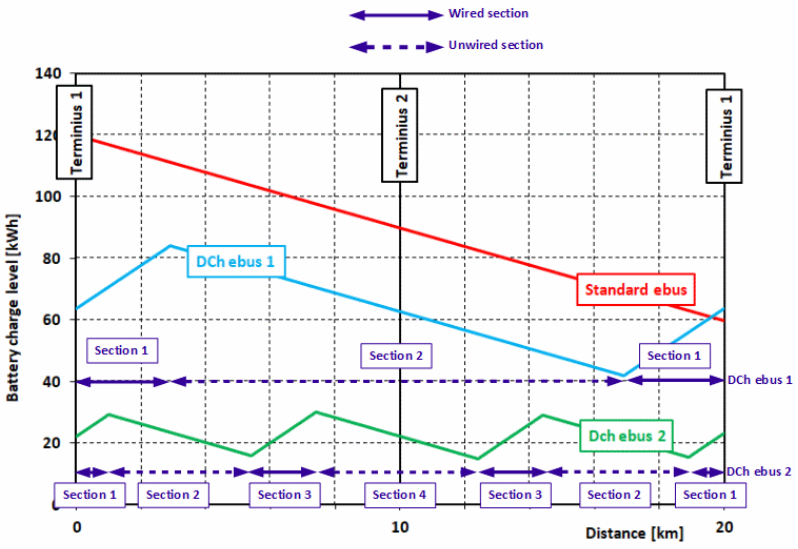


Fig. 3: Diagram of battery charge level during operation of route by standard electrical bus and two variants of dynamic charged buses

Prague case study. Prague can become an example of a slightly transformation of standard electric buttery bus into trolleybus. The experiences gained during the operation of stationary charged electric battery buses DP Praha (a public transport company in Prague) were reason to undertake tests with a dynamic vehicle charging system using a trolleybus overhead contact system.

Since 2012, Prague has been conducting a trial operation of electric buses of various systems and manufacturers. One of the noticed limitations was the impact of traffic congestion, i.e. reduction of bus charging time on the final stop in the case of delayed arrival. In addition, articulated vehicles play the main role in the Prague bus transport system, which significantly limits the market of available electric buses. However, the biggest concern was the difficult vertical profile of many routes. Prague is a city with large differences in elevation and, consequently, many street with high slopes. This creates high demands on the parameters of the propulsion system, which also results in an increase in the weight of the battery. One of the ways of solving this problem is a dynamic system of electric vehicle. The use of various power supply methods was considered, including vehicles with two pantograph (similar to trams) collectors and bipolar traction network. However, the most developed, simple and proven solution turned out to be a trolleybus traction network.

On 22 February 2016, the management of DP Praha approved the project "E-Bus s dynamickým nabíjením", meaning "E-bus with dynamic charging". It consisted in the construction of a test section of a "trolley-type line" for charging electric buses during traffic. A bus line 140 has been chosen for test installation. This route is characterized by a large difference in the height of the area between the Palmovka start stop and the Prosek settlement, with a road gradient of up to 10%.

In the first stage, a trial line of 140 electric buses of the IMC system is implemented on the shortened route of Palmovka - Letňany, with a length of 5 km. The trolleybus overhead cathenary is build on a steep section of Prosecka Street, a kilometer section between Kundratka - Kelerka stops, which is 20% of the entire length of test route. After more than a year of technical project design works, all necessary permits were obtained in July 2017 and the construction of the test section began on August 10, 2017. The construction was finalized one and a half month later. The process of official technical approval took place from 11 - 13 October 2017.

The constructed route consists of a two-way section of a trolleybus overhead contact line. In the "top" direction, that is from the Kundratka stop to the Kelerka stop, it has a length of 993 meters. In the opposite direction it is slightly shorter and measures 613 meters. At both beginnings of the route, there are installed "roofs" for semi-automatic connection of trolleybus collectors. A prefabricated, container tram substation equipped with one rectifier unit is used to supply of the route. It was previously used as a temporary power source during the reconstruction of tram traction substations in Prague. The built-up section, approximately 1 km long, is too short to fully charge the traction batteries. For this reason, a short section of the trolleybus traction contact wires was built on the Palmovka final stop with "roofs" for semi-automatic connection, for charging the vehicle during stopping. It is supplied by 750 V from the tramway traction network using supply station named "Dobudka." It is a container converter station, providing galvanic separation and increasing the voltage value from the tram network. It was produced by the Czech company Cegelec.

The SOR TNB 12 Acumario trolleybus is currently being tested (Fig. 12, 13). In the first half of 2018, the next vehicle, the Electron 12T trolley bus manufactured by Ekova (Ostrava), equipped with LTO batteries with a capacity of 47 kWh, is planned for testing. Škoda Electric also declares his vehicle for testing. It is also planned to test the articulated trolleybus, but currently a vehicle with appropriate parameters (mainly for auxiliary drive) is not available in the Czech Republic.

Fig. 4. Trolleybus SOR TNB 12 goes uphill on Prosecka street in Prague powered from the traction network

Fig. 5. Trolleybus SOR TNB 12 on Letňany terminous in autonomous drive mode

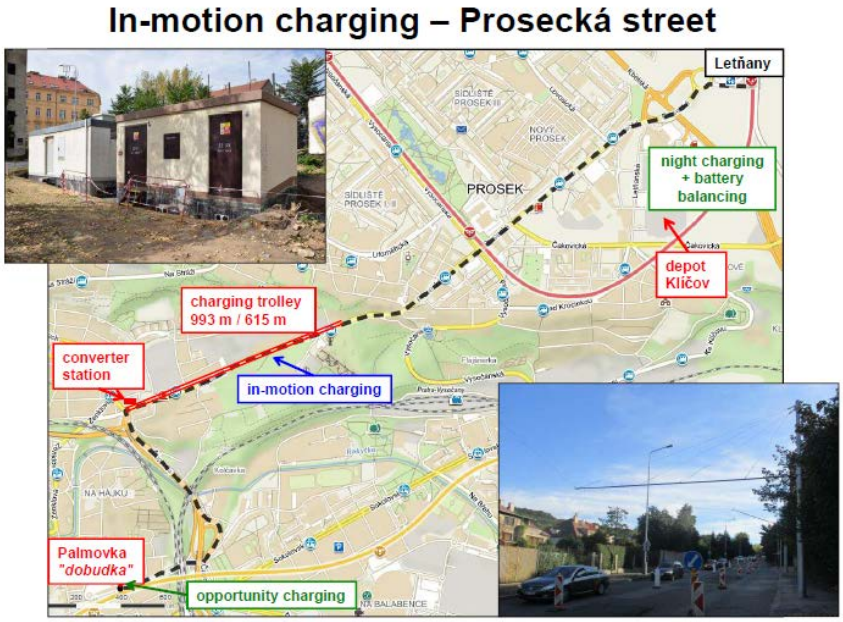


Fig. 6. The scheme of test route in Praha [© DP Praha, Jan Barchánek]

Marrakech case study. The BRT system in Marrakech (Morocco) is an example of a urban transport system that uses dynamic charging and the traction network has been simplified to the necessary minimum. Initially, the construction of a tram line was considered as in other Moroccan cities (Casablanca, Rabat), however, due to the high costs, the electrified Bus Rapid Transit system was chosen. The BRT line was opener in September 2017 and connects the centre of city with the western suburbs thought Hassan II Avenue. The total length of line is 8 km, the length of cathenary covered section is 2,5 km. Line is supplied with 750 V voltage from one traction substation, located at the west end of the route. The line along the whole route is run through separate bus-paths.

Line is operated by 10 standard, two doors Chinese YANGTSE trolleybuses. Each vehicle is equipment with 5 battery pack. Each battery pack has capacitance 200 Ah nominal voltage 115,2 V. Total energy capacitance of the batteries is 115,2 kWh. The trolleybus overhead line will be supplied from a 1 MWh photovoltaic plant and a 3 ha area. The energy generated from photovoltaic panels will be transferred to the 750 V DC power system. Unused surpluses will be sold to the power system operator.

Fig.7. The eastern end of the cathenary section of Marrakech's BRT system

Fig. 8. Vehicle in off-wire section of Marrakech's BRT system

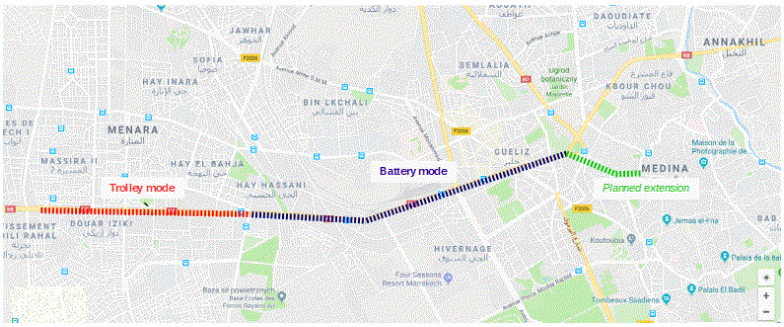


Fig. 9. The scheme of Marrakech's BRT system

Conclusions. Despite the fact that the number of cities exploiting electric buses in urban transport is increasing, the existing systems are test systems, and there is still no agreement among the users with regard to optimal and universal solution for electric buses. The issue of charging is one of the biggest problems. On the other hand, trolleybus transport in numerous cities is considered to be outdated. The Dynamic Charging system makes it possible to combine the advantages of trolleybuses and electric buses. The BRT system with Dynamic Charging can be potentially a much cheaper alternative to tram transport with identical transportation capacity.

© Bartłomiejczyk M. 2018

REFERENCES

1. Bartlomiejczyk M. (2015). Smart Grid technologies in electric power supply systems of public transport, 12th International Conference : Modern Electrified Transport 2015/, s.8-14

2. Bartlomiejczyk M., Połom M.(2015). Integracja systemu energetycznego miejskiego transportu szynowego i stacji ładowania autobusów elektrycznych – szansa czy zagrozenie? TTS Technika Transportu Szynoweg., nr. 7-8, s.12-15

3. Bartlomiejczyk M., Połom M. (2015). Uwagi na marginesie artykulu Adama Moleckiego Rozwyj autobusyw elektrycznych w oparciu o istniejnce sieci tramwajowe . Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. nr. 1-2, s.46-49

4. Połom M., Piasecki A., Bartlomiejczyk M. (2015). Charakterystyka autonomicznosci trolejbusyw – nowe doswiadczenia w elektromobilnosci miejskiej, Logistyka., nr. 4, s.5394-5401

5. Bergk F., Pьtz R., (2016). Potential of In-Motion Charging Buses for the Electrification of Urban Bus Lines, Konferencja: Electromobility in public transport, Gdynia, 9.06.2016

6. Bartlomiejczyk M., Połom M.(2015). Nowoczesna koncepcja rozwoju transportu trolejbusowego : projekt Slide-ln, Autobusy Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe., nr. 7-8, s.32-35

7. Bartlomiejczyk M., Styskala V., Hrbac R., Połom M. (2013). Trolleybus with traction batteries for autonomous running, W: 7th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering (ELEKTROENERGETIKA), 2013, Technical University of Kosice

8. Bartlomiejczyk M., Polom M.(2013). Alternatywne zrydla zasilania w trolejbusach – przeglad rozwiozan stosowanych w miastach europejskich, Technika Transportu Szyn

9. Manheller M. (2016). Cost factors in real fleet duty - Vossloh Kiepe, Konferencja. Electromobility in public transport, Gdynia, 9.06.2016

Бартломєйчик М. **Динамічне заряджання елетричних транспортних засобів**

Нічне заряджання та швидка зарядка в даний час є двома найбільш поширеними системами зарядки електричних автобусів. Незважаючи на те, що було запущено численні пробні інсталяції, жодна з цих двох систем не отримала безумовне схвалення користувачів. Альтернативою є заряджання рухомого складу - динамічне заряджання, яке поєднує в собі переваги тролейбусного транспорту та електричних автобусів: головним джерелом живлення є тягові батареї; однак, заряджання виконується рухом, без необхідності зупинки транспортного засобу.

Ключові слова: електричний автобус, тролейбус, тягові акумулятори, динамічне заряджання, заряджання в русі.

AUTHOR:

Mikolaj BARTLOMIEJCZYK, Researcher at Gdansk University of Technology and Energy Specialist in Trolleybus Transport Company in Gdynia. e-mail: mikolaj.bartlomiejczyk@pg.gda.pl

АВТОР:

Миколай БАРТЛОМЄЙЧИК, науковий співробітник Гданського факультету технології та енергетики, тролейбусної транспортної компанії в Гдині. e-mail: mikolaj.bartlomiejczyk@pg.gda.pl

Стаття надійшла в редакцію 23.04.2018

© Dizo J., Blatnicky M., Kravchenko O. 2018

УДК 629.4.027.2: 629.4-592
UDC 629.4.027.2: 629.4-592

[1]Dizo J., [1]Blatnicky M., [2]Kravchenko O.
[1]University of Zilina
[2]Zhytomyr State Technological University

SUBSTANTIATION OF REPLACEMENT OF THE BLOCK BRAKE ON THE DISC BRAKE IN THE BOGIE OF ARTICULATED PLATFORM WAGON FOR INTERMODAL TRANSPORT

This contribution is focused on the presentation of an original freight wagon bogie modification in order to integrate a disc brake into its structure. Such a modified freight wagon bogie will be used for the six-axle articulated flat wagon for intermodal transport, i.e. for transport of containers, trailers, etc. The main advantage of the proposed technical solution is, that the operation of freight wagons braked by means of disc brakes generates significantly less noise and requires lower power than block brakes. In this work there is presented the design of the integration of the disc brake with two discs, attachment of the brake beam on the original bogie frame and also mounting the disc brake unit on the brake beam.

Keywords. Freight wagon, Disc brake, Design modification, Disc brake beam.

Introduction. From the railway operation point of view brake equipment of wagons, belong to the most important part of all railway vehicles. Therefore, the design and function of brakes equipments have to meet strict conditions given by the International union UIC.

The brake equipment of a rail vehicle is composed of the pneumatic pressure system – pressure brake. The pressure brake serves as the safety brake for operation, quick-acting, emergency and automatic brake. A disc brake is nowadays the dominant design version of pressure brake for passenger rail vehicles and train units. In the freight railways transport cast-iron block brakes are currently used [1, 2], but with regard to requirements for increasing the transport speeds and axle loads the integration of the disc brake into the original design of a freight wagon bogie is very up-to-date. The installation of the disc brake will ensure higher brake power and significant noise emissions reduction, which have impairment effects on the environment.

The goal of an article Presentation of the modification of a freight wagon bogie's design in order to implement a disc brake into its original design.

Freight wagons with a disc brake. The Y25 bogie (Fig. 1) is the most widely used type of a freight wagon in the western and middle Europe [3, 4]. Originally, it is French design of a bogie [5]. Generally, this type of bogie uses block brakes [6]. The GG block is most often applied, which acts on a wheel.

However, the current development of this type of bogie is focused on the disc brake implementation with-out radical design modification, mainly for higher brake power, because just the right guarantees constant and safe heat sink without adverse load of wheel surfaces.

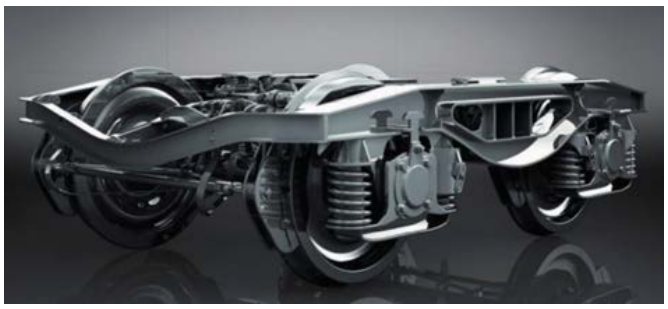


Fig. 1. Y25 freight wagon bogie

Disc brakes already were implemented for freight wagons, e.g. Y25Lss bogie (Fig. 2). However, in this case, the disc brake was combined with the additional block brake. It allows wheel surfaces cleaning, so it ensures appropriate force ratios in the wheel/rail contact. Hereby, the block brake assumes the part of the brake force and it means that the disc brake is lite during braking at high speeds. The disc brake ensures approx. 75 % of the braking power and the block brake remaining 25 %. This ratio results from the necessity of brake blocks, as during the lifetime of one relining of a disc brake blocks have to be changed from 4 to 6 times [3, 6].

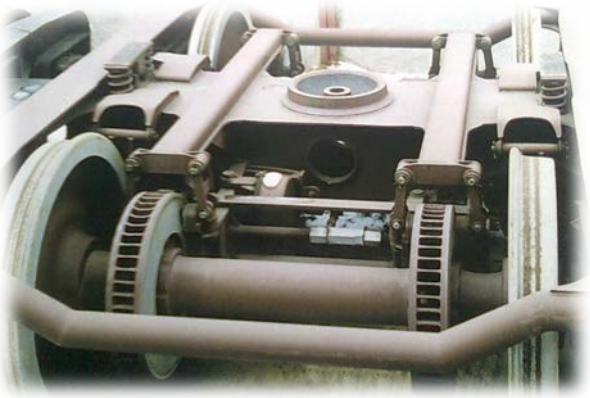


Fig. 2. Y25Lss freight wagon bogie

Another representative of a freight wagon, which is equipped with a disc brake in combination with a block brake, the Y37VR bogie is (Fig. 3). There is version 9-846.0. In the 9-846.1 version of it a handbrake is mounted. This bogie is determined for the freight wagon with axle load of 18 t and the operation at the speed of 140 km/h [5, 6].

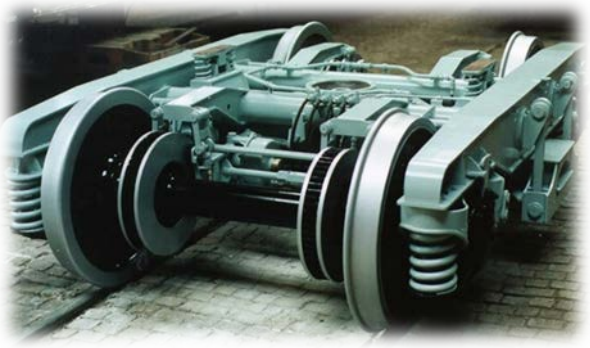


Fig. 3. Y37 VR freight wagon bogie

Brakes of freight wagons. The classic block brake is equipped with cast-iron brake blocks. Current trends direct to composite brake blocks, which represent very advantageous price alter-native for a disc brake. However, in this case the unfa-vourable abrasion of a material occurs.

For block brakes, the friction coefficient depends on the material of brake blocks, speed, temperature and surface compression between the wheel and the brake block. Brake blocks made of composite materials or cemented metal have the similar friction coefficient to the disc brake from the speed and dimension dependency point of view [7, 8]. This is caused by the material similarity of composite blocks and disc brake lining.

In operation of rail vehicles the intention is to decrease of its curb weight and also to decrease unsuspended masses. While individual components of a block brake belong to suspended masses of rail vehicles, classic types of a disc brake with shaft or wheel brake discs are not suspended. Therefore, in comparison with block brake disc brakes increase unsuspended weight of a freight wagon bogie.

Features of brakes of freight wagon bogies. The block brake is the best-known adhesion brake. The braking happens, when brake blocks are pushed against wheel surface [7, 10]. The pressure is during operation caused by pressure of compressed air, which acts on the brake cylinder rod.

The main advantages of block brakes are:

- simple verification of functionality,
- block ability to slick minor irregularities on wheel surface,
- brake verification can be performed visually without other checking system.

The disadvantages of block brake a are:

- large dimension and complexity of a system,
- relatively low efficiency related to wagon weight,
- high level of the operation noise,
- low lifetime of brake blocks.

The disc brake composes of two basic elements:

• brake disc,
• brake lining.

Generally, the brake disc is very often fixed on a axle. A brake disc can be produced either as single or compound.

The number of brake discs used to be various and depends on required brake power. For lower speeds one brake disc suffices. For high speed vehicles there are used higher number of discs – from two up to five.

From the design point of view brake discs may be intended either to be mounted on an axle of a bogie, or to be mounted on a wheel.

Design of a disc brake for a freight wagon bogie. Firstly, there is necessary to determine the brake power, which acts against a freight wagon running on a track [9] and it is generated by the brake accessories of a freight wagon (Fig. 4).

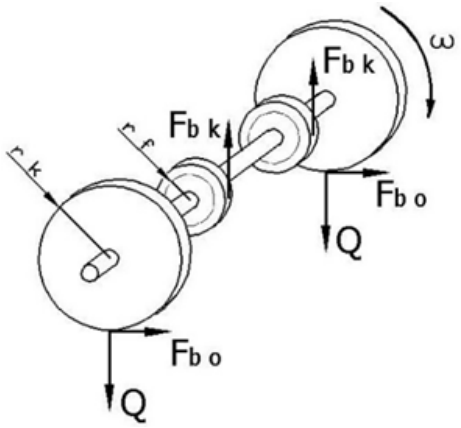


Fig. 4. Wheelset braked by a disc brake

In this contribution the disc brake is designed for the six-axle freight wagon (Sdggmrss), which maximum weight is ml = 135 t, considered equivalent weight is mekv = 141.75 t and calculated vehicle resistance is Ovoz = 7.932 kN.

From the freight train equation of motion

$$m_{ekv} \cdot a_b = -O_{voz} - F_B \tag{1}$$

we express the brake force needed for slowing-down of rail vehicle:

$$F_B = -O_{voz} - m_{ekv} \cdot a_b \tag{2}$$

For a rail vehicle stopping within the brake distance there is necessary to produce brake deceleration ab. For the speed higher than 100 km/h the brake distance is L = 1000 m. In the calculation the brake deceleration, we consider for the speed of v = 120 km/h:

$$a_b = \frac{v^2}{2 \cdot L} = \frac{(33.333)^2}{2 \cdot 1000} = 0.55 m/s^2 \tag{3}$$

The calculated brake deceleration (eq. (3)) we sub-stitute in eq. (2) and we can find out the brake force FB:

$$F_B = -7.932 - 141.75 \cdot (-0.55) = 70.03 kN \tag{4}$$

From eq. (4) we have calculated the maximum brake force, which the disc brake of one vehicle has to generate. Further, we have to calculate the brake force for individual brake discs. As we consider six-axle freight wagon, the brake force on one axle will be following:

$$F_{BN} = \frac{F_B}{6} = \frac{70.03}{6} = 11.67 kN \tag{5}$$

For the brake force transmission on the adhe-sion limit there is valid:

$$F_{BN} \le 2 \cdot Q \cdot \mu \Rightarrow 11.67 < 30.9 \tag{6}$$

then

$$F_{BN} \le 2 \cdot \frac{135 \cdot 9.81}{12} \cdot 0.14 \Rightarrow 11.67 N < 30.9 N \tag{7}$$

The vertical wheel force Q is calculated from the total weight of a vehicle and from the number of wheels on a vehicle. The adhesion coefficient μ = 0.14 is the maximal safe during braking.

In the next step, we choose the number of discs on an axle in order to calculate the brake for one brake disc. For the proposed solution, there are chosen two brake discs on an axle. The brake force on one disc is

$$F_{BK} = \frac{F_{BN} \cdot \frac{r_f}{r_k}}{2} = \frac{11.67 \cdot \frac{0.233}{0.46}}{2} = 2.95kN \quad (8)$$

The calculation of the compressive force of a brake lining on one disc is given by following formula

$$F_{BK} = F_P \cdot f \Rightarrow F_P = \frac{F_{BK}}{f} = \frac{2.95}{0.3} = 9.85kN \quad (9)$$

The new solution of the brake system of the Y25 freight wagon bogie with disc brake using there is nec-essary to choose a disc brake unit. There are several producers and several types of such devices. For our purposes, we have chosen the DAKO KB brake unit. The scheme of disc brake is shown in Fig. 5.

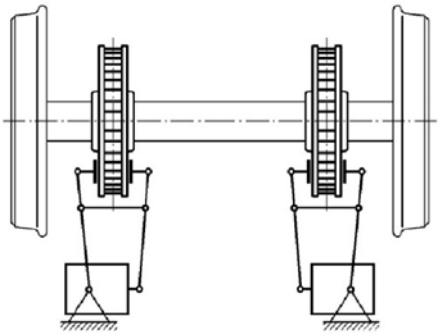


Fig. 5. Scheme of disc brake

This brake unit is used in brake equipment of rail vehicles mainly as the part of a bogie. On a bogie, it is localised in such way to generate the brake force directly on discs.

This brake unit is active device of the rail vehicles brake, which contains in one construction unit always the brake cylinder with the built-in one-side acted a setter of brake shoes, brake rigging with defined brake ratio, holders of brake lining, linkages and swing links. Main parts of the chosen disc brake unit are:

- brake cylinder,
- handbrake mechanism,
- braking indicator,
- brake rigging (parts of transmission of the brake force to brake lining).

Design of a beam and attachment of the disc brake on a fright bogie frame. The bogie frame is the main support part of a bogie. The role of a frame is to ensure the proper position of wheelsets, traction forces transmission between wheelsets and a vehicle frame. At the same time, it car-ries other construction units and parts of a bogie depend on the type of a bogie (brakes, tubes, electric installation, etc.).

The bogie frame holds the position of freight wag-on body on a bogie in all directions and transfers all op-eration loads in all basic directions. For its every func-tionality it has to be designed properly not only form the form point of view (i.e. joints surfaces, mounting condi-tions, etc.), but also from the strength point of view (types of loads, fatigue, etc.).

There are several conception arrangements of bo-gie frames, on which we can use the disc brake. The most often we can meet the rigid attachment of the disc brake beam on a bogie frame. In this case, the disc brake beam is welded to the frame or to another beam, which hangs on a bogie frame.

In our modification of the original bogie with the block brake, we have chosen the conception with hung beam of disc brake beam on a bogie frame. This con-ception solution is in our considered case more suitable. There is for more reasons (Fig. 6).

The hung beam requires indeed the frame modifi-cation, which consists in the complement of beam hold-ers, but these construction components do not affect the frame structure such significantly as in the case of welded beam. Another advantage is the simplifier modi-fication of the original frame. Such a technical solution is suitable also in respect of space layout. Screw con-nections ensure detachable of the beam. It makes easier the bogie maintenance and also potential repairs.

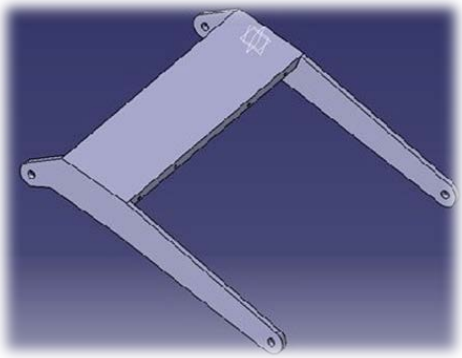


Fig. 6. Design of the disc brake beam

In our supposed modification of the Y25 freight wagon bogie, which the disc brake will be used on, the beam will be mounted on the frame by means of screw connection (mentioned above), which allow the easier and more flexible modification of the existing original frame design for the new conception with the disc brake (Fig. 7.). As the beam will be hung on the frame, forces transmission will be significantly lower in comparison with a welded beam.

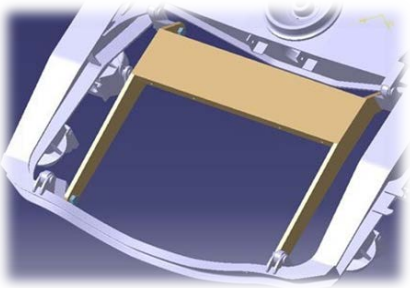


Fig. 7. Attachment of the designed beam of a disc brake on a bogie frame

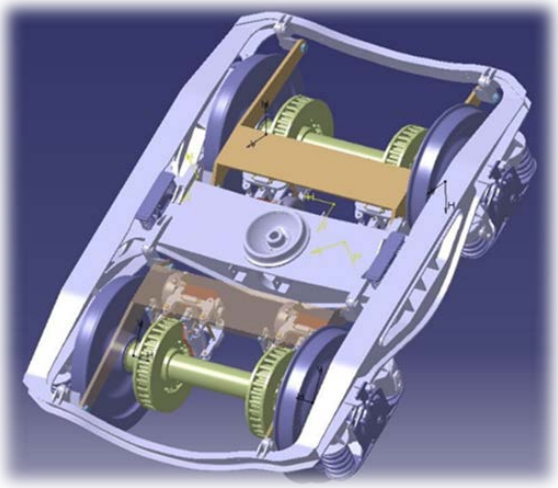


Fig. 8. Y25 bogie with the disc brake

Results of the designed technical solution. For proposed technical solution of the freight wag-on bogie modification two brake discs for one axle are chosen. Thus, four brake discs for one bogie are used (Fig. 8). The bogie will use four individual brake units with brake lining (Jurid) made of the special alloyed material. These lining will ensure significantly noise de-creasing and also they have convenient brake properties even in bad weather conditions. The brake unit will be mounted on the beam by means of screws and it will hang on the original bogie frame.

Conclusion. In this contribution, the propose of the original Y25 freight wagon bogie modification is presented. The design consists in the disc brake integration into the original freight wagon bogie without significant modification of the original bogie frame structure. The goal of the technical solution is increasing

the brake power and increasing the negative effects of noise to environment. Such a modified bogie is intended for using in a six-axle jointed wagon for intermodal transport (Sdggmrss serie). The brake system is proposed for axle load of 22.5 t with four discs in one bogie. This technical solution does not require significant modification of the original bogie frame and it ensures sufficient brake power within the acceptable heat load.

Acknowledgements. This work was supported by the Cultural and Edu-cational Grant Agency of the Ministry of Education of the Slovak Republic in the project No. KEGA 007ŽU-4/2017: Modernization of the Vehicle and engines study programs.

1. Loulovб, M. Konљtrukčnб ъprava brzdovйho systйmu podvozka železničnйho nбkladnйho vagyna / M. Loulovб, J. Gerlici, T. Lack, J. Haruљinec // Dynamika tuhэch a de-formovatelnэch těles 2013, Sbornнk přednбљek, 9.-11. řnjna, 2013, Ъstн nad Labem, 8 pages, ISBN 978-80-7414-607-7.

2. Suchбnek, A. Zisťovanie љtrukturбlnych vlastnostн brzden-йho železničnйho kolesa nбkladnйho vagyna / A. Suchбnek, J. Haruљinec, P. Љťastniak // Inovбcie v koncepcii, konљtrukcii, vэrobe a skъљanн nбkladnэch vagynov II, Zbornнk prednбљok, 29.-30. janubra, 2015, pp. 81-86, ISSN 978-80-554-0980-1.

3. Kalinčбk, D. Vzбjomnй vzťahy medzi niektorэmi par-ametrami vybranэch nбkladnэch vagynov / D. Kalinčбk // Technolyg, Vol. 5, Iss. 3, 2013, pp. 135-158, ISSN 1337-8996.

4. Lack, T. Analэza vlastnostн železničnйho nбkladnйho podvozka pomocou simulačnэch vэpočtov / T. Lack, J. Gerlici // PRORAIL 2015, zbornнk z konferencie Sъčasnй problйmy v koľajovэch vozidlбch, Diel I., Žilina, 16.-18. septembera, 2015, pp. 345-354, ISBN 978-80-89276-48-6.

5. Hauser, V. Konљtrukčnй rieљenie mechanizmu klanнc zab-ezpečujъcich Tovar pri preprave vozňom Shimmns / V. Hauser, P. Љťastniak, J. Gerlici, T. Lack // Inovбcie v kon-cepcii, konљtrukcii, vэrobe a skъљanн nбkladnэch vagynov I, Zbornнk prednбљok, 27.-28. novembra, 2014, pp. 47-53, ISSN 978-80-554-0955-9.

6. Dižo, J. Design of freight wagon bogie with disc brake / J. Dižo, M. Blatnickэ, P. Љťastniak, M. Moravčнk // Tech-nolog, Vol. 7, Iss. 2, 2015, pp. 20-24. ISSN: 1337-8996.

7. Gerlici, J. Aktuбlne konљtrukčnй rieљenie skъљobnйho stavu brzdnэch komponentov koľajovэch vozidiel RAILBCOT / J. Gerlici, T. Lack, J. Haruљinec // Dynamika tuhэch a deformovatelnэch těles 2013, Proceedings of conference, 7.-9. řnjna, 2015, Ъstн nad Labem, 12 pages, ISBN 978-80-7414-914-6.

8. Gorbunov, M. Assessment and improvement of interaction of locomotive wheelsets on rails / M. Gorbunov, J. Gerlici, K. Kravchenko, T. Lack // Railway transport of Ukraine, Iss. 5-6, 2016, pp. 29-35. ISSN: 2311-4061.

9. Labuda, R. Efektнvne využitie brzdnйho ъčinku pohonu vozidla pri decelerбcin / R. Labuda, D. Barta, A. Kovalčнk // Transport 2011, zbornнk z konferencie, pp. 65-70, 2011, ISBN 978-80-554-0439-4.

10. Gorgunov M. Assessment and improvement of interaction of locomotive wheelsets on rails / M. Gorgunov, J. Gerlici, K. Kravchenko, T. Lack / Науково-практичний журнал Залізничний транспорт України, №5-6 (120-121), 2016, Київ, - С. 29 - 35..

REFERENCES

1. Loulova, M., Gerlici, J., Lack, T., Harusinec, J. (2013). Bogie brake system design modification of railway goods wagon. Dynamics of rigid and deformable bodies 2013, Proceedings of conference, October 9-11, 2013, Usti nad Labem, 8 pages, ISBN 978-80-7414-607-7 [in Slovak].

2. Suchanek, A. J., Harusinec, P., Stastniak (2015). Investigation of structural properties of the braked railway wheel of a freight wagon. Innovations in con-ception, design, production and testing of freight wagons II, Proceedings of Conference, January 29-30, 2015, pp. 81-86, ISSN 978-80-554-0980-1. [in Slovak].

3. Kalincak, D. (2013). Correlation between some parameters of se-lected freight wagons. Technolog, Vol. 5, Iss. 3, 2013, pp. 135-158, ISSN 1337-8996. [in Slovak].

4. Lack, T., Gerlici, J. (2014). Analysis of the freight wagon bogie properties by means of simulation computations / T. Lack, // PRORAIL 2015, Proceedings of the conference Current problems v rail vehicles, Part I., Zilina, September 16-18, 2015, pp. 345-354, ISBN 978-80-89276-48-6.

5. Hauser, V., Stastniak, P., Gerlici, J., Lack, T. (2014). Design solution of timber mechanism ensuring goods during transportation by the Shimmns wagon. Innovations in conception, design, production and testing of freight wag-ons I, Proceedings of Conference, November 27-28, 2014, pp. 47-53, ISSN 978-80-554-0955-9.

6. Dizo, J., Blatnicky M., Stastniak P., Moravcik M. (2015). Design of freight wagon bogie with disc brake. Technologist, Vol. 7, Iss. 2, 2015, pp. 20-24. ISSN: 1337-8996.

7. Gerlici, J., Lack, T. Harusinec, J. (2013). Rail vehicles brake components test stand RAILBCOT current constructional solution / J. Gerlici, // Dynamics of rigid and deformable bodies 2013, Proceedings of conference, October 7-9, 2015, Usti nad Labem, 12 pages, ISBN 978-80-7414-914-6.

8. Gorbunov, M., Gerlici, J., Kravchenko, K., Lack, T. (2016). Assessment and improvement of interaction of locomotive wheelsets on rails. [Railway transport of Ukraine], *Naukovo-praktichnij zhurnal Zaliznichnij transport Ukraïni* Iss. 5-6, 2016, pp. 29-35. ISSN: 2311-4061..

9. Labuda, R., Barta, D., Kovalcik A. (2011). Effective using the brake effect of a vehicle drivetrain during deceleration. Transport 2011, Proceedings of the conference, pp. 65-70, 2011, ISBN 978-80-554-0439-4.

10. Gerlici, J., Gorbunov, M., Kravchenko, K., Prosvirova, O., Lack, T., Hauser, V. (2018). Assessment of Innovative Methods of the Rolling Stock Brake System Efficiency Increasing. «Manufacturing Technology». February 2018, Vol. 18, No. 1, p. 35-38. ISSN 1213-2489.

© Dizo J., Blatnicky M., Kravchenko O. 2018

Діжо Я., Блатницький М., Кравченко О.П. **Обгрунтування заміни колодкового гальма на дисковий в візках зчленованих вагонів-платформ для інтермодальних перевезень**

У статті представлена модифікація оригінальної конструкції візка вантажного вагона. Основа модифікації полягає в заміні колодкового гальма, яке вста-новлено в оригінальній конструкції візки, дисковим галь-мом, без значної зміни структури оригінальної рами візка. Мета цього технічного рішення - значно зменшити шум і збільшити силу гальмування. Запропонована конструкція візків вантажних вагонів, за рахунок установки дискових гальм дозволяє значно зменшити рівень шуму при гальмуванні і знизу необхідну гальмівну силу. У цій роботі представлена конструкція запропонованої схеми дискового гальма з двома дисками, кріплення гальмівної балки на оригінальній рамі візка, а також установка дискового гальмівного пристрою на гальмівний балці.

Ключові слова: вантажний вагон, дискові гальма, модифікація конструкції, гальмівна колодка дискового гальма.

Дижо Я., Блатницкий М., Кравченко А.П. **Обоснование замены колодочного тормоза на дисковый в тележках сочлененных вагонов-платформ для интермодальных перевозок**

В статье представлена модификация оригинальной конструкции тележки грузового вагона. Основа модифи-кации заключается в замене колодочного тормоза, кото-рый установлен в оригинальной конструкции тележки, дисковым без значительного изменения структуры ори-гинальной рамы тележки. Такая модифицированная те-лежка грузового вагона будет использоваться для шести-осных сочлененных вагонов-платформ для интермодальных перевозок контейнеров, прицепов и т.д. Цель этого технического решения - значительно уменьшить генерирование шума и увеличить силу торможения. Предложенная конструкция тележек грузовых вагонов, за счёт установки дисковых тормозов позволяет значительно уменьшить уровень шума при торможении и снизить необходимую тормозную силу. В этой работе представлена конструкция предложенной схемы дискового тормоза с двумя дисками, крепления тормозной балки на оригинальной раме тележки, а также установка дискового тормозного устройства на тормозной балке.

Ключевые слова: грузовой вагон, дисковый тормоз, модификация конструкции, тормозная колодка дискового тормоза.

AUTHORS:

Jn DIZO, PhD, Vice Head of Department of Transport and Handling Machines For Education, University of Zilina, e-mail jan.dizo@fstroj.uniza.sk

Miroslav BLATNICKY, PhD, Vice Head of Department of Transport and Handling Machines For Science and Research, University of Zilina, e-mail: miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk

Alexander KRAVCHENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Zhytomyr State Technological University, Head of Department «Cars and transport technologies», Zhytomyr, e-mail: avtoap@ukr.net

АВТОРИ:

ДИЖО Ян, кандидат технічних наук, заст. зав. кафедри «Транспорт та підйомно-транспортні машини» по навчальній програмі, Жилінський університет в Жилінє, Словакія, e-mail: jan.dizo@fstroj.uniza.sk

БЛАТНИЦЬКИЙ Мірослав, кандидат технічних наук, заст. зав. кафедри «Транспорт та підйомно-транспортні машини» по науково-дослідницькій частині, Жилінський університет в Жилінє, Словакія, e-mail: miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk

КРАВЧЕНКО Олександр Петрович, доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедрою автомобілі і транспортних технологій, Житомир, Україна, e-mail: avtoap@ukr.net

АВТОРЫ:

ДИЖО Ян, к.т.н., заместитель заведующего кафедрой «Транспорт и подъёмно-транспортные машины» по образовательной части, Жилинский университет в Жилине, e-mail: jan.dizo@fstroj.uniza.sk

БЛАТНИЦКИЙ Мирослав, к.т.н., заместитель заведующего кафедрой «Транспорт и подъёмно-транспортные машины» по научно-исследовательской части, Жилинский университет в Жилине, Словакия, e-mail: miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk

КРАВЧЕНКО Александр Петрович, д. т. н., профессор, Житомирский государственный технологический университет, заведующий кафедрой автомобилей и транспортных технологий, Житомир, Украина, e-mail: avtoap@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 23.04.2018

© Hrytsun O., Royko Yu. 2018

УДК 656.11
UDC 656.11

Hrytsun O., Royko Yu.
Lviv Polytechnic National University

DETERMINATION OF TRANSPORT DELAY BEFORE THE TRAFFIC LIGHT ON TWO-LANE STREETS WITH TRAM MOVEMENT

In this work simulation of delay in traffic flow movement is carried out, in composition of which trams have motion on regulated intersections, based on results of field research.
Key words: simulation, traffic flow, traffic delay, regulated intersection, field research, regulation mode.

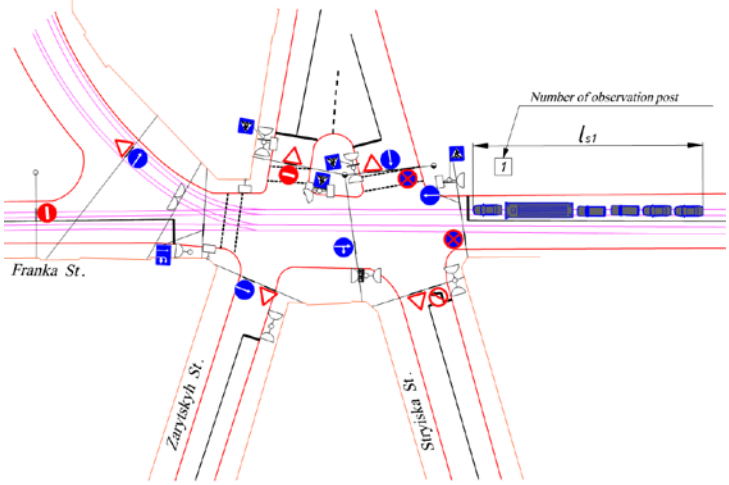
Problem statement. For most cities interaction of transport and pedestrian flows is the most complicated problem, which is considered in traffic organization. It is defined in the first place by excessive growth of automobile park on road network. As a rule, increasing of transportation volume (movements) occur much faster than development of highway transport networks of cities. It causes occurrence of transport problem. Particularly acute it appears on junctions of road network. In such places transport delay increases, queues and jams occur and as a result, probability of traffic accidents increases. Complex situation with accidence is determined much by constant increasing mobility of citizens with existent redistribution of transportation from public transport to private [1–3]. Consequently, during resolving the problem with transport delay using expansion, modernization and improvement of road network, it is necessary also to pay special attention to development of urban public transport network.

Transport delay is a factor which is needed to bring to notice during assessment of traffic condition. Transport delay before the intersections (pedestrian crossings), which are regulated with the help of traffic light signals, is meant by crowding on the road (street) of vehicles, which move with average speed, substantially lower than normal speed for given section of road (street), caused by regulation schemes of traffic light signals [2,4–6]. In result of transport delay occurrence time of passage the regulated intersections increases and capacity of road section decreases. Additional vehicle delays on approaches to intersections cause wrongly parked vehicles [6–8]. The most negative influence such delays have on urban electric transport, especially trams, because they don't have an opportunity to bypass the obstruction.

Due to this **work objective** is determination of regularities of vehicle delays occurrence before the regulated intersections on two-lane streets with tram movement.

Research results. For carrying out the research four approaches on different intersections with traffic light regulation were chosen. Criterion for which the objects were chosen is organization of vehicle movement in two lanes (one lane in every direction) with tram movement in traffic composition.

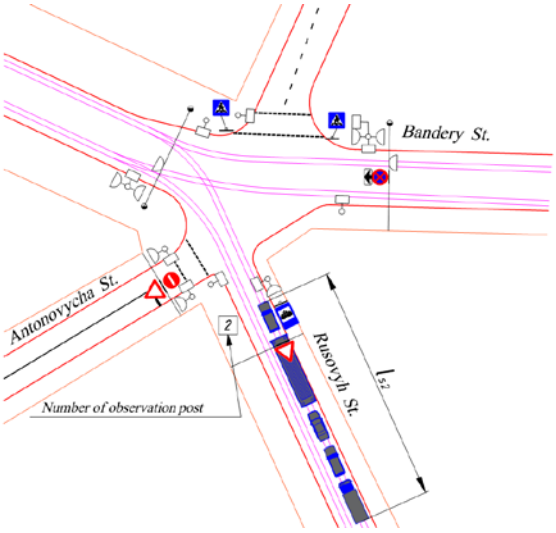
The first examined approach is Franka St. (approach to the intersection on Franka St. in the direction from Stusa St. to the center) on intersection of Franka – Stryiska – Zarytskyh – Rustaveli streets. Traffic organization scheme of this intersection is illustrated on pic. 1., with placement and marking of observation post (№1) and section (l_{s1}) which was chosen for examination.



Pic. 1. Traffic organization scheme on the intersection of Franka – Stryiska – Zarytskyh – Rustaveli streets with illustration of observation post and examined section

Intersection is placed in Halytskyi district of Lviv city. Road surface is block stones. Longitude inclination l_{s1} is in range to 5‰. Road lines are partly absent, because tramway tracks are laid on armored concrete slabs. Duration of traffic light cycle is 70 sec. Duration of permission signal on l_{s1} is 26 sec. In traffic flow composition on l_{s1} prevail cars (during the examination their percent was 96%). On l_{s1} before stop line public transport stop is situated, which in some cases causes additional delay of traffic flow.

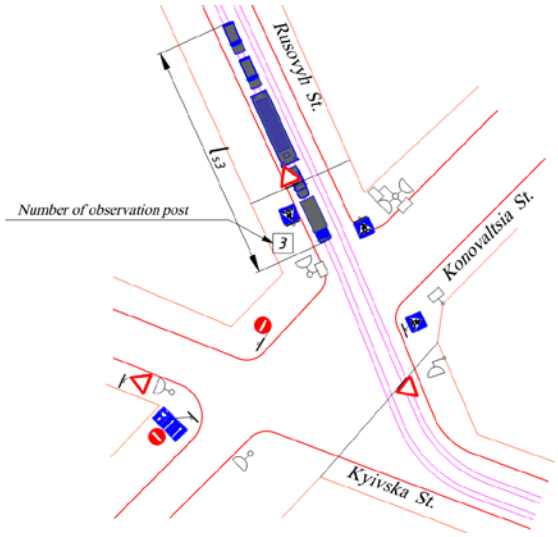
The second examined approach is Rusovyh St. on the intersection of Bandery – Antonovycha – Rusovyh streets. Traffic organization scheme of this intersection is illustrated on pic. 2, with placement and marking of observation post (№2) and section (l_{s2}) which was chosen for examination.



Pic. 2. Traffic organization scheme on the intersection of Bandery – Antonovycha – Rusovyh streets with illustration of observation post and examined section

Intersection is placed in Frankivskyi district of Lviv city. Road surface is block stones. Longitude inclination l_{s2} is in range to 5‰. Road lines are partly absent (tramway tracks on armored concrete slabs). Duration of traffic light cycle is 77 sec. Duration of permission signal on l_{s2} is 14 sec. In traffic flow composition on l_{s2} prevail cars (during the measurement their percent was 94%). On l_{s2} before the stop line public transport stop is situated which causes additional delay of traffic flow. Geometric parameters of intersection, such as small turning radius of tramway tracks from Rusovuh St. to Banderu St. resulting in necessity of trams to lower speed of movement (to 5 km/h), also have negative impact.

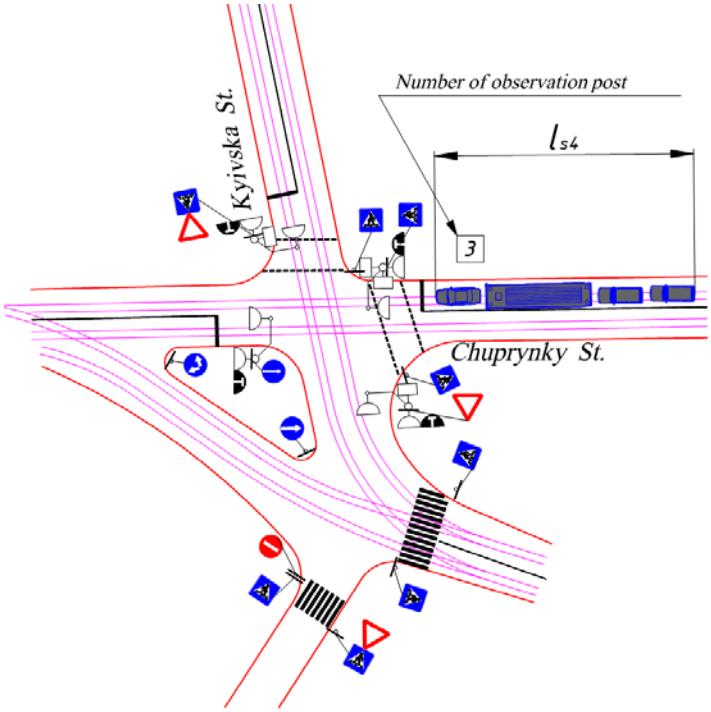
The third examined approach is Rusovyh St. on the intersection of Konovaltsia – Rusovyh – Kyivska streets. Traffic organization scheme of this intersection is illustrated on pic. 3, with placement and marking of observation post (№3) and section (l_{s3}) which was chosen for examination.



Pic. 3. Traffic organization scheme on the intersection of Konovaltsia – Rusovyh – Kyivska streets with placement of observation post and examined section

Road-planning features are identical to section l_{s2}. Duration of traffic light cycle is 58 sec. Duration of permission signal on l_{s3} is 20 sec. In traffic flow composition on l_{s3} prevail cars (from results of experimental measurement it was 94%).

The last examined object is approach on Chuprynky St. (in the direction from Bandery St.) on the intersection of Chuprynky – Kyivska streets. Traffic organization scheme of this intersection is illustrated on pic. 4, with placement and marking of observation post (№4) and section (l_{s4}) which was chosen for examination.



Pic. 4. Traffic organization scheme on the intersection of Chuprynky – Kyivska streets with placement of observation post and examined section

Intersection is placed in Frankivskyi district of Lviv city. Road surface is block stones and armored concrete slabs. Longitude inclination l_{s4} is in range to 10‰. Road lines are partly absent. Duration of traffic light cycle is 70 sec. Duration of permission signal on l_{s4} is 38 sec. In traffic flow composition on l_{s4} prevail cars (from results of experimental measurement it was 94%). On l_{s4} before the stop line public transport stop is situated, which in some cases causes additional delay of traffic flow. Geometric parameters of intersection, such as inclination of Chuprynky St., also have negative impact, which cause additional delay on l_{s4}.

Research of traffic flow characteristics was carried out in two stages. The first stage was getting the data about vehicle intensity on the intersections by field research (using video recording) with the method of real-time record of movement (for small time periods), on the second stage delays on approaches with two-lane movement (one lane in every direction) were examined, taking into account that in traffic composition trams have motion.

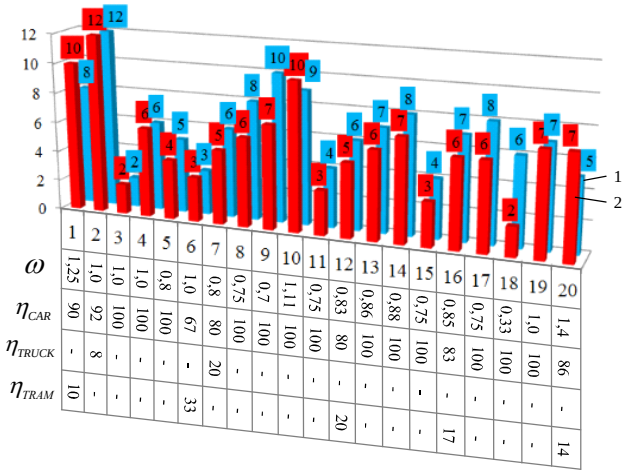
It is necessary to mention immediately that tram had motion not in every cycle, in many cases on permission signal of traffic light more or the same number of vehicles had passed than were waiting the passage on stop line. On the intersection of Franka – Stryiska – Zarytskyh streets (l_{s1}) such cycles were 17 from 20; on the intersection of Bandery – Antonovycha – Rusovyh streets (l_{s2}) – were 6 from 20; on the intersection of Konovaltsia – Kyivska – Rusovyh streets (l_{s3}) – were 18 from 20; on the intersection of Kyivska – Chuprynky (l_{s4}) – 15 from 20. It is necessary to note that it is measurement results not for peak periods; placement of tram in the queue not necessarily must be the first.

Difference in length of vehicles queue sometimes was due to the fact that route vehicles had the stop for pick-up and drop-off passengers not far from stop line. As two-lane streets with tram movement are considered, to make overtake of them other vehicles could not. Quite often duration of urban public transport

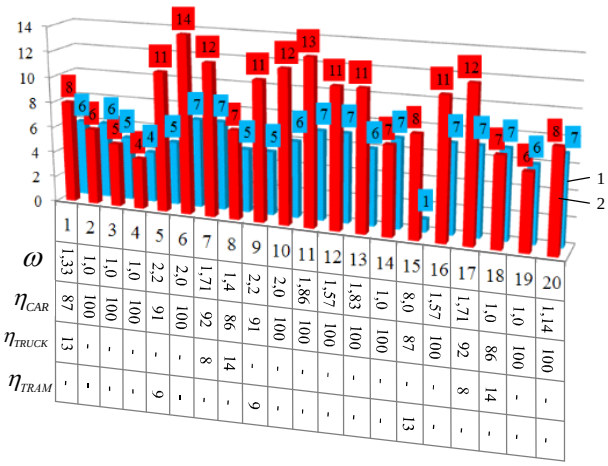
stopping on stopping point was not the same, at the time the volume of passenger exchange was practically unchanged, which is explained by expectation of passenger arrivals by drivers.

The next stage of results of field research treatment is their graphical interpretation (pic. 5–8), where are indicated: number of vehicles which have crossed stop line during the permission signal, $n_a^{\text{cross.}}$ (1); number of vehicles which are in the queue in the beginning of turning on the permission signal, $n_a^{wait.}$ (2); work efficiency of traffic light signals in pointed direction ($\omega = n_a^{wait.} / n_a^{\text{cross.}}$); and percentage of respectively cars, trucks, buses and trams in traffic flow (η_{CAR}; η_{TRUCK}; η_{BUS}; η_{TRAM}); percentage of green light in regulation cycle ($\lambda = t_{green} / T_c$).

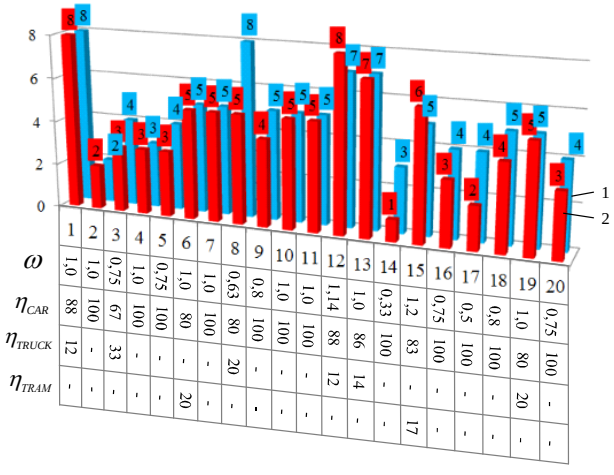
As a result we get:



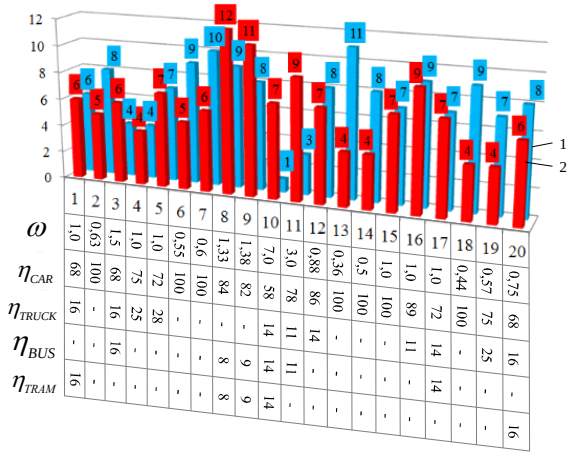
Pic. 5. Results of experimental research of delay on stop line of regulated intersection of Franka – Stryiska – Zarytskyh streets (l_{s1}):
λ = 0,37; factual traffic intensity on the crossing of stop line is 393 auto/h



Pic. 6. Results of experimental research of delay on stop line of regulated intersection of Bandery – Antonovycha – Rusovyh streets (l_{s2}):
λ = 0,18; factual traffic intensity on the crossing of stop line is 354 auto/h



Pic. 7. Results of experimental research of delay on stop line of regulated intersection of Konovaltsia – Kyivska – Rusovyh streets (l_{s3}):
λ = 0,41; factual traffic intensity on the crossing of stop line is 294 auto/h



Pic. 8. Results of experimental research of delay on stop line of regulated intersection of Chuprynky – Kyivska streets (l_{s4}):
λ = 0,54; factual traffic intensity on the crossing of stop line is 429 auto/h

Conducted primary analysis of pic. 5–8 shows next: with relatively identical values of traffic intensity relation of amount of those vehicles which arrived to stop line during prohibitive signal to those which passed during permission signal is less than one not in every cycle. Queue in lot is caused by index λ, because it is matter how frequently given approach on the intersection is serviced. On the section of Rusovyh St. (intersection of Bandery – Antonovycha – Rusovyh streets), where percentage of permission signal is 0,18 with the intensity of 354 auto/h and on the section of Rusovyh St. (intersection of Konovaltsia – Kyivska – Rusovyh streets), where such percentage of permission signal is 0,41 with smaller intensity, in the last case work efficiency of traffic light signals for examined direction is much higher.

High values of delays on stop line (value of efficiency is much more than one) is when in flow structure public transport is present (buses and trams), how it is evidenced in cycles 1,6,14 for approach from Franka St. (pic. 5) on the intersection of Franka – Stryiska – Zarytskyh streets (accordant values are 1,25; 1,0; 1,4); in cycles 5,9,15, for the approach from Rusovyh St. (pic. 6) on the intersection of Bandery – Antonovycha – Rusovyh streets (their accordant values are 2,2; 2,2; 8,0); in cycles 6 and 15 for approach from Rusovyh St. (pic. 7) on the intersection of Konovaltsia – Kyivska – Rusovyh streets (their accordant values are 1,0; 1,2) and also in cycles 1,8,9,10 for the approach from Chuprynky St. (pic. 8) on the intersection of Chuprynky – Kyivska streets (their accordant values are 1,0; 1,33; 1,28; 7,0). Obtained values of efficiency for pointed cycles are not typical for the approach at all. Exactly in these cycles the main percentage of buses and trams has moved.

Conclusions. So, it can be said that on the streets with two-lane double-direction movement the most important factors, which cause delay of transport on stop lines, are traffic flow composition, percentage of permission signal in regulation cycle and intensity of vehicles arrival to the intersection.

Obtained results of value of delay in vehicle movement on two-lane streets with double-direction movement by field research give an opportunity to evaluate existing condition of transport flow, its composition, queue size and factors which it specifies. As it was mentioned before, measurement of these indicators in non-peak period will give an opportunity to determine tendencies of their changes with the change of other input parameters, because in peak period on chosen sectors big queues are observed, especially with the great percentage of public transport, and motionless condition of traffic flow, which make further modeling of its condition ineffective.

That is why, during solving the problem with determination of transport delay, with the help of complex automated systems using controlling PC, automation equipment, telemechanics, control communication will give an opportunity to carry out immediate pass of public transport on regulated intersections, forecasting of it on public transport stops and reduction of probability of schedule movement delay.

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Левашев А. Г. Проектирование регулируемых пересечений : учеб. пособ. / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Иркутск : ИрГТУ, 2007. – 216 с.
3. Сайт блог «Дмитрий Беспалов» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://bespalov.me/2012/02/05/issledonanie-transportnih-i-peshehodnih-potokov/
4. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Г. И. Клинковштейн, М. Б. Афанасьев. – М. : Транспорт, 2001. – 247 с.
5. Васильєва Г. Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» / Г. Ю. Васильєва. – К., 2007. – 21 с.
6. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
7. *Highway Capacity Manual* // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.
8. *Transport planning and traffic engineering* / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.

REFERENCES

1. Lobanov, E. (1990). *Transport urban planning [Transportnaya planirovka gorodov].* Moscow, Transport. 240 p.
2. Levashev A.(2007). *Designing adjustable intersections.* [*Proektirovanie reguliruemyih peresecheniy*]. Irkutsk, 216 p.
3. Sait blog «Dmitriy Bespalov» [Site of blog «Dmitriy Bespalov»]. *bespalov.me/2012/02/05/issledonanie-transportnih-i-peshehodnih-potokov/.* Retrieved from https://bespalov.me/2012/02/05/issledonanie-transportnih-i-peshehodnih-potokov/ [in Ukrainian].
4. Klinkovshteyn, G. (2001). *Traffic Organization [Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya].* Moscow, Transport. 247 p.
5. Vasileva G. Yu.(2007). Metodi minimizatsiyi zatrimok transportu na magistralniy vulichno-dorozhniy merezhi mist Ukrayin [The methods of minimization of transport delays on highway cities of Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kiev [in Ukrainian].
6. Vrubel', Ju (2003). *Poteri v dorozhnom dvizhenii [Potery v dorozhnom dvyzhenyy].* Minsk: BNTU, 380 p.

7. *Highway Capacity Manual* // TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p.
8. *Transport planning and traffic* engineering / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.

Грицунь О.М., Ройко Ю.Я. **Визначення транспортної затримки перед світлофором на двосмугових вулицях з трамвайним рухом.**

У роботі проведено імітаційне моделювання затримки в русі транспортного потоку у складі якого здійснюють рух трамваї на регульованих перехрестях, ґрунтуючись на результатах натурних досліджень. Визначено зміну показників стану потоку за різних режимів регулювання.

Ключові слова: імітаційне моделювання, транспортний потік, затримка руху, регульоване перехрестя, натурні дослідження, режим регулювання.

Грыцунь О.М., Ройко Ю.Я. Определение транспортной задержки перед светофором на двухполосной улицах с трамвайного подвижного

В работе проведено имитационное моделирование задержки в движении транспортного потока в составе которого осуществляют движение трамваи на регулируемых перекрестках, основываясь на результатах натурных исследований. Определены изменение показателей состояния потока при различных режимов регулирования.

Ключевые слова:: имитационное моделирование, транспортный поток, задержка движения, регулируемый перекресток, натурные исследования, режим регулирования.

АВТОРИ:

ГРИЦУНЬ Олег Михайлович, аспірант, асистент кафедри «Транспортні технології», Національний університету «Львівська політехніка», e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

РОЙКО Юрій Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: jurij.rojko@gmail.com

АВТОРЫ:

ГРИЦУНЬ Олег Михайлович, аспирант, асистент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львивська политэхника», e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

РОЙКО Юрий Ярославович, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львивська политэхника», e-mail: jurij.rojko@gmail.com

AUTHORS:

Oleg HRYTSUN, postgraduate student, assistant Transport technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

Yuriy ROYKO, PhD in Engineering, Assoc. Professor ot Transport technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: jurij.rojko@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018р.

© Royko Yu., Bura R., Maksymiuk S. 2018

УДК 656.11
UDC 656.11

Royko Yu., Bura R., Maksymiuk S.
Lviv Polytechnic National University

DETERMINATION OF DELAYS ON TWO-LANE STREETS WITHIN PUBLIC TRANSPORT STOPS

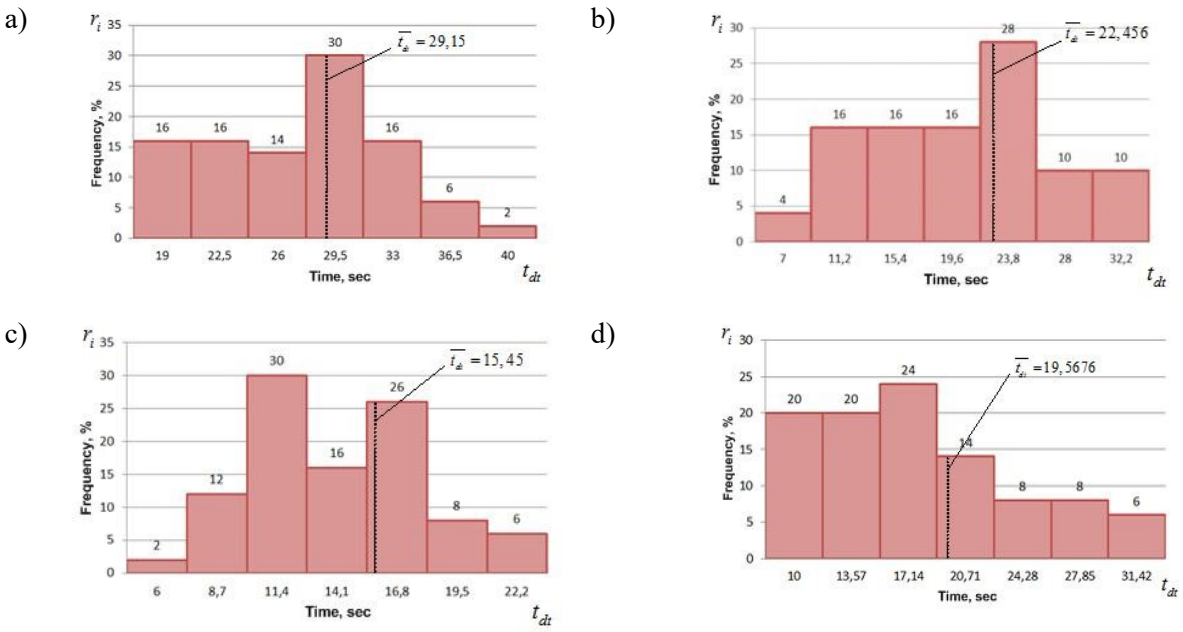
Using traffic simulation method the process of vehicle queue formation within urban public transport stops is researched, based on field research results. Dynamic of change of the main characteristics of traffic flow is determined depending on percentage of urban public transport in it.
Key words: stopping point, urban public transport, traffic flow, field research, traffic simulation, vehicle

Problem statement. Taking into account the growth of motorization level today quite critically appears the problem of development the measures aimed at decrease of traffic jams in cities. One of the ways to solve this problem is to give the priority to urban public transport. In includes allocation of special lanes or directions for movement of public transport, priority during intersection passage, using means of computer-assisted traffic management etc. [4]. However in cities with sustainable dense construction area, where narrow streets with 1x1 lanes are prevailed, implementation of these measures is impossible because there are no reserve streets for public transport transit or so called intercepting parking are absent so as drivers could leave their cars and use urban public transport. As admitted in work [5], during the trams movement on two-lane streets general time of vehicle movement increase on 6%, and average speed of vehicle movement decrease on 2,7%. In addition, one more problem on such streets is public transport stops, as it stops directly on roadway and all private transport must wait during the dwell time of urban public transport. That is why the question arises about down time of vehicles in the queues before urban public transport stops during the dwell time.

Lviv is a city with historically formed center in which almost all streets have 1x1 lanes, what is more all the streets are placed in disorder, there is no opportunity to override the barrier in case of traffic jam formation, because city has free scheme of road network. Urban public transport all the time causes delays in traffic flow movement on the stopping points. That is why examination of these delays and development of measures for their elimination is currently important.

Due to this **work objective** is examination of traffic flow characteristics on two-lane streets within urban public transport stops and determination of delays in private transport movement during the dwell time of urban public transport.

Research results. For the examination of vehicle delays on urban public transport stops field research on four sections of Lviv city road network were carried out, that are urban public transport stops on Rusovyh St. before the intersection with Banderu St. (section 1); on Franka St. before the intersection with Stryiska St. (section 2); on Chuprynky St. before the intersection with Kyivska St. (section 3) and on Chuprynky St. after the intersection with Kyivska St. (section 4). Using the method of field research, [3] data about vehicle intensity on sections, traffic composition, average instantaneous velocities, time of delay and number of vehicles on urban public transport stops was collected. Values of down time on different sections were different: on section 1 (Rusovyh St.) values ranged from 19 to 43 sec., on section 2 (Franka St.) – from 7 to 36 sec., on section 3 (Chuprynky St.) – from 6 to 25 sec. and on section 4 (Chuprynky St.) – from 10 to 35 sec. From the research results calculation of down time of vehicles was conducted for the verification of correspondence to the normal law of distribution upon criterion χ^2 – Pearson [1–2, 6]. Histogram of interval distribution of down time of vehicles on examined sections with indication of mathematical expectation of down time is illustrated on pic. 1.



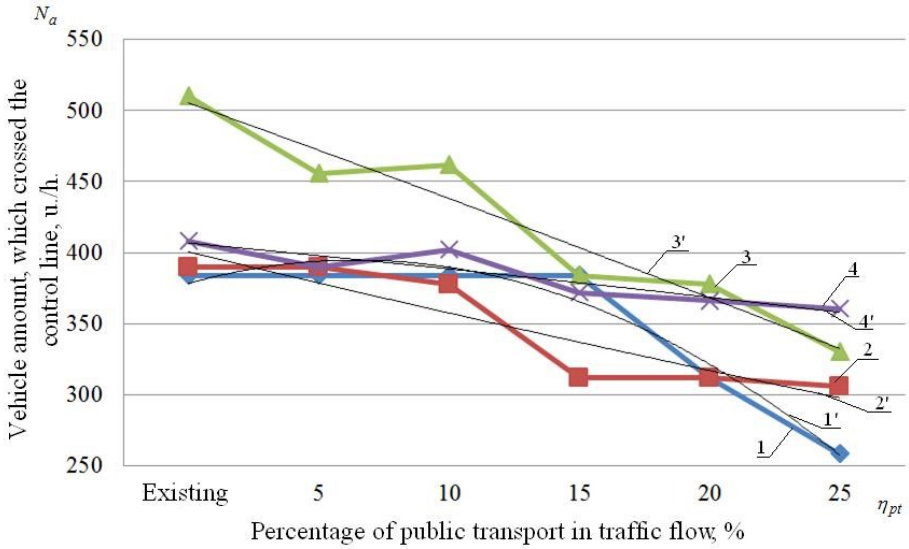
Pic. 1. Histogram of interval distribution of down time of vehicles

a) – section 1 (Rusovyh St.); b) – section 2 (Franka St.); c) – section 3 (Chuprunky St.);
d) – section 4 (Chuprynky St.)

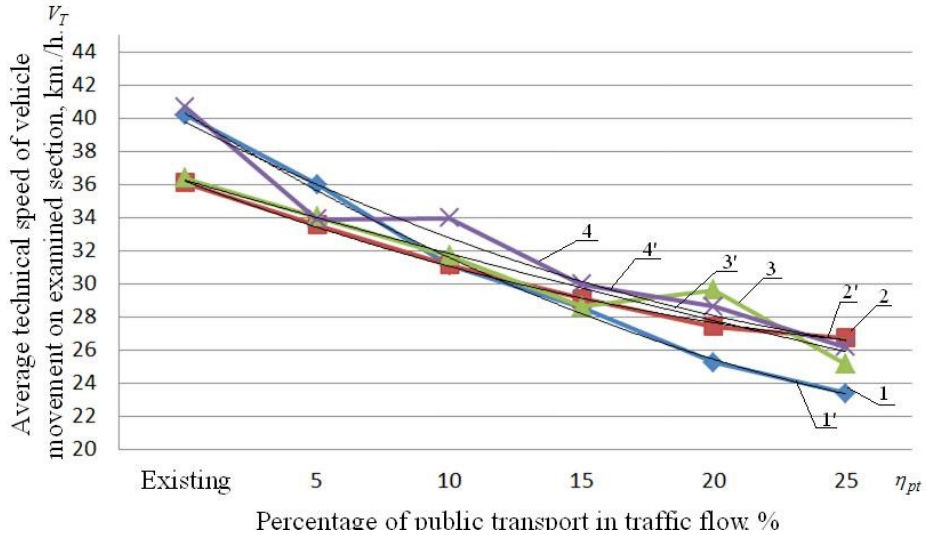
Based on obtained results, traffic simulation in software environment VISSIM was carried out. Fragment of examined sector in software environment is illustrated on pic. 2.

Pic. 2. Fragment of examined section in software environment VISSIM

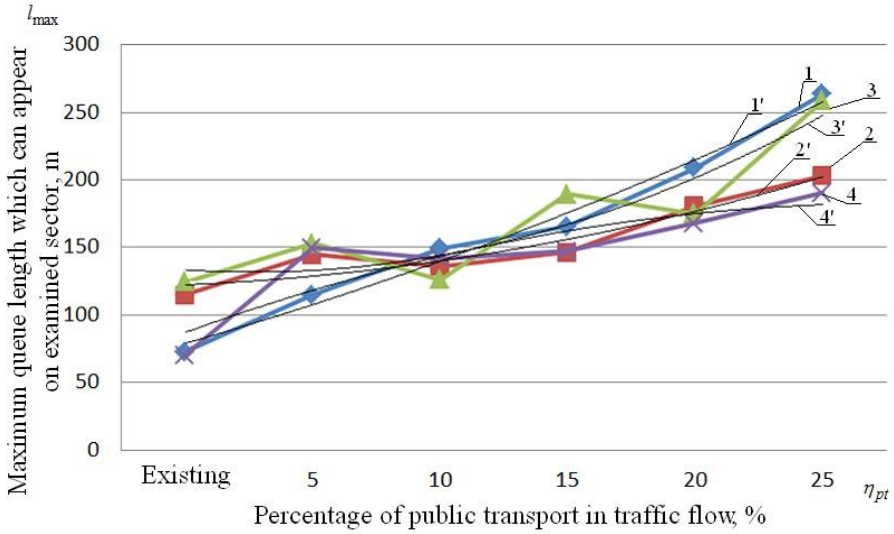
During traffic simulation examination of delays in vehicle movement on 4 sections with different percentage of urban public transport (5, 10, 15, 20 and 25%) was carried out. In result amount of vehicles which crossed the control line, average technical speed of vehicle movement on examined section and maximum queue length, which can appear on examined sector, was determined. Simulation results are given on pic. 3 – 5. On all pointed pictures under numbers 1, 2, 3, 4 simulation results, which were get in software environment VISSIM for examined sections, are marked, and 1', 2', 3', 4' are trend lines of these results change.



Pic. 3. Correspondence of change of vehicle amount, which crossed the control line, from percentage of public transport in the flow



Pic. 4. Correspondence of change of average technical speed of vehicle movement on examined section from percentage of public transport in the flow



Pic. 5. Correspondence of change of maximum queue length which can appear on examined sector from percentage of public transport in the flow

How it is seen from the pictures, first two graphs are inversely proportional, the last is directly proportional. In other words, with the increase of percentage of urban public transport in the flow amount of vehicles, which crossed the control line, decreased. The same situation was seen with average technical speed of vehicle movement. At the same time, with increase of percentage of urban public transport maximum queue length which can appear on examined sector also increased.

Conclusions. In result of conducted research and traffic simulation it is defined that public transport stops on two-lane roads have significant impact on delays of transport movement (values of delays range from 6 to 43 sec.) and with increase of percentage of public transport vehicle queue before urban public transport also increases.

1. Vrubel, Yu. (2003). Poteri v dorozhnom dvizhenii [Traffic losses]. Minsk, BNTU., 380 p. [in Ukrainian].
2. Polishchuk, V., Dziuba, O. (2008). Teoria transportnogo potoku: metody ta modeli organizatsii dorozhniogo rukhu [Traffic flow theory: methods and models of traffic organization]., Kyiv, Znannya Ukrainy Publ., 175 p. [in Ukrainian].
3. Polishchuk, V. et al. (2012). Orhanizatsiia ta rehuliuvannia dorozhnoho rukhu [Traffic organization and regulation]. Kyiv, Znannia Ukrainy, 467 p. [in Ukrainian].
4. Burinskien, M. et al./The 9th Conference Environmental Engineering. Selected Papers, Article number: enviro.2014.112.
5. Currie, G., Duy, Q., Young, W., Modelling the Direct Impact of Tram Operations on Traffic, Proc. of the 23th ITS World Congress, Melbourne, Australia, 10-14 October 2016, pp. 1-12, 2016.
6. Immers, L.H., Logghe S.: Traffic Flow Theory. Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Section Traffic and Infrastructure, Kasteelpark Arenberg, vol. 40, 2002.

ЛІТЕРАТУРА

1. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск: БНТУ, 2003. – 380 с.5.
2. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
3. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / За заг. ред. В. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. – К.: Знання України, 2012. – 467 с.
4. Burinskien, M. et al./The 9th Conference Environmental Engineering. Selected Papers, Article number: enviro.2014.112.
5. Currie, G., Duy, Q., Young, W., Modelling the Direct Impact of Tram Operations on Traffic, Proc. of the 23th ITS World Congress, Melbourne, Australia, 10-14 October 2016, pp. 1-12, 2016.
6. Immers, L.H., Logghe S.: Traffic Flow Theory. Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Section Traffic and Infrastructure, Kasteelpark Arenberg, vol. 40, 2002.

Ройко Ю.Я., Бура Р.Р., Максимюк С.А. **Визначення затримок на двосмугових вулицях в межах зупинок громадського транспорту.**

Використовуючи методику імітаційного моделювання досліджено процес утворення черги транспортних засобів в зоні дії зупинних пунктів міського громадського транспорту, ґрунтуючись на результатах натурних досліджень. Визначено динаміку зміни основних показників транспортного потоку залежно від частки у ньому міського громадського транспорту.

Ключові слова: зупинний пункт, міський громадський транспорт, транспортний потік, натурні дослідження, імітаційне моделювання, транспортний засіб.

Ройко Ю.Я., Бура Р.Р., Максимюк С.А. **Определение задержек на двухполосных улицах в пределах остановочного пункта.**

Используя методику имитационного моделирования исследовано процесс образования очереди транспортных средств в зоне действия остановочных пунктов городского общественного транспорта, основываясь на результатах натурных исследований. Определена динамика изменения основных показателей транспортного потока в зависимости от доли городского общественного транспорта в нем.

Ключевые слова: остановочный пункт, городской общественный транспорт, транспортный поток, натурные исследования, имитационное моделирование, транспортное средство.

AUTHORS:

Yuriy ROYKO, PhD in Engineering, Assoc. Professor of Transport Technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: jurij.rojko@gmail.com

Romana BURA, Postgraduate Student of Transport Technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: romana_bura@ukr.net

Sergiy MAKSYMIUK, student of Transport Technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: sergiy1999.volodymyr@gmail.com

АВТОРИ:

РОЙКО Юрій Ярославович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: jurij.rojko@gmail.com

БУРА Романа Романівна, аспірант кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: romana_bura@ukr.net

МАКСИМЮК Сергій Андрійович, студент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: sergiy1999.volodymyr@gmail.com

АВТОРЫ:

РОЙКО Юрий Ярославович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные технологии», Национальний университет «Львовская политехника», e-mail: jurij.rojko@gmail.com

БУРА Романа Романовна, аспирант кафедры «Транспортные технологии», Национальний университет «Львовская политехника», e-mail: romana_bura@ukr.net

МАКСИМЮК Сергей Андреевич, студент кафедры «Транспортные технологии», Национальний университет «Львовская политехника», e-mail: sergiy1999.volodymyr@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018р.

© Біліченко В.В., Романюк С.О., Олійник В.В. 2018

УДК 656.138:656.071
UDC 656.138:656.071

Біліченко В.В., Романюк С.О., Олійник В.В.
Вінницький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ СТРАТЕГІЙ ТА ІНСТРУМЕНТІВ МАРКЕТИНГУ ЩОДО ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ПОСЛУГ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Обгрунтовано необхідність застосування маркетингових стратегій на ринку автосервісних послуг. Наведений перелік стратегій та інструментів маркетингу, які використовуються для збільшення і утримання клієнтів станцій технічного обслуговування.

Ключові слова: станція технічного обслуговування, інструменти маркетингу, стратегія, послуги, автомобіль.

Постановка проблеми. Ефективне використання, безпека руху, надійність та життєвий цикл автомобільного транспорту загального чи індивідуального використання багато в чому залежить від вчасного та якісного сервісу. Як свідчать статистичні дані, за останні роки кількість автомобілів на 1000 осіб збільшилась до 202 одиниць [1], але, згідно з дослідженнями аналітиків, за підсумками продажів 2017 року на 1000 осіб в Україні припадає 2 нових автомобіля [2]. Такі тенденції відкривають нові перспективи та можливості для автосервісних підприємств, оскільки кількість їх потенційних клієнтів із збільшенням загальної кількості автомобілів у населення може зрости. Зміни обсягу ринку легкових автомобілів прямо впливають на зміни обсягів ринку автосервісних послуг [3]. Водночас, оператори ринку перевезень, для яких були підвищенні вимоги щодо безпеки, надійності та комфортності пасажирських перевезень, не хочуть не раціонально витрачати час та кошти для проведення технічного обслуговування та поточного ремонту (ТО та ПР) та створювати власні ремонтні бази, а швидко і за мінімальний час простою автотранспортного засобу (АТЗ) провести необхідні роботи по ТО та ПР, і продовжувати займатися основним видом діяльності – перевезеннями. Значна частина автотранспортних підприємств, які мали власні виробничо-технічні бази, прагнучи зменшити собівартість послуг з перевезень, позбавляються від ремонтних цехів, не оновлюють обладнання та не вкладають в цей напрямок діяльності достатніх коштів, вважаючи за краще обслуговувати власні АТЗ на автосервісних підприємствах на умовах корпоративних клієнтів або на засадах аутсорсингу [4]. Такі підприємства можуть стати надійними партнерами та постійними клієнтами автосервісних підприємств.

Не зважаючи на вище перераховані позитивні тенденції для стабільного розвитку ринку автосервісних послуг в Україні, дуже багато станцій технічного обслуговування автомобілів (СТОА) після відкриття місяцями не отримують прибутків, працюючи в «мінус» і, на жаль, доволі значний їх відсоток закривається або перепродається, так і не принісши бажаного результату. Як правило, звичайному автосервісу потрібно мінімум 6-9 місяців, щоб міцно встати на ноги [5].

Враховуючи вище перераховані факти, а також те, що ринок автосервісних послуг в Україні тільки встановлюється, то кожній СТОА для популяризації своїх послуг доцільно проводити моніторинг та аналіз автосервісного ринку, виявляти тенденції та зміни потреб споживачів автосервісних послуг, враховувати парк АТЗ та напрямки його зміни, постійно проводити оцінку рівня конкурентоспроможності СТОА та якості автосервісної послуги, визначати шляхи диверсифікації діяльності СТОА, розробляти перспективні стратегічні альтернативні напрямків, розглядати виробничі, фінансові, кадрові можливості для подальшого ефективного стратегічного розвитку.

Розпочати дану роботу необхідно із визначення та впровадження маркетингових стратегій, проектів та програм. Саме маркетингові дослідження мають стати відправною точкою по зміні поведінки автосервісного підприємства відносно клієнтів – наявних та нових, ринку автосервісної послуги, конкурентів, партнерів СТОА, впровадження нових послуг, методів організації виробничого процесу та програм підготовки кадрів.

У зв’язку з цим **метою роботи** є надання універсальних рекомендацій по збільшенню клієнтської бази та кількості обслуговувань на СТО шляхом використання стратегій та інструментів маркетингу.

Результати досліджень. Проаналізувавши роботу СТОА, слід відмітити наявність певних недоліків, які зменшують прибутковість та ефективність роботи підприємства, а саме нераціональне

використання потужностей автосервісного підприємства. Конкуренція між СТОА з кожним роком зростає і для стабільного розвитку на ринку автосервісних послуг підприємства мають постійно заявляти про себе і підтримувати інтерес до своїх послуг. Це можна зробити виокремивши для себе прийнятні інструменти маркетингу, які будуть забезпечувати стабільну і зростаючу клієнтську базу, за їх допомогою проводити постійний моніторинг потреб наявних і майбутніх клієнтів СТОА.

В класиці маркетингу використовують інструменти, які можна розділити згідно так званої концепції «4Р»: продукт (product), ціна (price), місце (place), просування (promotion), яка систематизує і описує всі інструменти маркетингу, що необхідні для розробки маркетингової стратегії підприємства [6]. Відносно кожної складової розробляється відповідна стратегія по популяризації послуг СТОА, наприклад продукт (послуга) – продуктова стратегія, ціна – цінова стратегія і т.п. Проте для підприємств, які надають послуги, є більш доречним використання концепції «7Р», при цьому до традиційних складових «4Р» додаються: люди (персонал і клієнти) (people), процес (process) і фізична оточення (physical evidence). Це пов'язано з особливістю послуги у порівнянні з товаром, особливостями її створення, надання, вимірювання та оцінки, неможливістю виправити чи відкликати після моменту її надання. Трансформована концепція маркетингу «7Р» для автосервісних підприємств буде мати наступний вигляд, рис.1.

Рис. 1. Концепція маркетингу «7Р» для СТОА

Сегмент №1 – послуга – є основним результатом діяльності автосервісного підприємства, тим, що підприємство пропонує ринку та клієнтам. Надання послуг з автосервісу – це основний вид діяльності СТОА, проте широка торгівля комплектуючими, запасними частинами, паливно-мастильними матеріалами та аксесуарами для АТЗ теж є складовими успішної роботи в цілому. Основними інструментами даного сегменту є: просування власного бренду, розробка логотипа підприємства, символіки, фірмового одягу, аксесуарів; надання якісної, унікальної послуги, розробка гарантійних зобов'язань перед клієнтами; створення надійної репутації серед клієнтів та партнерів СТОА.

Сегмент №2 – ціна – самий гнучкий елемент. Ціноутворення визначає прибутковість підприємства, поширення окремих груп послуг та товарів серед споживачів. До інструментів відносяться: методи розрахунку ціни (як отримати прибуток і зробити послугу доступною для споживача); розподіл покупців на групи, питання по розрахунку цінових пільг – знижок для клієнтів; торгові кредити, строки виплат; умови продажу товарів; акції, дисконтні картки та картки постійний клієнтів.

Сегмент №3 – просування (реклама) – тут будемо розуміти всі засоби, які допомагають привернути увагу до підприємства і його послуги, стимулюють збут, допомагають клієнту більше дізнатися про послуги і їх асортимент, визначитися з вигодами та пропозиціями. Цей сегмент має

найбільший спектр інструментів: медіа-стратегія бренда; участь у виставках, конференціях; спонсорування заходів різного року; створення наочної реклами на рекламних щитах, в засобах масової інформації, телебачення, радіо; використання репутації відомих особистостей; проведення промо-заходів, створення сайту підприємства, сторінок в соціальних мережах, груп в соціальних мережах клієнтів з позитивними відзивами та рекомендаціями щодо подальшої роботи підприємства; розміщення інформації про автосервіс на спеціальних сайтах, наприклад – всі СТО України і т.п.

Сегмент №4 – місце отримання послуги – це саме автосервісне підприємство, його розміщення, зручність під'їзду, наявність стоянки, оснащеність робочих місць, постів, цехів. До важливих інструментів цього сегменту можна віднести: оформлення фасаду СТО, залу для клієнтів, зони відпочинку для клієнта, оформлення столу замовлень, вказівники та необхідні розпізнавальні знаки на території СТОА, брендування приміщень, наявність постерів, проспектів, стендів з продукцією.

Сегмент №5 – люди – це персонал та клієнти СТОА. Вони здатні вплинути на сприйняття послуги (товару) в очах цільового ринку. Це майстри, слюсарі, що виконують послуги ТО та ПР; майстер-приймальник, який контактує з клієнтами; оператор, який контактує з цільовим споживачем; споживачі, що виступають «лідерами думок» в категорії; постачальники, які можуть вплинути на вартість і якість товару (запасні частини, паливо-мастильні матеріали і т.п.); нові, постійні і VIP-клієнтів, що генерують для компанії важливий обсяг продаж.

Важливими інструментами для даного сегменту є: програми, спрямовані на формування мотивації, розвиток необхідних навичок і компетенцій, навчання, тренінги персоналу підприємства; організація контактів з клієнтами; методи роботи з «лідерами думок» і іншими особами, здатними вплинути на думку споживачів; програми для лояльних покупців і VIP-клієнтів; методи збору зворотного зв'язку.

Сегмент №6 – виробничий процес – один з основних напрямків, що забезпечують успішність підприємства. Крім кваліфікованого і професійного персоналу, виробничий процес ТО та ПР не можливо здійснити без сучасного обладнання та необхідні комплектуючих. Інструментами в цьому сегменті є складання технологічних та маршрутних карт, оптимізація та автоматизація виробничих процесів, інформаційне забезпечення виробничого процесу, складання та прогнозування попиту на послугу в залежності від сезону, прогнозування та забезпечення запасними частинами.

Сегмент №7 – фізичне оточення – до цього сегменту відноситься, все, що оточує клієнта в момент отримання послуги. Фізичне оточення дозволяє сформувати правильний імідж компанії, виділити відмінні характеристики продукту. Сюди можна віднести чітку, скоординовану роботу всього підприємства в цілому і окремих його підрозділів, працівників; зовнішній вигляд залу для клієнтів, виробничих цехів, персоналу; атмосферу; вміння професійно спілкуватися з клієнтом, відповідати на зауваження та питання. Це все в сукупності складає загальне враження від отриманого сервісу, формує у клієнта бажання або небажання повернутися знову.

Потужними інструментами цього сегменту є: організація контакту з клієнтом, організація продаж послуг і товарів автосервісу, створення комфортного клімату в колективі СТОА, використання кольорів, форм, розмірів, матеріалів для створення атмосфери, мотиваційні та навчальні програми персоналу по збільшенню продаж та вмінню спілкування з клієнтами.

Підприємство може обирати, комбінувати різні інструменти маркетингу у відповідності з всіма сегментами. Головне притримуватися універсальної маркетингової стратегії, яка складається з трьох блоків (рис. 2).

Рис. 2. Універсальна стратегія маркетингу

Якщо говорити про інструменти маркетингу, які використовуються для кожного блоку і витрати, то Блок 1 вимагає найбільший зусиль і витрат від підприємця, але по важливості Блок 3 є лідером. Оскільки, щоб привернути увагу клієнта потрібно витратити і зробити на порядок більше, ніж щоб його повернути. Для Блоку 1 на сьогоднішній день використовується приблизно 500 інструментів маркетингу, для Блоку 2 – приблизно 30 і для Блоку 3 – приблизно 6 інструментів. Багато керівників і власників бізнесу вважать помилково Блок 2 як заключний етап у відносинах «продавець-покупець», але саме виконання Блоку 3 і використання необхідних інструментів маркетингу для цього, дасть поштовх до стабільного і тривалого розвитку підприємства, за рахунок створення постійної бази клієнтів і ділової репутації підприємства.

Висновки. Встановлено, що підвищити попит клієнтів до конкретної СТОА, а також підвищити ефективність роботи та продуктивність використання виробничих потужностей, працівників, можна використавши як основу інструменти та стратегії маркетингу, які допоможуть не тільки виявити нових клієнтів і реалізувати в повній мірі автосервісні послуги, а й будуть слугувати потужним механізмом по вдосконаленню роботи всіх складових підприємства.

1. В Україні зросла кількість автомобілів на тисячу осіб. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://gazeta.ua/articles/avto/_v-ukrayini-zrosla-kilkist-avtomobiliv-na-tisyachu-osib/680260.
2. Скільки нових авто в Україні припадає на 1000 жителів (Інфографіка).- [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://mmr.net.ua/autoworld/news/62615.
3. Рибалко Н.В. Маркетинговий аналіз ринку автосервісних послуг / Н. В. Рибалко // Вісник Донецького університету економіки та права. – 2013. – №2. – С. 180-183.
4. Біліченко В. В. Формування бачення продукту і результату проекту регіонального партнерства підприємств автомобільного транспорту у розвитку системи забезпечення працездатності пасажирських транспортних засобів / В. В. Біліченко, С. О. Романюк, Б. О. Петрук, Д. Г. Яновий // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – №2.– С. 8-14.
5. Реклама автосервісу – як збільшити доходи? - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://leosvit.com/blg/reklama-avtoservisu-yak-zbilshyty-dohody
6. Концепция маркетинг — микс (4P, 5P, 7P). - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://powerbranding.ru/osnovy-marketinga/4p-5p-7p-model/

REFERENCES

1. V Ukraini zrosla kilkist avtomobiliv na 1000 zuteliv [The number of cars per thousand people has increased In Ukraine]. (n.d.). *gazeta.ua*. Retrieved from https://gazeta.ua/articles/avto/_v-ukrayini-zrosla-kilkist-avtomobiliv-na-tisyachu-osib/680260.
2. Skilky novyh avto v Ukraini prypadae na 1000 zyteliv (Infografika) [How many new cars in Ukraine are per 1000 inhabitants (Infographics)]. (n.d.). *mmr.net.ua*. Retrieved from http://mmr.net.ua/autoworld/news/62615.
3. Rybalko N.V. (2013). Marketingoviy analiz rynku avtoservisnyh poslug [Marketing analysis of the market of autoservice services]. *Visnyk Donetskogo universytetu ekonomiky ta prava – Journal of the Donetsk University of Economics and Law*, *2,* 180-183 [in Ukrainian].
4. Bilichenko V.V. & Romanyuk S.O. & Petruk B.O. & Yanoviy D.G. (2015). Formuvanya bachenya produktu I rezultatu proektu regionalnogo partnerstva pidpriyemstv avtomobilnogo transport u rozvytku system zabezpechenya pasazyrskyh transportnyh zasobiv / [Formation of the vision of the product and the result of the project of regional partnership of enterprises of motor transport in the development of the system for ensuring the efficiency of passenger vehicles] – *Visnyk mashynobuduvanya ta transport – Journal of Mechanical Engineering and Transport, 2*, 8-14.
5. Reklama avtoservisu – yak zbilshutu dohodu? [Car service advertising - how to increase revenues]. (n.d.). *leosvit.com*. Retrieved from https://leosvit.com/blg/reklama-avtoservisu-yak-zbilshyty-dohody
6. Konchepchiya marketing-miks (4P, 5P, 7P)[The concept of marketing-mix]. (n.d.). *powerbranding.ru*. Retrieved from http://powerbranding.ru/osnovy-marketinga/4p-5p-7p-model/ [in Russian].

Биличенко В.В., Романюк С.О., Олийнык В.В. **Использование стратегий и инструментов маркетинга по популяризации услуг станции технического обслуживания**

Обоснована необходимость применения маркетинговых стратегий на рынке автосервисных услуг. Приведенный перечень стратегий и инструментов маркетинга, которые используются для увеличения и удержания клиентов станций технического обслуживания.

Ключевые слова: станция технического обслуживания, инструменты маркетинга, стратегия, услуги, автомобиль.

***V. Bilichenko, S. Romanyuk., V. Oliynik*.** **Use of marketing strategies and tools for popularizing the services of the station of maintenance.**

The necessity of application of marketing strategies in the market of autoservice services is substantiated. Here is a list of marketing strategies and tools that are used to increase and maintain customer service stations.

Keywords: service station, marketing tools, strategy, services, car.

© Біліченко В.В., Романюк С.О., Олійник В.В. 2018

АВТОРИ:

БІЛІЧЕНКО Віктор Вікторович, д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

РОМАНЮК Світлана Олександрівна, к.т.н., старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: romchuk.s85@gmail.com

Олійник Владислав Віталійович, студент, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kollegaqwer2013@gmail.com

AUTHORS:

Victor BILICHENKO, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Department of Automobiles and transportation management, Vinnytsya National Technical University, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Svitlana ROMANYUK, Candidate of Science (Engineering), the Senior Lecturer of Department of Automobiles and transportation management, Vinnytsya National Technical University, e-mail: romchuk.s85@gmail.com

Vladislav Oliynyk, Student, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, kollegaqwer2013@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 12.05.2018р.

© Бондаренко А.Є., Вербицький В.Г., Міський Є.М., Хребет В.Г., 2018

УДК 629.113
UDC 629.113

Бондаренко[1] А.Є., Вербицький[2] В.Г., Міський[1] Є.М., Хребет[3] В.Г.
[1] *Одеська державна академія будівництва та архітектури*
[2] *Запоріжська державна інженерна академія*
[3] Національний авіаційний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ СИЛ ВІДВЕДЕННЯ ДВОЛАНКОВОГО АВТОПОЇЗДА

В роботі запропоновано спосіб отримання нелінійних залежностей сил бічного відведення для кожної окремої осі дволанкового автопоїзду, з урахуванням кількості та типу використаних коліс. Графічний підхід передбачає наявність експериментально отриманих кривих кута ковзання центру мас тягача та кривих «поворотності» та «складання» автопоїзду як функцій безрозмірного бокового прискорення центру мас тягача.
Ключові слова: автопоїзд, безрозмірний коефіцієнт бічного відведення, крива поворотності.

Постановка проблеми. Безпечний рух транспортного засобу багато в чому залежить від його динамічних властивостей, та в особливості від стійкості та керованості автомобіля. В цілому задача визначення умов стійкості моделі автопоїзда достатньо добре вивчена[1-6], однак серед великої кількості факторів які впливають на стійкість та керованість, найбільш вагомим є питання визначення нелінійних залежностей сил бічного відведення на осях екіпажа.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення нелінійних залежностей сил відведення та безрозмірних коефіцієнтів бічного відведення на основі експериментально отриманих кривих «поворотності», «складання» та кута ковзання центру мас тягача транспортного засобу.

Розглянемо можливість експериментального визначення залежностей сил відведення в разі руху зчленованого двухзвенного екіпажу по колу фіксованого радіуса (з постійним кутом Аккермана). Приймемо ряд спрощенних припущень, традиційних в задачах аналізу безлічі стаціонарних режимів велосипедної моделі сідельного автопоїзда [5].

Схема зчленованого екіпажу приведена на малюнку 1, тут v - поздовжня складова центру мас тягача; θ - кут повороту керованого модуля; a, b - відстань від центру мас тягача до центрів передньої (керованої) осі і задньої осі тягача; c - відстань від центру мас тягача до точки зчіпки з другою ланкою; d_1 - відстань від центру мас другої ланки до точки зчіпки з тягачем; Y_i – сили відведення на осях, коефіцієнти опору відведенню на осях (k_1; k_2; k_3); m- маса тягача; u - поперечна проекція вектора швидкості центру мас тягача; ω - кутова швидкість тягача, щодо вертикальної осі; m_2 - маса другої ланки; v_1, u_1 - поздовжня і поперечна проекції вектора швидкості центру мас напівпричепа; φ - кут складання (кут між поздовжньою віссю тягача і напівпричепа).

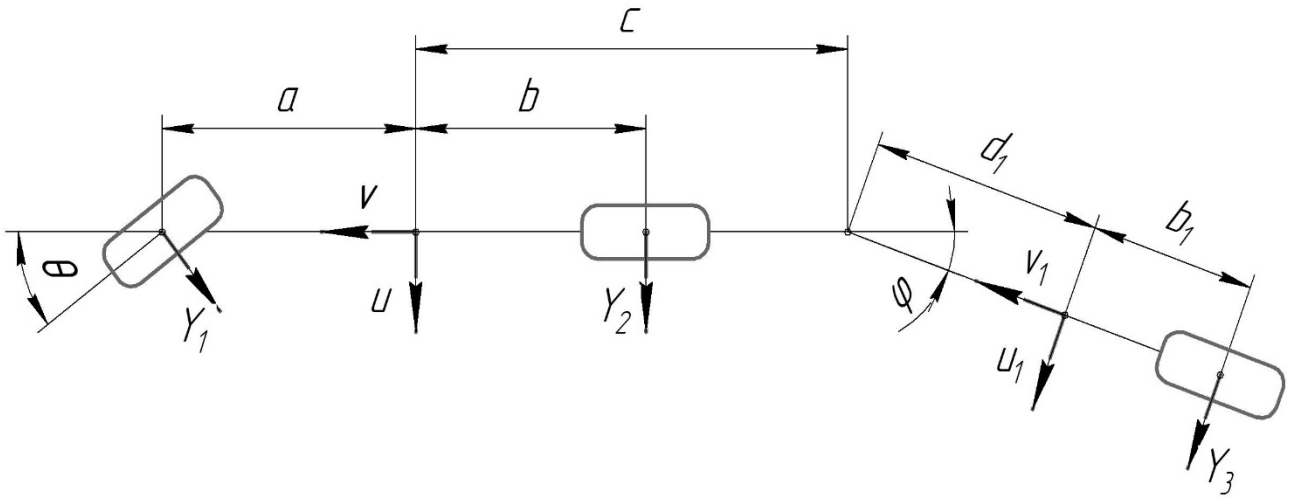


Рис.1. Конструктивна схема моделі дволанкового автопоїзда.

Аналітичне подання кривої поворотності (нелінійний підхід). Вихідна система, яка визначає множину стаціонарних режимів нелінійної моделі дволанкового автопоїзда має вигляд:

$$\begin{cases} -(m+m_2)\omega v + Y_1 + Y_2 + Y_3\cos\varphi + m_2 d_1\omega^2\sin\varphi = 0 \\ cm_2\omega v + aY_1 - bY_2 - cY_3\cos\varphi - cm_2 d_1\omega^2\sin\varphi = 0 \\ L_1 Y_3 - m_2 d_1\omega v\cos\varphi + m_2 d_1\omega u\sin\varphi - cm_2 d_1\omega^2\sin\varphi = 0 \end{cases}; \quad (1)$$

$$\delta_1 = \theta - \frac{u + a\omega}{v}; \quad (2)$$

$$\delta_2 = \frac{-u + b\omega}{v}; \quad (3)$$

$$\delta_3 = \frac{-u_1 + b_1\omega}{v_1}; \quad (4)$$

$$u_1 = (u - c\omega)\cos\varphi + v\sin\varphi - d_1\omega; \quad (5)$$

$$v_1 = v\cos\varphi - (u - c\omega)\sin\varphi. \quad (6)$$

Спрощена (частково лінеаризована) система рівнянь, що визначає стаціонарний режим руху автопоїзда

$$\begin{cases} -(m+m_2)\omega v + Y_1 + Y_2 + Y_3 = 0 \\ cm_2\omega v + aY_1 - bY_2 - cY_3 = 0 \\ -d_1 m_2\omega v + L_1 Y_3 = 0 \end{cases}; \quad (7)$$

може бути розв'язана як лінійна система рівнянь відносно сил відведення, що реалізуються на осях:

$$\overline{Y}_1(\delta_1) = \overline{Y}_2(\delta_2) = \overline{Y}_3(\delta_3) = \frac{v^2}{gR}, \quad (8)$$

де $\overline{Yi} = Yi / Ni$ - безрозмірна сила відведення на і-й осі [5];

лінеаризовані кути відведення

$$\delta_1 = \theta - \frac{u + a\omega}{v}, \quad (9)$$

$$\delta_2 = \frac{-u + b\omega}{v}, \quad (10)$$

$$\delta_3 = -\varphi + \frac{-u + (L_1 + c)\omega}{v}; \quad (11)$$

вертикальні реакції на осях

$$N_1 = \frac{bL_1 m - (c-b)b_1 m_2}{L_1 l}, \quad (12)$$

$$N_2 = \frac{(a+c)b_1 m_2 + aL_1 m}{L_1 l}, \quad (13)$$

$$N_3 = \frac{m_2 d_1}{L_1}. \quad (14)$$

При сталому русі по колу заданого радіуса має місце співвідношення $\omega = \frac{v}{R}$, де v - поздовжня складова швидкості центру мас (Ц.М.) тягача, R – радіус траєкторії точки на поздовжній осі тягача, швидкість якої спрямована уздовж поздовжньої осі тягача.

Враховуючи, що різниця кутів відведення на першій і другій осях тягача $\delta_1 - \delta_2 = \theta - l/R$, на третій і другий осях $\delta_3 - \delta_2 = -\varphi + (L_1 + c - b)/R$, а величини кутів відведення, що відповідають стаціонарним режимам руху δ_i: $\delta_1 = \bar{Y}_1^{-1}(\bar{a}_y)$, $\delta_2 = \bar{Y}_2^{-1}(\bar{a}_y)$, $\delta_3 = \bar{Y}_3^{-1}(\bar{a}_y)$, отримаємо два співвідношення, які визначають криву поворотності і криву складання в разі зчленованого екіпажу

$$\theta = l/R + \bar{Y}_1^{-1}(\bar{a}_y) - \bar{Y}_2^{-1}(\bar{a}_y), \quad (15)$$

$$-\varphi = -(L_1 + c - b)/R + \bar{Y}_3^{-1}(\bar{a}_y) - \bar{Y}_2^{-1}(\bar{a}_y), \quad (16)$$

де $\bar{a}_y = v^2/(R\,g)$ - бічна складова прискорення Ц.М. тягача.

В русі по кривій сталого радіуса кривизни з різними значеннями поздовжньої швидкості центру мас тягача (різними значеннями безрозмірного прискорення Ц.М.) в додачу до рівнянь (15-16) визначимо величину кута ковзання Ц.М. $u/v = b/R - \delta_2$.

Таким чином, наявність трьох експериментально отриманих кривих – кривої поворотності, кривої кута ковзання центру мас тягача і кривої складання дають можливість отримати три невідомі залежності сил відведення на осях трьохосного автопоїзда (шляхом елементарних перетворень відповідних графіків експериментальних кривих), а знання нахилу цих кривих в околиці нульового безрозмірного бічного прискорення дає можливість визначити безрозмірне значення коефіцієнтів відведення на осях.

Якщо припустити, що нам відома нелінійна залежність сил відведення на задній осі тягача, то для визначення невідомої залежності сили відведення на осі напівпричепа необхідна лише експериментально отримана залежність кривої складання. Останній підхід є найбільш простим з точки зору практичної реалізації, причому можливі схеми, в яких на осі напівпричепа встановлено лише одне колесо, пара однакових здвоєних коліс, або «повна» опорна вісь з урахуванням колії екіпажу.

Висновки. Встановлено, що за наявності експериментально отриманих кривих «поворотності», «складання» та «кута ковзання Ц.М.» можливо отримати нелінійні залежності сил відведення на кожній осі дволанкового автопоїзда.

1. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д.А. Антонов. М.: Машиностроение, 1978. - 216с.

2. Антонов Д.А. Расчет устойчивости движения многоосных автомобилей / Д.А.Антонов. - М.: Машиностроение, 1984. - 164 с.

3. Вербицкий В.Г. Автомобили. Устойчивость: Монография / Вербицкий В.Г., Сахно В.П., Кравченко А.П., Костенко А.В., Даниленко А.Э.. – Луганск.: издательство «Ноулидж», 2013. - 57 с.

4. Рокар И. Неустойчивость в механике / И. Рокар. – М.: изд-во иностр. лит., 1959. - 176 с.

5. Пацейка Г. Інтелектуальні автомобілі / Пацейка Г., Паульсон Д.. - Ліссе, Нідерланди.: «Swets & Zeitlinger», 1995. - 484 с.

6. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля: Пер. с англ. /Д.Р.Эллис.– М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.

REFERENCES

1. Antonov, D. (1978). *The theory of motion stability of multiaxial vehicles.* [*Teoriya ustoichivosti dvizheniya mnogoosnykh avtomobilei*]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 216 p.

2. Antonov, D. (1984). *Calculation of motion stability of multiaxial vehicles.* [*Raschet ustoichivosti dvizheniya mnogoosnykh avtomobilei*]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 164 p.

3. Verbitskiy, V. (2013). Cars. Stability: Monograph [Avtomobili. Ustoichivost: Monografia]. Lugansk, “Noulij” Publ. 57 p.

4. Pacejka, H. & Pauwelussen J. (1995). Smart vehicles. [Smart vehicles]. Lisse, Netherlands, Swets & Zeitlinger Publ. 484 p.

5. Rokar, I. (1959). *Instability in mechanics.* [*Neustoichivost' v mekhanike*]. Moscow, Foreign Literature Publ. 57 p.

6. Ellis, D. (1975). *Drivability of the vehicle.* [*Upravlyaemost' avtomobilya*]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 216 p.

© Бондаренко А.Є., Вербицький В.Г., Міська Є.М., Хребет В.Г., 2018

Бондаренко А.Е., Вербицкий В.Г., Мисько Е.М., Хребет В.Г. **Экспериментальное определение зависимости сил увода двухзвенный автопоезда.**

В работе предложен способ получения нелинейных зависимостей сил бокового увода для каждой отдельной оси двухзвенного автопоезда, с учетом количества и типа используемых колес. Графический подход предполагает наличие экспериментально полученных кривых угла скольжения центра масс тягача и кривых «поворачиваемости» и «складывания» автопоезда как функции безразмерного бокового ускорения центра масс тягача.

Ключевые слова: автопоезд, безразмерный коэффициент бокового увода, кривая поворачиваемости.

A. Bondarenko, v. Verbitskiy, y. Misko, v. Khrebet. **Experimental determination of the dependence of the forces slip a two-link trains.**

The way of receiving nonlinear dependence of cornering force for every certain exes of two-section motor-vehicle train is proposed in the work, including quantity and type of used wheels. Graphical approach supposes existence of experimentally received yaw angel curves of center of mass traction engine and curves of the “turning” and “folding” of the road-train as a function of dimensionless sideward acceleration of traction engine’s center of mass.

Key words: road-train, nondiensionalized coefficient of lateral skid, curve of “turning”

АВТОРИ:

БОНДАРЕНКО Андрій Єгорович, кандидат технічних наук, завідуючий кафедри *машинобудування, Одеської державної академії будівництва та архітектури*, e-mail: gorlovbond@ya.ru

ВЕРБИЦЬКИЙ Володимир Григорович, доктор фізико-математичних наук, професор, завідуючий кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, Запоріжська державна інженерна академія, e-mail: oxsi@bigmir.net

МІСЬКО Євген Михайлович, асистент кафедри машинобудування, Одеської державної академії будівництва та архітектури, e-mail: dreadfull87@gmail.com

ХРЕБЕТ Валерій Григорович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри базових та спеціальних дисциплін, Національного авіаційного університету, e-mail: adipmi@gmail.com

АВТОРЫ:

БОНДАРЕНКО Андрей Егорович, кандидат технических наук, заведующий кафедры *машиностроения, Одесской госсударственной академии строительства и архитектуры*, e-mail: gorlovbond@ya.ru

ВЕРБИЦКИЙ Владимир Григорьевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедры програмного обеспечения автоматизированных систем, Запорожская госсударственная инженерная академия, e-mail: oxsi@bigmir.net

МИСЬКО Евген Михайлович, асистент кафедры машиностроения, Одесской госсударственной академии строительства и архитектуры, e-mail: dreadfull87@gmail.com

ХРЕБЕТ Валерий Григорьевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры базовых и специальных дисциплин, Национального авиацинного университета, e-mail: adipmi@gmail.com

AUTHORS:

Andrey BONDARENKO, PhD., Head of Department of Mechanical Engineering, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: gorlovbond@ya.ru

Volodymyr VERBITSKIY, PhD. (Mathematics), Professor, Head of Department of Software Automated System, Zaporizhzhya State Engineering Academy, e-mail: oxsi@bigmir.net

Yevgen MISKO, Assistant Professor of Department of Mechanical, Engineering Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: dreadfull87@gmail.com

Valeriy KHREBET , PhD. (Mathematics), Associate Professor of the Department of Fundamental and Special Disciplines of the Institute of Continuing Education of the National Aviation University, e-mail: adipmi@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 6.05.2018 р.

© Волков В.П., Грицук І.В., Матейчик В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В. 2018

УДК 621.43+621.43.016.4+681.518+629.113+656.3.44.083
UDC 621.43+621.43.016.4+681.518+629.113+656.3.44.083

Волков[1] В.П., Грицук[2] І.В., Матейчик[3] В.П., Грицук[4] Ю.В., Волков[1] Ю.В.
[1] Харківський національний автомобільно-дорожній університет
[2] Херсонська державна морська академія
[3] Національний транспортний університет
[4] Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В статті розглянуто особливості визначення швидкості автомобіля в умовах експлуатації з використання засобів ITS. Запропонована методика дозволяє в оперативному режимі на основі інформаційних і апаратно-програмних можливостей дистанційного моніторингу та конкретної системи управління здійснювати визначення швидкості транспортного засобу в умовах експлуатації.
Ключові слова: інформація, моніторинг, транспортний засіб, швидкість, характеристика, методика.

Вступ. На підставі результатів аналізу сучасного стану автомобільного транспорту (АТ) і її підсистеми – технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) виявлено, що основна частина автомобілів в Україні зосереджена в невеликих за розміром і кількістю підприємствах. Так за даними Головної держінспекції на АТ, частка перевізників, що мають в експлуатації тільки один транспортний засіб (ТЗ) становить 61%, до трьох ТЗ – 22,4%, до п'яти ТЗ – 7%, до десяти – 5,4, більше 10 ТЗ – 4,3%. Це призвело до суттєвого погіршення контролю технічного стану ТЗ, збільшення кількості ДТП, викликаних несправністю автомобілів і забруднення навколишнього середовища. Існуюча в ТЕА система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), яка встановлює для автомобілів норми пробігу між сервісним обслуговуванням, контролем технічного стану і його трудомісткістю призводить до підвищення витрат для підтримки працездатності ТЗ [1].

У зв'язку з застосуванням на автомобілях вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних інформаційних технологій з'явилася можливість здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану ТЗ. Це в свою чергу дозволяє перейти до адаптивної системи ТО і Р автомобілів, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і інформаційних програмних комплексів, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від ТЗ, її обробку і вироблення коригувальних впливів.

Використання ТЗ в нестаціонарних умовах експлуатації вимагає постійного контролю фактичного його стану, проведення необхідних технічних дій з обслуговування для забезпечення належного працездатного стану. Подібна інтерпретація умов використання ТЗ можлива лише за рахунок моніторингу технічного стану, які ґрунтуються на обробці апріорної інформації, безперервній діагностиці та прогнозуванні параметрів їх технічного стану. У зв’язку з цим перед науковцями, що займаються питаннями експлуатації ТЗ, стоїть проблема забезпечення повноцінного зв’язку між процесами експлуатації ТЗ і параметрами умов експлуатації, й узагальнення та удосконалення методів прогнозування технічного стану ТЗ [2, 3]. Урахуванню та контролю параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації приділяється багато уваги, тому питання побудови систем моніторингу в різних сферах діяльності ТЗ не втрачають своєї актуальності [4].

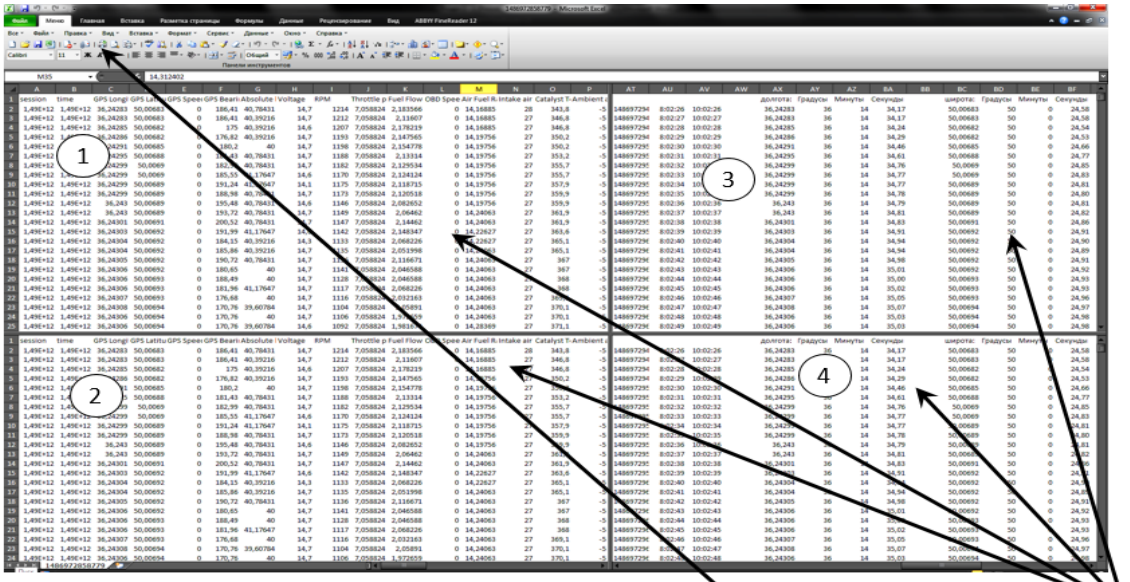
Актуальність досліджень. Ефективність функціонування ТЗ, як складної технічної системи залежить від його параметрів технічного стану [2, 3]. У зв’язку з цим випливає проблема керування технічним станом ТЗ в експлуатації на основі даних, отриманих в процесах моніторингу технічного стану та при прогнозуванні основних параметрів стану.. Розв'язанню цієї проблеми присвячені численні роботи багатьох авторів [2, 3].

Постановка задачі. Задача формування і використання математичних моделей оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля може бути вирішена використанням бортового інформаційного програмно-діагностичного комплексу у поєднанні із засобами інфраструктури автомобільних доріг і автотранспорту. Для визначення швидкості руху ТЗ необхідно використовувати засоби і інформаційні складові системи моніторингу, а також сформований підхід до використання геозон при визначенні положення ТЗ.

Результати досліджень. Для визначення швидкості ТЗ в умовах експлуатації засобами ITS

використовували декілька етапів. Розглянемо результати на прикладі одного маршруту з електронним звітом результатів проведеного дослідження.

На першому етапі процес визначення швидкості ТЗ здійснювався в цілому для всієї дільниці дослідного відрізку шляху (маршруту руху) (за формулою визначення технічної швидкості [1] $\boldsymbol{V_{mex} = S / t_{pyx}}$, де S – подолана автомобілем відстань (пробіг), км; t_{pyx} – час руху автомобіля, включаючи зупинки в очікуванні можливості продовжити рух, год (без урахування часу перебування під навантаженням і розвантаженням)). Для цього скористались результатами – електронним звітом (рис. 1), отриманим за допомогою ІПК «IdenMonDiaOperCon «*HNADU-16*»» [2-4].



Переконвертований за відповідним алгоритмом аналогічний масив даних про результати моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, при використанні програмного модуля Torque, в форматі .xlsx

Друк таблиці «Інформація про результати здійсненні моніторингу параметрів технічного стану ТЗ»

Рис. 1. Переконвертовані дані моніторингу ТЗ в форматі .xlsx

На другому етапі для визначення швидкості руху ТЗ з урахуванням умов експлуатації розбивали дослідну дільницю шляху пропорційно на 10 відрізків. Підхід був наступний. Для подолання відстані у 172,6 км була отримана 9541 фіксація (вимірювання) часу через 1 сек. Тобто в результаті поділу було отримано 9 дільниць по 1000 вимірювань і одна - на 541 вимірювання часу відповідно.

В результаті обробки протоколу дослідження (звіту) було отримана зміна швидкості руху ТЗ в залежності від положення дільниці, відстані шляху і часу руху.

Середня швидкість руху ТЗ на всій відстані дистанції руху склала $V_{сер.mex}$ = 77, 27 км/год, як і на першому етапі досліджень.

Дослідження на другому етапі зовсім не враховувало різницю умов руху на дільницях шляху ТЗ, тобто не враховувалось, що ТЗ за швидкістю рухався не тільки за містом, але й у місті. Тобто умови руху за швидкістю (експлуатаційні умови) враховані не були. Провести дослідження зміни швидкості руху ТЗ в залежності від умов експлуатації на другому етапі – неможливо. Це пов'язано із тим, що визначення кордонів дослідних ділянок проводилось випадковим чином, шляхом простого ділення кількості вимірювань на 10 дільниць.

На основі проведеного дослідження отримали однозначну відповідь у тому, що визначення умов експлуатації за швидкістю ТЗ, за результатами першого і другого етапів досліджень, виконати не можливо. Потрібно на початку визначення і дослідження швидкості руху ТЗ, витрати палива і визначення відносного коефіцієнту зміни швидкісного режиму (ВКЗШР) [5] проводити формування геозон шляху руху ТЗ. При цьому потрібно відокремлювати геозони руху ТЗ у місті і рух ТЗ за містом.

На третьому етапі для визначення швидкості руху ТЗ з урахуванням умов експлуатації розбивали дослідну дільницю шляху в залежності від формування геозон на всій відстані шляху, що досліджувалась. Підхід був наступний. В першу чергу виділяли геозони міст з обмеженням

максимальної швидкості руху за вимогами ПДР 80 км/год і геозони за містом з обмеженням максимальної швидкості руху за вимогами ПДР 130 км/год. Результати формування геозон на третьому етапі дослідження показані на рис. 2.

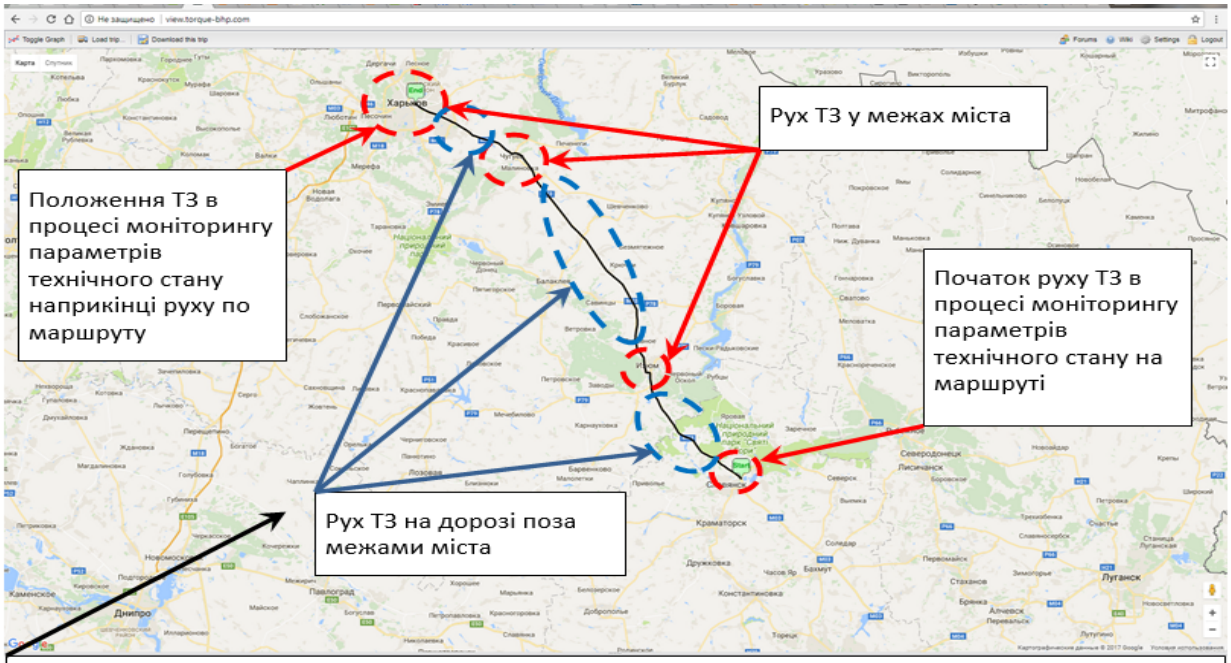


Рис. 2. Формування геозон дослідної дільниці

Таким чином, в результаті аналізу умов використання ТЗ в умовах експлуатації на основі звіту, було сформовано 8 геозон, Швидкість руху ТЗ в геозонах встановлювалась відповідно до положень розділу 4.5.2., а саме в геозонах 1, 3, 5, 7 було встановлено обмеження 130 км/год (для умов руху ТЗ за містом), а в геофонах 2, 4, 6, 8 – 80 км/год (для умов руху ТЗ у місті).

Для формування фінального звіту про рух ТЗ і визначення умов експлуатації ТЗ за швидкістю проводили аналіз і визначення техніко-економічних показників роботи та параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації в результаті моніторингу засобами ITS.

В результаті обробки протоколу дослідження (звіту) було отримано зміну швидкості руху ТЗ в залежності від положення дільниці, відстані шляху і часу руху.

Всі отримані результати зміни параметрів в звіті в частині середніх швидкостей руху ТЗ наведені на рис. 3, 4.

Значення $V_{сер}$ на рис. 3 було отримано за наступними залежностями (в порядку розрахунку за наведеними формулами):

$$V_{сер} = S_{\Sigma i} / t_{\Sigma рух\ i} \quad (1)$$

$$V_{сер} = S_{\Sigma i} / (t_{рух} + t_{ст})_{\Sigma i} \quad (2)$$

$$V_{сер} = \Sigma (S_i / t_{рух\ i})_i / n_i \quad (3)$$

$$V_{сер} = \Sigma (S_i / (t_{рух} + t_{ст})_i)_i / n_i \quad (4)$$

$$V_{сер} = \Sigma V_{GPS\ сер\ i} / n_i \quad (5)$$

$$V_{сер} = \Sigma V_{OBD\ сер\ i} / n_i \quad (6)$$

де $V_{сер}$ – середня швидкість руху ТЗ в межах відстані руху;
$S_{\Sigma i}$ – сума відстаней і - дільниць;
$t_{\Sigma рух\ i}$ - Σ часу руху ТЗ на і - дільницях в межах відстані руху;
$(t_{рух} + t_{ст})_{\Sigma i}$ - – Σ часу руху ТЗ і зупинки, стоянки на і - дільницях в межах відстані руху; n_i – кількість дільниць;
$V_{GPS\ сер\ i}$ – середня GPS швидкість руху ТЗ в межах кожної і - дільниці, що були отримані із звіту;
$V_{OBD\ i}$ - середня OBD швидкість руху ТЗ в межах кожної і - дільниці, що були отримані із звіту.

З отриманого результату видно, що після обробки отриманих параметрів технічного стану у звіті отримуються різні середні швидкості руху ТЗ в умовах експлуатації. В результаті аналізу середніх швидкостей в подальших розрахунках використовуємо швидкість $V_{сер}$ = 62,55 км/год, тому, що саме це значення найбільш коректно враховує обмеження геозон в частині обмежень щодо руху в місті і поза ним та умови експлуатації ТЗ. Отримане значення в подальшому може бути використано для визначення умов експлуатації транспортного засобу інформаційними методами за методикою [5]

На рис. 4 наведено відносне відхилення отриманих швидкісних характеристик від прийнятої швидкості.

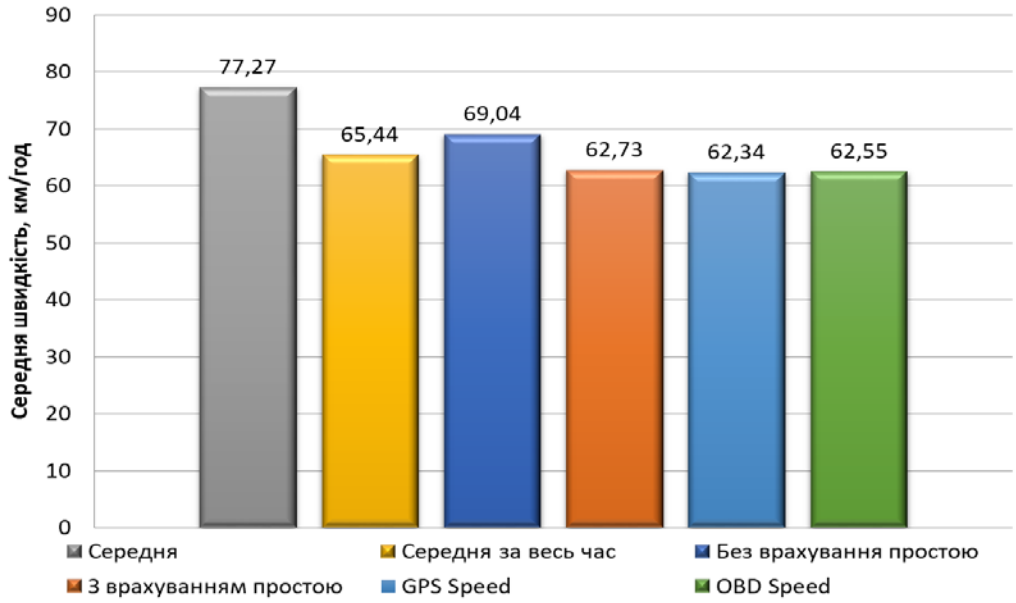


Рис. 3. Результати визначення зміни середньої швидкості руху ТЗ за результатами обробки звіту

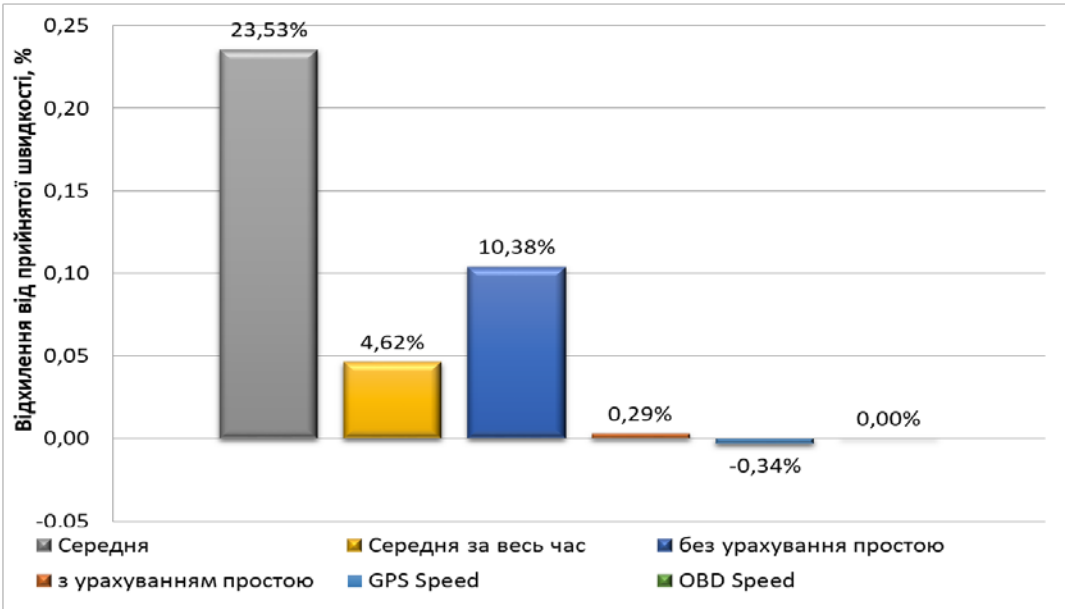


Рис. 4. Відносні відхилення середньої швидкості руху ТЗ за результатами обробки звіту

Висновки. На основі проведеного дослідження отримали метод обробки результатів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації. В результаті його використання є можливість отримати значення середніх швидкостей руху для дільниці з урахуванням геозон, витрати палива і відносного коефіцієнту зміни швидкості руху, який є основним орієнтиром при визначенні умов експлуатації автомобіля.

1. Техническая и эксплуатационная скорость. Пробег [Электронный ресурс] – URL: http://transportda.ru/article28.html (дата звертання: 14.08.2017 р.)

2. Волков В.П. Особливості формування інформаційної системи класифікації умов експлуатації транспортних засобів / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». – Вип. 30. – К.: ДЕТУТ, 2017. – С. 84 – 94.

3. Волков В.П. Обґрунтування і розробка інформаційної математичної моделі оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля в умовах експлуатації / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017.– №2(9)- С.18-29.

4. Твір науково-практичного характеру «Технічний регламент і результати роботи інформаційного програмного комплексу (продукту) «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) при здійсненні ідентифікації, моніторингу параметрів технічного стану, діагностування, ідентифікації умов експлуатації транспортного засобу в умовах інтелектуальних транспортних систем» / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков, З.І. Краснокутська, Т.В. Волкова, О.М. Вольська, Т.В. Покшевницька, А.І. Грицук, М.В. Володарець, В.Ю. Грицук, В.В. Вербовська, А.В. Ченцов // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75506 от 22.12.2017. Заявка від 26.10.2017 №76361.

5. Волков В.П. Особливості формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Г.К. Шурко, Ю.В. Волков // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2017. – № 14 (1236). – С. 10-20.

REFERENCES

1. Tekhnycheskaia y ekspluatatsyonnaya skorost. Probeh [Technical and operational speed. Mileage] (n.d.)transportda.ru Retrieved from http://transportda.ru/article28.html [in Russian]

2. Volkov V.P., Gritsuk, I.V., Grytsuk, Yu.V. & Volkov, Yu.V. (2017) Osoblyvosti formuvannia informatsiinoi systemy klasyfikatsii umov ekspluatatsii transportnykh zasobiv [Features of formation of information system of classification of conditions of operation of vehicles]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho ekonomiko-tekhnolohichnoho universytetu transportu Ministerstva osvity i nauky Ukrainy: Seriia «Transportni systemy i tekhnolohii» – Collection of scientific works of the State Economic-Technological University of Transport of the Ministry of Education and Science of Ukraine: Series "Transport Systems and Technologies".* – Vol.30. – P.84-94. [in Ukrainian]. K.: SETUT.

3. Volkov V.P., Gritsuk, I.V., Grytsuk, Yu.V. & Volkov, Yu.V. (2017) Obgruntuvannia i rozrobka informatsiinoi matematychnoi modeli otsiniuvannia potochnoho i prohnozuvannia parametriv tekhnichnoho stanu avtomobilia v umovakh ekspluatatsii [Substantiation and development of an informative mathematical model for estimating the current and forecasting parameters of the technical condition of the car under exploitation conditions]. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti. Naukovyi zhurnal - Modern technologies in mechanical engineering and transport. Scientific Journal.* Vol. 2(9) P.18-29. [in Ukrainian]. Lutsk: LNTU.

4. Tvir naukovo-praktychnoho kharakteru «Tekhnichnyi rehlament i rezultaty roboty informatsiinoho prohramnoho kompleksu (produktu) «IdenMonDiaOperSon «HNADU-16»» (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) pry zdiisnenni identyfikatsii, monitorynhu parametriv tekhnichnoho stanu, diahnostuvannia, identyfikatsii umov ekspluatatsii transportnoho zasobu v umovakh intelektualnykh transportnykh system» [The product of the scientific and practical nature of the "Technical Regulation and the results of the work of the information program complex (product)" IdenMonDiaOperCon «HNADU-16» (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) during the identification, monitoring of the parameters of the technical condition , diagnostics, identification of conditions of operation of a vehicle in conditions of intelligent transport systems »]. Volkov V.P., Gritsuk, I.V., Grytsuk, Yu.V., Volkov, Yu.V., Krasnokutskaya, Z.I. et al. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 75506 ot 22.12.2017. Zaiavka vid 26.10.2017 №76361. [*Certificate of registration of copyright for work No. 75506 dated 22.12.2017. Application from 26.10.2017 №76361*] [in Ukrainian]

5. Volkov V.P., Gritsuk, I.V., Grytsuk, Yu.V., Shurko H. K. & Volkov, Yu.V. (2017) Osoblyvosti formuvannia metodyky zastosuvannia klasyfikatsii umov ekspluatatsii transportnykh zasobiv v informatsiinykh umovakh ITS [The formation features of method of usage of classification of operation conditions of the vehicles in informational terms of ITS]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats. Seriia: Transportne mashynobuduvannia. - Bulletin of the National Technical University "KhPI". Collection of scientific works. Series: Transport engineering.* – Vol. 14 (1236). – P.10-20. [in Ukrainian]. Kharkiv: NTU «KhPI».

Волков В.П., Грицук И.В., Матейчик В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В. **Особенности определения скоростных характеристик транспортного средства в условиях эксплуатации**

В статье рассмотрены особенности определения скорости автомобиля в условиях эксплуатации с использованием средств ITS. Предложенная методика позволяет в оперативном режиме на основе информационных и аппаратно-программных возможностей дистанционного мониторинга и конкретной системы управления осуществлять определение скорости транспортного средства в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: информация, мониторинг, транспортное средство, скорость, характеристика, методика.

© Волков В.П., Грицук І.В., Матейчик В.П., Грицук Ю.В., Волков Ю.В. 2018

***V. Volkov, I. Gritsuk, V. Mateichyk, Yu. Gritsuk & Yu. Volkov*. The features of determination of speed vehicle specifications in the operation conditions**

The article represents the features of determining the speed of the vehicle IN the OPERATION CONDITIONS using the ITS. The offered method allows in the operational mode on the basis of information and hardware software capabilities of remote monitoring and a specific control system to determine the speed of the vehicle in the operation conditions.

Keywords: information, monitoring, vehicle, speed, characteristic, methodology.

АВТОРИ:

ВОЛКОВ Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічна експлуатація і сервіс автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: volf-949@ukr.net

ГРИЦУК Ігор Валерійович, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації судових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

МАТЕЙЧИК Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, декан автомобільного факультету, Національний транспортний університет, e-mail: wmate@ukr.net

ГРИЦУК Юрій Валерійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри загальної інженерної підготовки, Донбаська національна академія будівництва і архітектури (м. Краматорськ), e-mail: yuri.gritsuk@gmail.com

ВОЛКОВ Юрій Володимирович, аспірант кафедри технічна експлуатація і сервіс автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

АВТОРЫ:

ВОЛКОВ Владимир Петрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой техническая эксплуатация и сервис автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: volf-949@ukr.net

ГРИЦУК Игорь Валериевич, д.т.н., профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия, г. Херсон, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

МАТЕЙЧИК Василий Петрович, д.т.н., профессор, декан автомобильного факультета, Национальный транспортный университет, e-mail: wmate@ukr.net

ГРИЦУК Юрий Валериевич, к.т.н., доцент кафедры общей инженерной подготовки, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры (г. Краматорск), e-mail: yuri.gritsuk@gmail.com

ВОЛКОВ Юрий Владимирович, аспирант кафедры техническая эксплуатация и сервис автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университе, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

AUTHORS:

Volodymyr VOLKOV, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Department “Technical Exploitation and Service of Cars”, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail:
volf-949@ukr.net

Igor GRITSUK, Doctor of Science in Engineering, Professor at the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, Kherson, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

Vasyl MATEICHYK, Doctor of Science in Engineering, Professor, Dean of Automobile Faculty, National Transport University, e-mail: wmate@ukr.net

Yuriy GRYTSUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Department of General Engineering Training, Donbas National Academy of Civil Engeneering and Architecture (Kramators’k), e-mail: yuri.gritsuk@gmail.com

Yuriy VOLKOV, Postgraduate Student of Department “Technical Exploitation and Service of Cars”, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

Стаття надійшла в редакцію 18.04.2018 р.

© Горбай О.З., Шевців М.Б., Хома В.В. 2018

УДК 629.341
UDC 629.341

Горбай О.З., Шевців М.Б., Хома В.В.
Національний університет «Львівська політехніка»

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО СИДІННЯ СТН-6 КОМПАНІЇ «ВЕЕМ» НА ВІДПОВНІСТЬ ВИМОГАМ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ПРАВИЛ ЄЕКООН R80

В рамках науково-прикладного дослідження міцності пасажирських туристичних нерегульованих сидінь проведено експериментальні випробування моделі СТН-6 компанії «ВЕЕМ» на відповідність європейським правилам R80 ЄЕК ООН. Випробування проводяться з метою оцінки відповідності пасажирського сидіння вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002. Встановлено їх відповідність єдиним технічним приписам щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень.
Ключові слова: автобус, навантаження, міцність пасажирських сидінь, правила R80 ЄЕК ООН.

Постановка проблеми. Євроінтеграційний напрям для автобусобудівної галузі України означає безумовне забезпечення відповідності ряду Правил ЄЕК ООН. До таких слід віднести Правила R107[1], що стосуються забезпечення комфортними умовами перевезення пасажирів, в т.ч. і з обмеженими рухомими можливостями, особливо у міських автобусах. Якщо акцентувати увагу на безпеці пасажирських перевезень, то першочерговими з точки зору обов'язкової сертифікації автобусів є Правила R66 ЄЕК ООН[2], що обумовлюють чіткі вимоги до забезпечення величини запасу простору у салоні для пасажирів відносно міжвіконних стійок під час перекидання автобуса. Також сертифікаційні приписи ЄЕК ООН по безпеці перевезень пасажирів відображені у правилах R14[3], R16[4], R17[5], R25[6], R80[7]. Останні є в певній мірі комплексними і стосуються офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських транспортних засобів стосовно їх міцності та безпеки підчас аварії. Основним методом встановлення відповідності об'єкту досліджень чинним вимогам Правил ЄЕК ООН традиційно рахуються натурні випробування. Це означає, що процес сертифікації транспортних засобів передбачає величезні фінансові витрати, адже зруйнований тестовий екземпляр сидінь чи як складова каркасу кузова автобуса не підлягає подальшій реалізації.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розробка аналітичного методу визначення міцності пасажирських сидінь, який у подальшому міг би бути запропонований для проведення сертифікаційних випробувань пасажирських сидінь у транспортних засобах.

Результати досліджень. Правила №80 ЄЕК ООН застосовуються до сидінь транспортних засобів категорій М2 та М3 (за виключенням транспортних засобів класу І, визначення котрих представлено в Правилах №36 [8] ЄЕК ООН та класу А, визначених Правилами №52 [9]ЄЕК ООН) по відношенню до:

-кожного пасажирського сидіння, призначеного для встановлення за напрямком руху;

-кріплення сидінь, передбачених в транспортному засобі та призначених для встановлення у п.1, або сидіння будь-якого типу, на котрі можуть бути встановлені ці сидіння.

Дослідження оцінки важкості нанесених пасажиру травм виконується на основі наступних параметрів:

- біометричні критерії допустимого травмування задовольняють наступним умовам: критерій допустимого травмування голови (КДТГ) менше 500; критерій допустимого травмування грудної клітини (КДТГК) менше 30g, за виключенням випадків, коли інтервали часу складають менше 3 мс; критерій допустимого травмування бедра (КДТБ) менше 10кН, а для інтервалів часу, що складають в сумі менше 20 мс, ця величина не перевищує 8кН.
- максимальне зміщення центральної точки прикладання кожної з сил, заміряне у горизонтальному напрямі, складає не менше 100 мм для верхнього рівня навантаження та 50 мм – для верхнього рівня (детально визначено у Правилах).

Перевірка сидіння та його кріплення виконується на основі нормативно визначених умов, серед котрих найбільш важливими є: підчас випробувань не відбувається від'єднання жодної з частин сидіння, його кріплень або додаткового обладнання; після випробувань жоден елемент структури сидінь чи додаткового обладнання не має тріщин, відкритих зламів та гострих кутів чи ребер, що здатні завдати тілесні травми.

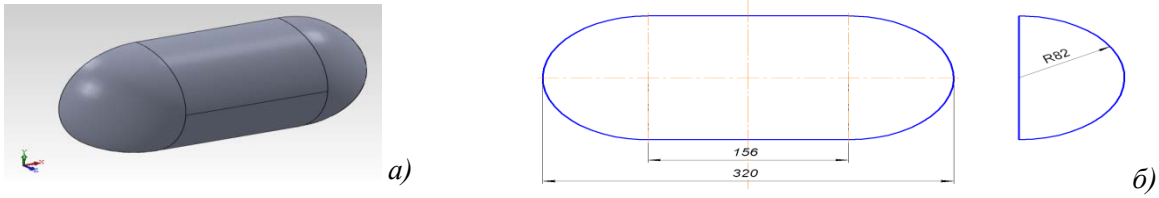
Випробування на відповідність Правилам №80 ЄЕК ООН вважаються виконаними, якщо дотримано наступні умови:

- при переміщенні вперед жодна з частин тіла та голови манекена не перетинає вертикальну поперечну площину, що знаходиться на відстані 1,6 м від точки "R" допоміжного сидіння;
- максимальне переміщення центральної точки прикладання кожної сили згідно умов цих правил, заміряне в горизонтальній площині, що проходить через середню поздовжню площину сидіння у відповідному положенні, не перевищує 400мм.

В рамках даного науково-прикладного дослідження проведено випробування пасажирських сидінь СТН-6 компанії «ВЕЕМ» на відповідність правилам R80 ЄЕК ООН. Опис випробувального обладнання: випробувальне обладнання має циліндричні поверхні радіусом 82±3мм шириною:

-рівній ширині спинки сидіння (для верхнього рівня прикладання навантаження);

- рівною 320±18мм для кожної частини тулуба манекену у відповідності з рис.1 (для нижнього рівня навантаження); кожна циліндрична поверхня повинна бути оснащена мінімум одним давачем для заміру зусилля, що прикладене в горизонтальному напрямку.



а) *б)*

Рис.1. Експериментальна форма для випробувань згідно правил R80 ЄЕК ООН: а) об'ємна модель; б) габаритні розміри форми

Процедура випробувань за статичним методом правил R 80 ЄЕК ООН. Навантаження прикладається на двох рівнях за допомогою обладнання, поданого вище, до задньої частини сидіння. Напрямок прикладання навантаження лежить в середній вертикальній площині; вектор навантаження є горизонтальним, напрямленим від задньої до передньої частини сидіння. Величина навантаження визначається так:

$$\frac{1000}{H_1} \pm 50н \qquad (1)$$

де: H_1 – висота прикладання навантаження, рівна 0,7-0,8 м відносно базової поверхні.

Одночасно за допомогою зазначеного обладнання прикладається навантаження, що визначається так:

$$\frac{2000}{H_2} \pm 100н \qquad (2)$$

де: H_2 – висота прикладання навантаження, рівна 0,45-0,55 м відносно базової поверхні.

Експериментальні форми повинні знаходитися у контакті зі спинкою сидіння до прикладання зусиль (1), (2) таким чином, щоб забезпечувалось навантаження не менше 20 Н на спинку сидіння. Зусилля мають прикладатися через якомога короткі інтервали часу та одночасно притримуватися, незалежно від величини деформації сидіння, протягом не менше 0,2 с. Прикладання навантаження до пасажирських сидінь СТН-6 величиною 1300 Н згідно (1), та 4000 Н згідно (2) показано на рис.2. а основні характеристики цих нерегульованих туристичних сидінь приведено у таблиці 1.

Рис.2. Прикладання навантаження згідно (1), (2) до пасажирських сидінь СТН-6 згідно вимог правил R80 ЄЕК ООН

Каркас сидіння автобуса з математичної точки зору є твердим тілом, що під час моделювання описується як сукупність подібних за геометрією елементів, які сукупно формують структуру, максимально адекватну до реального каркасу сидіння. На першому етапі встановлення відповідності розрахункової методики результатам натурних випробувань розглянемо особливості поведінки стрижневої моделі каркасу сидінь разом фермою кріплення до кузова автобуса. Доцільність розрахунку саме стрижневої моделі також підкріплена й тим, що конструктивно каркас сидінь являє собою труби із більш ніж 5-кратним співвідношенням розмірів

довжина/поперечне січення. В таких випадках є оптимальним стрижневе представлення об'єкту досліджень.

Основні дані про об'єкт випробувань Таблиця 1

Тип сидіння	сидіння напівм'яке двомісне, призначене для встановлення на автобусах ; складається з двох м'яких частин моделі СТН-6 та спільної для них основи ППС 4
Габаритні розміри, мм:	
– довжина – ширина – висота	639 874 1072
Технічний опис сидіння	конструктивно сидіння складається з двох м'яких частин сидінь, установлених на спільній основі; основу сидіння складає зварний остов із сталевих труб, до якого приварюються стійка для кріплення сидіння до підлоги та кронштейн для кріплення до боковини
Технічний опис кріплення сидіння:	
– кріплення (до автобуса)	при встановленні на автобусі сидіння з'єднується зі сторони проходу болтовим з'єднанням через настил підлоги з силовим елементом П-подібного профілю, призначеним для кріплення сидіння і привареним безпосередньо до каркасу основи автобуса; зі сторони боковини сидіння своїм кронштейном опирається на приварену до каркасу боковини полосу
Результати випробувань:	
- зміщення від прикладення сили P_1	104 мм
зміщення від прикладення сили P_2	83 мм

Основні характеристики жорсткості стрижневого елементу визначається механічними властивостями матеріалу та геометричними параметрами поперечного січення. Згідно вище поданого стрижневий скінченний елемент (СЕ) рахується «тонким», тобто його поперечне січення по меншій мірі в п'ять разів менше довжини самого елементу. Кінці елемента являють собою вузли, кожний з котрих має 6 ступенів вільності: три кутові та три лінійні. Таким чином, кількість рядків (стовбців) матриці жорсткості окремого стрижневого елементу дорівнює: 2х6, що відповідає розмірності 12х12. Для стрижневих елементів вважаються справедливими дві основні теорії:

- гіпотеза про не надавлювання шарів один на одного, що забезпечує збереження розмірів після деформації ;
- гіпотеза пеських січень [10], що передбачає відсутність зсувів шарів у площинах, які проходять через поздовжню вісь стрижня, в результаті чого січення стрижневого елементу залишається пеським після деформації.

У випадку, коли в результаті навантаження в стрижневому елементі відсутнє кручення (або незначне за модулем), то розрахунок силових факторів (напружень, деформацій, відповідних епюр, тощо) відбувається на базі основних положень теорії опору матеріалів. Коли величина крутного моменту, що виникає у стрижні, є суттєвою, аналітична задача оцінки напружено-деформованого стану довільної області стрижня розв'язується методом скінченних елементів. За таких обставин поперечне січення стрижня розбивається на пласкі кінцеві елементи, що взаємодіють між собою через вузли. Наступним кроком розраховується переміщення у вузлах, що дозволяє визначити напруження й переміщення у решти СЕ моделі.

В основу реалізації розрахунку напружено-деформованого стану конструкції покладено метод переміщень. Таким чином, всередині СЕ переміщення в довільній точці описується набором певних функцій, зазвичай поліномом від координат точки. Підстановка в ці функції координат вузлових точок скінченного елемента дозволяє записати переміщення *u(x)* довільної точки елемента через невідомі переміщення його вузлових точок:

$$\bar{u}(x) = N(x)\bar{U} \text{ або інакше: } \bar{u}(x) = \sum_{i=1}^{n} N_i(x)\bar{u_i} \qquad (3)$$

де: $\overline{u_i}$ - вектор переміщення для *i*-го вузла елемента, $N_i(x)$ - функція форми елемента; $N(x)$ - матриця функцій форми; $\overline{U}$ - вектор вузлових переміщень всього елемента.

Дослідимо напружено-деформований стан для СЕ каркасу сидіння. Зв'язок напружень $\delta(x)$ з деформаціями $\varepsilon(x)$ для лінійної поведінки матеріалу описується рівнянням $\overline{\sigma} = D\overline{\varepsilon}$, де D - матриця пружності.

Загальна деформація може бути описана через вузлові переміщення елементу:

$$\overline{\varepsilon} = \overline{u}B \tag{4}$$

Оскільки імітація правил R80 ЄЕК ООН передбачає поглинання енергії удару від експериментальних форм (рис.1), запишемо вираз для повної потенціальної енергії елементу:

$$Ï^{(å)} = 1/2\int_v \overline{\varepsilon}^T D\overline{\varepsilon}dV - \int_v \overline{u}^T \overline{p}dV - \int_s \overline{u}^T \overline{q}dS, \tag{5}$$

де: $\overline{q}$ та $\overline{p}$ - вектори поверхневих та об'ємних сил, відповідно.

Наступним кроком підставимо вектор деформації в рівняння, виразивши через вузлові переміщення:

$$П^{(e)} = (1/2\overline{U}^T \int_v (BN)^T DBNdV)\overline{U} - (\int_v \overline{p}^T NdV + \int_s \overline{q}^T NdS)\overline{U} \tag{6}$$

Рівняння для потенційної енергії представимо так:

$$П^{(e)} = 1/2\overline{U}^T K\overline{U} - f^T\overline{U}, \tag{7}$$

де: $K^{(e)} = \int_v (BN)^T DBNdV$ - матриця жорсткості елемента; $f^T = \int_v \overline{p}^T NdV + \int_s \overline{q}^T NdS$ – вектор вузлових сил (приведених).

Записати повну потенційну енергію системи (в даному випадку сидіння) можемо у вигляді суми:

$$П = \sum_e П^{(e)} \tag{8}$$

Кількість ступенів вільності конструкції відповідає розмірність системи. Для СЕ в кожному вузлі є 6 ступенів вільності (3 лінійних переміщення і 3 кута повороту). При знаходженні переміщень визначаються решта невідомих параметрів конструкції: зусилля в елементах, деформації, напруження, реакції у в'язях, тощо.

Розрахункова модель для двомісного пасажирського сидіння моделі СТН-6 (рис.3 а, б), створена у відповідності до протоколу випробувань № ПВ №1.03-20308/R80[11]. Дана модель складається з двох м'яких частин на спільній основі ППС 4. Випробовування проводяться з метою оцінювання відповідності пасажирського сидіння вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002, тобто їх відповідності єдиним технічним приписам щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їх кріплень. Отримані напруження від прикладених сил та переміщення зображені на рис.3.

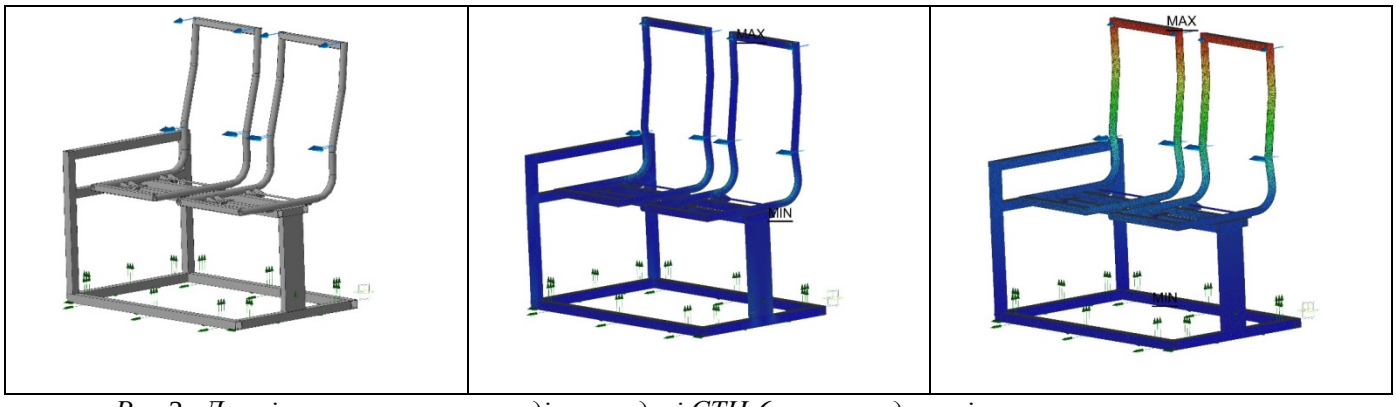


Рис.3. Двомісне пасажирське сидіння моделі СТН-6 з рамою для кріплення
а) об'ємна модель ;б) напруження від прикладених сил; в) переміщення від прикладених сил.

Матеріал виготовлення розрахункової моделі каркасу сидіння – Сталь 20.

Структура результатів нелінійного розрахунку аналогічна статичному розрахунку, однак має ряд особливостей і якщо в результаті виконання встановленої кількості ітерацій задана точність не досягається, то з'явиться повідомлення про характерну помилку. У цьому випадку слід збільшити максимальну кількість ітерацій розрахунку, а при втраті стійкості внаслідок дії на конструкцію занадто великих навантажень збіжність результатів нелінійного розрахунку не забезпечується, і програма видає повідомлення, що нелінійний розрахунок розходиться. Похибки між експериментальними та розрахунковими даними не перевищує 6 %.

Висновки. При випробуваннях натурної моделі нерегульованого туристичного пасажирського автобусного сидіння СТН-6 промодельовано складний процес навантаження, що складався з наступних етапів:

- навантажувальні форми (рис.1) перед початком удару вже знаходяться у контакті зі спинкою сидіння, створюючи нормативно визначене навантаження, рівне 20 Н;
- максимально швидке прикладання навантаження, визначено згідно (1), (2);
- збережено значення зазначеного навантаження протягом не менше 0,2 с;
- проведено миттєве зняття навантаження з моделі.

1. ДСТУ UN/ECE R 107-01:2008. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів категорій М2 та М3 стосовно їхньої загальної конструкції (Правила ЕЭК ООН № 107-01:2004, IDT). – Введ. 2009–01–07. – К. : Держспоживстандарт. – 21 с.

2. ДСТУ UN/ ECE R 66-00:2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів стосовно міцності верхньої частини їхньої конструкції. – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 32 с.

3. ДСТУUN/ECE R14-03-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження ДТЗ стосовно пристроїв для кріплення ременів безпеки. – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 50 с.

4. ДСТУUN/ECE R16-04-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження: I. Ременів безпеки та утримувальних систем для водіїв і пасажирів дорожніх транспортних засобів. II. Дорожніх транспортних за-собів, оснащених ременями безпеки (Правила ЕЭК ООН № 16-04:2000, IDT). – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 151 с.

5. ДСТУ UN/ECE R 17-07:2004. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно сидінь, їхніх кріплень та підголівників (UN/ECE R 17-07:2003, IDT). – Введ. 2006–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 40 с

6.ДСТУ UN/ECE R 25-03–2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження підголівників, умонтованих або невмонтованих у сидіння дорожніх транспортних засобів (Правила ЄЕК ООН № 25-03:1990, ITD). – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 48 с.

7. ДСТУ UN/ECE R 80-00:2002/Зміна № 1:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження сидінь великогабаритних пасажирських дорожніх транспортних засобів і офіційного затвердження цих дорожніх транспортних засобів стосовно міцності сидінь та їхніх кріплень ((UN/ECE R 80-00:1989/ /Corr.1:20007), IDT). – Введ. 2003–01–01. – К. : Держспоживстандарт. – 44 с..

8. ДСТУ UN/ECE R 36-03:2005. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пасажирських колісних транспортних засобів великої місткості стосовно загальної конструкції. – Введ. 2007–01–08. – К. : Держспоживстандарт. – 53 с.

9. ДСТУ UN/ECE R 52-01:2005. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження маломісних колісних транспортних засобів категорій М2 та М3 стосовно їхньої загальної конструкції. – Введ. 2007–01–07. – К. : Держспоживстандарт. – 50 с.

10. Тимошенко С.П., Гере Дж. Механика материалов. Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 552 с.

11. Протокол випробувань № ПВ 1.03-20308/R80. Періодичні контрольні випробування пасажирського сидіння СТН-6 на відповідність вимогам ДСТУ UN/ECE R80-00:2002.

REFERENCES

1. DSTU UN / ECE R 107-01: 2008. Uniform technical prescriptions concerning the approval of vehicles of categories M2 and M3 in relation to their general design (UNECE Regulation No. 107-01: 2004, IDT). - Introduction. 2009-01-07. - K.: Derzhspozhyvstandard. - 21 p.

2. DSTU UN / ECE R 66-00: 2002. The only technical requirements for the approval of large-sized passenger road vehicles with regard to the strength of the upper part of their design. - Introduction. 01/01/2003 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 32 p.

3. DSTU UN / ECE R14-03-2002. The only technical requirements for the official approval of the road tractor with regard to the devices for securing the seat belts. - Introduction. 01/01/2003 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 50 p.

4. DSTU UN / ECE R16-04-2002. Uniform technical prescriptions for approval: I. Safety belts and restraint systems for drivers and passengers of road vehicles. II. Road vehicles equipped with seat belts (UNECE Regulation No. 16-04: 2000, IDT). - Introduction. 01/01/2003 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 151 p.

5. DSTU UN / ECE R 17-07: 2004. Uniform technical prescriptions concerning the approval of wheeled vehicles, in respect of their seats, their anchorages and head restraints (UN / ECE R 17-07: 2003, IDT). - Introduction. 01/01/2006 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 40 p.

6. DSTU UN / ECE R 25-03-2002. Uniform technical prescriptions concerning the approval of head restraints fitted

or not mounted in the seat of motor vehicles (UNECE Regulation No. 25-03: 1990, ITD). - Introduction. 01/01/2003 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 48 p.

7. DSTU UN / ECE R 80-00: 2002 / Change No. 1: 2009. Uniform technical prescriptions concerning the approval of large-sized passenger seat vehicles and the approval of these road vehicles with regard to the strength of seats and their anchorages ((UN / ECE R 80-00: 1989 / / Corr.1:20007), IDT). - Introduction. 01/01/2003 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 44 p.

8. DSTU UN / ECE R 36-03: 2005. Uniform technical prescriptions for the approval of large-capacity passenger-duty vehicles in relation to general design. - Introduction. 2007-01-08 - K.: Derzhspozhyvstandard. - 53 p.

9. DSTU UN / ECE R 52-01: 2005. Uniform technical prescriptions concerning the approval of small vehicles of categories M2 and M3 with regard to their general design. - Introduction. 2007-01-07. - K.: Derzhspozhyvstandard. - 50 p.

10. Tymoshenko SP, Gere J. Materials Mechanics. Per. from english M .: Mir, 1976. 552 p..

11. Test report on the assessment of compliance with the requirements of DSTU UN / ECE R80-00: 2002 passenger CTH-6.

Горбай О.З., Шевців М.Б., Хома В.В. **Экспериментальные исследования пассажирского сидения СТН-6 компании «BEEM» на соответствие требованиям европейских правил ЭЕКООН R80.**

В рамках научно-прикладного исследования прочности пассажирских туристических нерегулируемых сидений проведены экспериментальные испытания модели СТН-6 компании «BEEM» на соответствие европейским правилам R80 ЕЭК ООН. Испытания проводятся с целью оценки соответствия пассажирского сиденья требованиям ДСТУ UN / ECE R80-00: 2002, Установлено их соответствие техническим предписаниям, касающиеся официального утверждения сидений крупногабаритных пассажирских транспортных средств и официального утверждения этих транспортных средств в отношении прочности сидений и их креплений

Ключевые слова: автобус, прочность пасажирских сидений, правила R80 ЕЭК ООН.

O.Gorbay, M. Shewtsiv, V.Khoma. **Experimental studies of the passenger seat of STN-6 of the company "VEEM" for compliance with the requirements to the European regulations UNECE R80**

Experimental test of non-regulated passenger seats, the model STN-6 the company "VEEM" were conducted for compliance with European regulations R80 UNECE. The tests assess the passenger seat compliance with the requirements of DSTU UN / ECE R80-00: 2002, and uniform technical prescriptions for the approval of large passenger seat passenger vehicles and the approval of these road vehicles in relation to the strength of the seats and their anchorages confirmed.

Keywords: bus, the strength of the passenger seats, approval of large passenger seat, UN / ECE R80-00.

АВТОРИ

ГОРБАЙ Орест Зенонович, доктор технічних наук, завідувач кафедри «Автомобілебудування», Національний університет «Львівська політехніка, e-mail: orest_60@yahoo.ca

ШЕВЦІВ Михайло Богданович , студент кафедри «Автомобілебудування» , Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: shevtsivmykhailo@gmail.com

ХОМА Віталій Васильович, студент кафедри «Автомобілебудування» , Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: homa.v@hotmail.com

АВТОРЫ:

ГОРБАЙ Орест Зенонович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Автомобилестроение», Национальный университет «Львовская политехника, e-mail: orest_60@yahoo.ca

ШЕВЦИВ Михаил Богданович, студент кафедры «Автомобилестроение», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: shevtsivmykhailo@gmail.com

ХОМА Виталий Васильевич, студент кафедры «Автомобилестроение», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: homa.v@hotmail.com

AUTHORS:

GORBAY Orest Zenonovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automobile Engineering, Lviv Polytechnic National University, e-mail: orest_60@yahoo.ca

SHEVTSIV Mikhail Bogdanovich, student of the Department of Automobile Engineering, Lviv Polytechnic National University, e-mail: shevtsivmykhailo@gmail.com

KHOMA Vitaliy Vasilievich, student of the Department of Automobile Engineering, Lviv Polytechnic National University, e-mail: homa.v@hotmail.com

Стаття надійшла в редакцію 1.05.2018р.

© Горбачов П.Ф., Макаричев О.В., Кочина А.А. 2018

УДК 656.015
UDC 656.015

Горбачов[1] П.Ф., Макаричев[1] О.В., Кочина[1] А.А.
[1] *Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВІДСТАНЕЙ ВІД ОБЛАСНОГО ЦЕНТРУ ДО ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ НАВКОЛО НЬОГО

Представлені закономірностей у відстані від зупиночного пункту (ЗП), розташованого в міському центрі, до усіх інших ЗП на території навколо обласного центру. Результати теоретичних та експериментальних досліджень довели придатність застосування розподілу Релея для опису відстані між ЗП навколо обласного центру і ЗП, розташованим в центрі великого міста, на основі просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту.

Ключові слова: зупиночний пункт, просторове розташування, громадський транспорт, населений пункт, відстань, ймовірність, розподіл Релея.

Постановка проблеми. Ефективне управління пасажирською системою повинно базуватись на коректному описі потреб населення в транспортних пересуваннях. В свою чергу підходи до моделювання попиту на послуги транспорту загального користування, який є основним постачальником транспортних послуг в регіонах України, залежить від шляхів реалізації попиту, як основної характеристики пересувань [1]. Закономірності та умови формування пересувань, також є результатом реалізації потреб в пересуваннях для забезпечення матеріальними ресурсами, інформацією, здійснення побутових потреб та ін., що виконується в рамках заданої транспортної пропозиції, так званої транспортної доступності [2]. В той же час очевидним є те, що на напрями пересувань населення, тобто вибір пунктів відправлення та призначення, достатньо вагомий вплив справляє транспорт як об’єкт інфраструктури [3]. Враховуючи всі ці умови актуальною є розробка моделей потреб населення у пересуваннях, що враховує існуючи закономірності пересувань пасажирів та адекватно описує їх. Розподіл транспортного попиту на території, що оточує місто, в першу чергу залежить від існуючої інфраструктури громадського транспорту. Однією з основних характеристик громадського транспорту, яка залежить і базується на визначенні місць зародження і закінчення пересування, є просторове розташування зупинок громадського транспорту, яке є основою виникнення закономірностей просторового розподілу переміщень пасажирів на певній території. Цей зв'язок у масштабах міста, добре описаний в роботі [3], та на цій основі розробленій новий метод моделювання потреб населення у пересуваннях, що враховує функцію розселення міста як додаткове обмеження на розподіл кореспонденцій у місті.

Існуючі тенденції різкого зростання інтенсивності міжміського руху транспорту та пасажирів при наближенні до великих міст, створюють основу для припущення, що виявлені у роботі [3] міські закономірності розселення населення також можуть бути розповсюджені й на території, що оточують великі міста. Підтвердження такого припущення створює основу для моделювання потреб населення у приміських пересуваннях на основі фактичних характеристик територіального розташування інфраструктури громадського транспорту

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення потреб міського населення в пересуваннях у роботі [3] ґрунтується на застосуванні функції розселення, загальний вид закономірності якої для громадського транспорту формується на основі розташування зупиночних пунктів (ЗП) на міській території. При цьому процес виникнення нових об’єктів тяжіння в напрямі від центральної частини до околиці міст, визначає закономірності розселення населення по території міста. Існування таких закономірностей підтверджено у роботі [3] для різних категорій міст, на основі відстаней від «центрального» ЗП до усіх інших зупиночних пунктів, що розташовані на території міста. Але автор не ставив перед собою задачі розгляду даних закономірностей на території, що оточує міста, тому вирішення цієї задачі потребує експериментальної перевірки.

Дослідження просторового розподілу переміщень на території, що оточує місто в приміському сполученні, в роботі [4] базується на дослідженні процесів розселення сільського населення відносно обласного чи районного центру. Потенціал транспортних послуг визначається на основі зони обслуговування агрегованого транспортного вузла за рахунок визначення центрів зародження і закінчення пересування. Закономірності розселення та визначення параметрів щільності населення на території

області на основі досліджень базуються на тому, що чисельність населення по населених пунктах на визначеній площі, яка обмежується віддаленістю від обласного центру до 50 км, підлягає опису за показниковим законом розподілу. Але в подальшому здійснюється об'єднання пунктів в залежності від так званої ієрархічності системи, яка визначається середнім максимальним радіусом обслуговування території, що суттєво знижує точність розрахунків. Також розглянуті закономірності розподілу населення на території, основані на характеристиці розміщенні населеного пункту відносного деякого центру тільки за допомогою так званої координати *x*, яка далеко не повністю визначає просторовий розподіл переміщень.

Значний вплив населених пунктів на величину інтенсивності транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування був визначений в роботі [5]. На основі регресійного аналізу були отримані моделі, які відображають тенденцію зростання інтенсивності руху вантажних та пасажирських потоків при наближенні ділянки автомобільної дороги до населених пунктів та дозволяють визначити питомий зміст складу транспортного потоку. Основними параметрами, які впливають на інтенсивність вантажного, легкового та пасажирського транспорту в даній роботі є відстань до населеного пункту та чисельність населення в ньому, але характер цього зв'язку є дуже випадковим та не може бути описаний без ефективного перетворення змінних.

Існування стійких закономірностей просторового розташування ЗП на території міста та його оточення підтверджено в роботі [6]. В ній, на основі теоретичних та експериментальних досліджень, для звичайних умов розташування ЗП та місцевості, встановлено, що розташування ЗП на території області може бути добре описане на основі двомірного вектору координат (*X*;*Y*). В роботі наведено експериментальне підтвердження нормального розподілу кожної з координат окремо, що підтверджує існування закономірностей просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту. В свою чергу існування таких закономірностей може визначати й закономірності у відстанях пересування на певній території. Підтвердження існування таких закономірностей для міської території наведено в роботі [3], при цьому відстань від центру міста за повітряною лінією до усіх інших ЗП в роботі добре описується розподілом Релея. Існування аналогічних закономірностей у відстанях на території, що оточує місто потребує проведення досліджень і експериментальної перевірки.

Постановка завдань. Метою роботи є визначення закономірностей у відстанях між ЗП, які розташовані на території, що оточує місто, на основі просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: теоретично обґрунтувати вид закону розподілу на основі щільності функції розселення мешканців навколо обласного центру, надати методику експериментальних досліджень для визначення закономірностей у відстанях між ЗП навколо обласного центру на основі просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту, представити результати експериментальних досліджень.

Обґрунтування розподілу Релея для опису відстані між центром і ЗП навколо обласного центру. Згідно з результатами досліджень у роботі [6], розташування ЗП навколо обласного центру описується двомірним нормальним розподілом горизонтальних координат ЗП з параметром σ^2 по усім напрямкам. Якщо припустити, що щільність функції розселення мешканців навколо обласного центру має круговий нормальний розподіл з параметром σ^2 з центром в точці 0 з координатами (0;0) рис.1 тоді щільність розподілу ймовірностей розселення мешканців на території області набуває вигляд:

$$f(X, Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma}\cdot e^{-\frac{X^2+Y^2}{2\sigma^2}}, \qquad (1)$$

де *X*, *Y* – координати ЗП на території області; σ – параметр кругового нормального розподілу.

Розглянемо дві точці, які знаходяться на одному радіусі на відстані $0 < R < z$ від центру в точці 0. Тоді ймовірність попадання в кільце, яке створюється цими двома точками і центром 0 дорівнює:

$$P\{R \le a \le z\} = \iint\limits_{R^2 \le X^2+Y^2 \le z^2} \frac{1}{2\pi\cdot\sigma^2}\cdot e^{-\frac{X^2+Y^2}{2\sigma^2}} dXdY, \qquad (2)$$

де A – ЗП на території області з координатами $(X;Y)$, R – мінімальна відстань на території області; z – максимальна відстань на території області; a – відстань від центру до ЗП А.

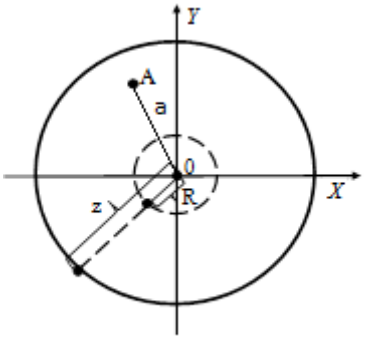


Рис. 1 – Графічне подання події $\{R \le 0\, A \le z\}$.

Якщо перейти в цьому подвійному інтегралі до полярних координат $(r;\varphi)$ за формулами:

$$\begin{cases} X = r \cdot \cos\varphi, r \ge 0 \\ Y = r \cdot \sin\varphi, 0 \le \varphi < 2\pi \end{cases}. \tag{3}$$

Тоді визначник матриці Якобі (4) для залежності (2) дорівнює r та $dXdY$ можливо замінити $rd\varphi dr$:

$$|y| = \det\begin{pmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial x}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial y}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial \varphi} \end{pmatrix} = \det\begin{pmatrix} \cos\varphi - r\sin\varphi \\ \sin\varphi + r\cos\varphi \end{pmatrix} = r. \tag{4}$$

Область інтегрування $D = \{(X,Y): R^2 \le X^2 + Y^2 \le z^2\}$ в новій системі координат задається за допомогою нерівностей $D = \{(r,\varphi): 0 \le \varphi < 2\pi, R \le r \le z\}$ та шукана імовірність зводиться до повторного інтегралу в новій системі координат:

$$\begin{aligned} P\{R \le 0\, A \le z\} &= \int_0^{2\pi} d\varphi \int_R^Z \frac{r \cdot e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}}{2\pi \cdot \sigma^2} dr = \\ &= \left| \begin{array}{l} t = \dfrac{r^2}{2\sigma^2} \\ dt = \dfrac{r}{\sigma^2} dr \\ \dfrac{R^2}{2\sigma^2} \le t \le \dfrac{z^2}{2\sigma^2} \end{array} \right| = \int_{\frac{R^2}{2\sigma^2}}^{\frac{z^2}{2\sigma^2}} e^{-t} dt = -e^{-t} \left| \begin{array}{l} \dfrac{z^2}{2\sigma^2} \\ \dfrac{R^2}{2\sigma^2} \end{array} \right. \\ &= e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}} - e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}} \end{aligned}. \tag{5}$$

Щільність розподілу точки на радіусі OA за умови, що вона знаходиться на відстані більш ніж R від центру, знаходиться шляхом диференціювання по z ймовірності (5):

$$q(z) = C \cdot \frac{d}{dz} P\{R \le 0\, A \le z\} = C \cdot \frac{z}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right), \tag{6}$$

де C – константа, яка визначається з умови нормування $\int_R^{+\infty} q(z)\,dt = 1$, тобто:

$$C = \left(\int_R^{+\infty} \frac{z}{\sigma^2}\exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right)dz\right)^{-1} = \left(\left(-e^{-t}\right)\Big|_{\frac{R^2}{2\sigma^2}}^{+\infty}\right)^{-1} = \left(e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}}\right), \quad (7)$$

$$q(z) = \begin{cases} 0, z < R \\ \dfrac{z}{\sigma^2}\exp\left\{-\dfrac{z^2 - R^2}{2\sigma^2}\right\}, z \geq R \end{cases}. \quad (8)$$

Точка екстремуму, якщо вона є, визначається з умови $q'(z) = 0$:

$$\frac{1}{\sigma^2} - \frac{z}{\sigma^2}\cdot\frac{z}{\sigma^2} = 0. \quad (9)$$

Тобто згідно з (9), $z^2 = \sigma^2$ та $z = \sigma$ при $R > \sigma$, а максимум ймовірності досягається при $z = R$, виходячи з цього можливо зробити висновок, що цей розподіл є нормованим подовженням розподілу Релея.

Таким чином, можливо зробити припущення, що розподіл відстані від центральної точки 0 до ЗП, які розташовані як на території міста так й навколо міста має описуватись розподілом Релея.

Методика проведення експерименту. Згідно з [6], розсіювання горизонтальних координат ЗП, що розташовані на території міста та області, незалежні і підкорюється нормальному закону в кожному з двох взаємно перпендикулярних напрямкам від початку прямокутної системи координат. Як початок прямокутної системи координат, повинна виступати точка на території історичного або адміністративного центру, від якої свого часу розпочалося розширення території обласного центру. Тоді координати ЗП будуть визначати відстань за повітряною лінією між кожною зупинкою ГТ і центром міста:

$$L_j = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (10)$$

де L_j – відстань за повітряною лінією від j-го ЗП до центру міста (початку прямокутної системи координат), км; X, Y – горизонтальні координати j-го ЗП, км.

В випадку, якщо X та Y – незалежні гаусові величини, які мають, як вже згадувалось вище, нормальний розподіл з нульовим очікуванням і однаковими дисперсіями σ^2_L, тоді щільність ймовірностей для L_j:

$$f(L_j, \sigma_L) = \frac{L_j}{\sigma_L^2} e^{-\frac{L_j^2}{2\sigma_L^2}} \quad (L_j > 0, \sigma_L > 0), \quad (11)$$

де σ_L – параметр розподілу Релея стосовно відстаней L_j [7].

Це відповідає щільності розподілу ймовірності Релея, максимум цієї функції відповідає стандартному відхиленню і вона несиметрична відносно цього значення. Несиметричність цієї функції дає можливість врахувати саме ЗП на території області, які розташовані на значно більшій території, ніж територія міста, та їх відхилення від центру тяжіння буде значно більшим.

Функція розподілу відстаней за повітряною лінією між кожною зупинкою ГТ і центром міста, яка відповідає розподілу Релея, визначається:

$$F(L_j) = 1 - e^{-\frac{L_j^2}{2\sigma_L^2}} \quad (L_j > 0). \quad (12)$$

Експериментальні дослідження. Перевірка відповідності відстаней за повітряною лінією розподілу Релея між центром міста і ЗП на території міста та області здійснюється на основі просторових характеристик громадського транспорту на прикладі Харківської області. Загальна кількість ЗП на території міста та області складає 936 одиниці, з них 495 зупинки громадського транспорту розташовані на території міста та 441 зупинки розташовані на території області рис. 2.

Треба зазначити, що щільність розсіювання ЗП на території міста та області суттєво відрізняються, притому, що кількість ЗП на території міста та області практично однакові [6]. В перчу чергу це пояснюється різницею в площі міста та області, а по друге щільність ЗП на території області залежить від наявності населених пунктів, які в свою чергу визначають попит на пересування, та розташування ЗП на існуючий транспортній мережі характеризується наявністю залізничних шляхів, автомагістралей та доріг місцевого значення. Але варто зазначити, що щільність розсіювання ЗП поблизу міста значно більше ніж на великих відстанях від нього. Це може пояснюватися саме тим, що як і в місті причиною існування закономірностей розселення являється процес виникнення населених пунктів, навколо центральної частини крупного міста, яке є об'єктом тяжіння для мешканців області.

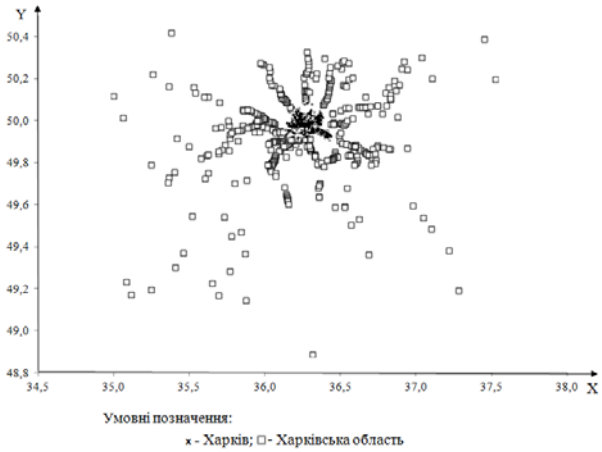


Рис. 2 – Розсіювання ЗП на території міста та області

Перевірка відповідності розподілу відстаней між зупинками і центром міста, розрахованими за формулою (10), та розподілом Релея була здійснена з використанням критерію згоди Колмогорова [8, 9]. Використання цього критерію обумовлено тим, що за допомогою його можливо визначити максимальне відхилення між накопиченими частотами емпіричного і теоретичного розподілу, що дозволить отримати більш точний результат. Також він не потребує угруповання даних (з неминучою втратою інформації), а дає можливість розглядати всі індивідуальні значення, які спостерігаються.

Критичне значення максимального відхилення емпіричної функції від теоретичної при кінцевих обсягах спостережень [8, 9] складає 0,134 при рівні значимості 0,05 та треба зазначити, що це критичне значення відповідає 100 спостереженням. На підставі відповідної кількості спостережень випадково обраних L_j здійснюється розрахунок емпіричної та теоретичної функцій розподілу Релея та визначається максимальне відхилення між зазначеними показниками, Δ:

$$\Delta = \left| T_i - \frac{r_i}{\sigma_L^2} \cdot e^{-\frac{r_i^2}{2\sigma^2}} \right| , \qquad (14)$$

де m_i – накопичена частота i-того інтервалу, од.; r_i – значення вибірки i -го інтервалу, од.; σ_L - параметр розподілу Релея для величини L_j [9].

Графічна інтерпретація зіставлення теоретичної і емпіричної функції розподілу Релея, яка дозволяє візуально оцінити отриманий результат, представлена на рисунку 3.

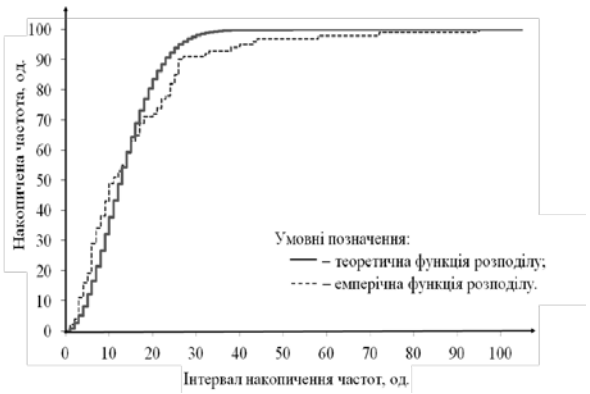


Рис. 3 – Графік розподілу Релея, придатного для опису відстаней від «центрального» ЗП до всіх інших

Так як критерій Колмогорова є не параметричним і висновки статистичної теорії не залежать від його параметру [10], то в цьому випадку має місто можливість визначити таке значення параметру розподілу Релея σ_L, при якому критичне значення критерію згоди буде мінімальним. Це значення σ_L дорівнює 10,79, тоді максимальне відхилення накопичення частот емпіричної та теоретичної функції розподілу Релея складає 0,126, що не перевищує його критичного значення. Тому гіпотеза про відповідність розподілу відстані між ЗП та центром на території області та міста розподілу Релея на прикладі Харківської області не спростовується та може слугувати основою для побудови моделі потреб населення у пересуваннях у приміському та внутришньообласному сполученні.

Висновки. На основі щільності функції розселення населення навколо обласного центру теоретично доведено, що розподіл відстані між ЗП і центром на території міста і навколо нього має відповідати розподілу Релея, при цьому відстань між центром и ЗП які розташовані навколо обласного центру має відповідати нормованому подовженню розподілу Релея. Результати експериментальних досліджень на території міста і його оточення на прикладі Харківської області довели придатність застосування розподілу Релея для опису відстаней від ЗП, розташованого у міському центрі, до усіх інших ЗП. Отримані результати підтвердили доцільність використання характеристик інфраструктури громадського транспорту для визначення закономірностей у відстанях пересування на території, що оточує місто, які в подальшому може виступати як один з основних чинників при моделюванні попиту на пересуваннях у внутришньообласному сполученні.

1. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – Москва : Высшая школа, 1980. – 535 с.

2. Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: науч. материалы XVI междунар. (девятнадцатой екатеринбургской) науч.-прак. конф., 16-17 июня 2010 г. / Уральский гос. эконом. ун-т, Белорус. науч.-исслед. и проект. ин-т градостроительства [и др.] - Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. экон. ун-та, 2011. – С.104-111.

3. Свічинський С.В. Формування функції розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом: дис. … канд. техн. наук : 05.22.01 / Свічинський Станіслав Валерійович. – Харків, 2015. – 223 с.

4. Кристопчук М.Є. Потенціал транспортних послуг приміського сполучення населення. /М.Є. Кристопчук, А.В. Веснін, О.Д. Почужевський // Вісник Криворізького університету. Збірник наукових праць. – Вип. 29, 2011. – С. 142-147.

5. Горбачов П.Ф. Оцінка впливу населених пунктів на інтенсивність руху транспортних потоків у приміському сполученні. /П.Ф.Горбачов, А.А. Кочина // Автомобильный транспорт Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. –Х.: Изд-во ХНАДУ, 2017 – Вып. 40. – С. 48-55.

6. Кочина А.А. Закономірності просторових характеристик маршрутного транспорту у внутрішньобласному сполученні. /А.А. Кочина// Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». Серія: Технічні науки та архітектура., 2017 – Вып. 139. С. 39-42.

7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для ВТУЗов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – [2-е изд., стер.]. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.

8. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности /Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев – М. Изд. «Наука», 1965. – 524 с.

9. Большов Л.Н. Таблицы математической статистики /Л.Н. Большов, Н.В. Смирнов – [3-е изд] – М. Изд. «Наука», 1983. – 415 с.

10. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике. Современный поход / Пер. с англ. Е.З.Демиденко, Предисл. Ю.Н.Тюрина. – М.: «Финансы и статистика»,1982. - 198 с.

© Горбачов П.Ф., Макаричев О.В., Кочина А.А. 2018

REFERENCES

1. Efremov I. C., Kobozev V. M., & Yudin V.A. (1980). *Teoriya gorodskikh passazhirskikh perevozok [The theory of urban passenger transportation].* Moscow: High School [in Russian].
2. *Socio-economic problems of the development and functioning of urban transport systems and their impact zones* (19 th ed). (1980). Ekaterinburg: The Ural. state. econ. university [in Russian].
3. Svichinsky S.V. (2015). *Formuvannya funktsiyi rozselennya mis'koho naselennya dlya vyznachennya potreb u perevezennyakh hromads'kym transportom [Formation of the function of urban population settlement to determine the needs for* transportation by *public transport].* Kharkiv: [in Ukrainian].
4. Krystopchuk M.E., Vesnin A.V., & Pochuzhevs'kyy O.D. (2011). *Potentsial transportnykh posluh prymis'koho spoluchennya naselennya. [Potential of transport services of suburban population].* Krivoy Rog: Bulletin of the Krivoy Rog University [in Ukrainian].
5. Gorbachev P.F., & Kochina A.A. (2017). *Otsinka vplyvu naselenykh punktiv na intensyvnist' rukhu transportnykh potokiv u prymis'komu spoluchenni* [*Estimation of the influence of settlements on the traffic flow intensity of suburban traffic].* Kharkov: HNADU [in Ukrainian].
6. Kochina A.A. (2017). *Zakonomirnosti prostorovykh kharakterystyk marshrutnoho transportu u vnutrishn'oblasnomu spoluchenni [Patterns of spatial characteristics of the route transport in inland interconnection].* Kharkov: Scientific and Technical Collection "Urban Public Utilities" [in Ukrainian].
7. Ventsel E.S., &. Ovcharov L.A. (2000). *Teoriya veroyatnostey i yeye inzhenernyye prilozheniya [Theory of probabilities and its engineering applications].* Moscow: High School [in Russian].
8. Gnedenko B.V., Belyayev U.K., & Soloviev A.D. (1965). *Matematicheskiye metody v teorii nadezhnosti [Mathematical methods in reliability theory].* Moscow: "Science" [in Russian].
9. Bolshov L.N., & Smirnov N.V. (1983). *Tablitsy matematicheskoy statistiki [Tables of mathematical statistics].* Moscow: "Science" [in Russian].
10. Runion R. (1982). *Spravochnik po neparametricheskoy statistike. Sovremennyy pokhod [Handbook of Non-parametric Statistics. The modern campaign].* (Demidenko E.Z, Trans.) Moscow: "Finance and Statistics" [in Russian].

***П. Ф. Горбачов, О. В.Макаричев, А. А. Кочина*, Закономерности распределения расстояния от областного центра до остановочных пунктов вокруг него.**

Представлены закономерности в расстояниях от остановочного пункта (ОП), который расположен в городском центре, до всех ОП на территории вокруг областного центра. Результаты теоретических и экспериментальных исследований доказали пригодность использования распределения Релея для описания расстояний между ОП вокруг областного центра и ОП, который расположен в центре города, на основе пространственных характеристик инфраструктуры общественного транспорта.

Ключевые слова: остановочный пункт, пространственное расположение, общественный транспорт, населенный пункт, расстояние, вероятность, распределение Релея.

***P. Horbachov, A. Makarichev, A. Kochina*. Regularities of a distribution of distances between a central stop in city and transit stops placed around city territory**

Regularities of a distribution of distances between a central stop in city and transit stops placed around city territory presented. The results of theoretical and experimental studies have proved the suitability of using the Rayleigh distribution to describe the distance distribution.

Keywords: stopping point, spatial location, public transport, settlement, distance, probability, Rayleigh distribution.

АВТОРИ:

ГОРБАЧОВ Петро Федорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортних систем і логістики», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: gorbachov.pf@gmail.com

МАКАРИЧЕВ Олександр Володимирович, доктор фізоко-математичних наук, професор кафедри «Транспортних систем і логістики», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: amsol2904@gmail.com

КОЧИНА Анастасія Анатоліївна, аспірант кафедри «Транспортних систем і логістики» Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: kochina.tsl@gmail.com

АВТОРЫ:

ГОРБАЧОВ Петр Федорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Транспортных систем и логистики», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: gorbachov.pf@gmail.com

МАКАРИЧЕВ Александр Владимирович, д.физ.-мат.н., профессор кафедры «Транспортных систем и логистики», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: amsol2904@gmail.com

© Горбачов П.Ф., Макаричев О.В., Кочина А.А. 2018

КОЧИНА Анастасия Анатольевна, аспирант кафедры «Транспортных систем и логистики», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: kochina.tsl@gmail.com

AUTHORS:

Peter HORBACHOV, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Transport Systems and Logistics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Alexander MAKARICHEV, Doctor of Science in physical and mathematical, Professor of Transport Systems and Logistics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: amsol2904@gmail.com

Anastasia KOCHINA, Postgraduate Student of Transport Systems and Logistics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: kochina.tsl@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2018 р.

© Грицунь О.М., Давосир В.А., Островський Р.Б. 2018

УДК 656.11
UDC 656.11

Грицунь О.М., Давосир В.А., Островський Р.Б.
Національний університет «Львівська політехніка»

АНАЛІЗ ДТП ТА ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНОСТІ З ПІШОХОДАМИ

У роботі наведено результати документального вивчення статистичних відомостей про ДТП. Проведено їх розподіл за роками, важкістю наслідків та виною учасників дорожнього руху. Особливу увагу зосереджено на ДТП з пішоходами, та чинниками, які їх зумовлюють. Проведено аналіз заходів з прогнозування та профілактики цих негативних явищ.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, учасники дорожнього руху, аварійність, транспортні засоби, час очікування, вулично-дорожня мережа

Постановка проблеми. Основою для впровадження будь-яких заходів зі збільшення безпеки руху в певному місці вулиці або дороги є аналіз скоєних на цьому місці дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Традиційно основою для інженерного аналізу аварійності на певному місці вулично-дорожньої мережі (ВДМ) була кількість ДТП [1–3]. При цьому, ДТП не класифікувалися за ступенем тяжкості, і значні ДТП рахувалися разом із незначними. Вивчення місць концентрації значних ДТП забезпечує більшу можливість зниження на них аварійності, ніж вивчення місць з ДТП меншої тяжкості. Ступінь тяжкості ДТП характеризується показником найбільш важкого поранення серед всіх постраждалих під час ДТП [1–3]. Це дає можливість отримати такі категорії тяжкості: ДТП із загибеллю людей, ДТП з пораненням людей, ДТП з пошкодженням автомобіля. Класифікація значимості ДТП потребує встановлення об'єктивних показників кожного ступеня значимості. Для розроблення цих показників відсутня достатня статистична база, в результаті чого ці показники є спірними.

Зазвичай досить важко вивчити аварійність в усіх місцях ВДМ, у зв'язку з чим необхідно зробити їх відбір. Першим етапом є побудова списку місць, які поділяють відповідно до критерію небезпеки ДТП, або по зареєстрованих ДТП. На наступному етапі необхідно визначити, наскільки великим має бути цей список. Двома основними способами оцінки небезпеки виникнення ДТП є визначення їх кількості та відносної аварійності [4–7].

Визначення кількості ДТП є найпростішим способом, який передбачає створення списку місць, залежно від скоєних ДТП. Місця з більшою кількістю ДТП ставляться в список першими, а місця з меншою – другими і так далі. Аналіз такого списку дозволяє обрати місця встановлення дорожніх знаків та світлофорів з точки зору забезпечення максимальної безпеки руху.

Практично завжди місця скоєння ДТП розрізняються за умовами руху, станом транспортного потоку та особливостями ВДМ. Розглядаючи класифікацію умов руху на ділянках ВДМ окремо із позицій водія транспортного засобу та пішохода, можна виділити такі 3 типи [7–9]:

– *вільні*, які характеризуються відсутністю створення взаємних перешкод для обох сторін. Водій у змозі самостійно вибирати бажану для нього швидкість та смугу руху, не здійснюючи вимушених прискорень або гальмувань. Пішохід, перетинаючи проїзну частину нерегульованим пішохідним переходом, під час очікування можливості переходу витрачає мінімально можливий граничний інтервал між транспортними засобами та рухається проїзною частиною із постійною нормальною швидкістю для пішохідного потоку. Під час переходу регульованим пішохідним переходом, за відсутності ліво- та правоповоротних транспортних засобів, час очікування дозовляючого сигналу світлофора менший граничного допустимого часу очікування.

– *ускладнені*, які характеризуються наявністю створення взаємних перешкод учасниками дорожнього руху, обмежують вибір режиму руху для водіїв та зумовлюють затримки для переходу пішоходам, при цьому змушуючи їх рухатись водночас із ліво- та правоповоротними транспортними потоками. Тобто, траєкторія руху пішохода в період знаходження на проїзній частині перетинається траєкторією руху транспортних засобів, що може спричинити аварійну ситуацію.

– *критичні* – умови, за яких вихід із створеної конфліктної ситуації можливий лише при екстрених діях самого пішохода або водія. При цьому, для уникнення ДТП один із учасників змушений порушувати правила дорожнього руху (ПДР). Таким чином, аварійна ситуація «пішохід–транспортний засіб», обумовлена порушенням пішоходом ПДР, завершиться або ДТП, або свідомим порушенням ПДР водієм для уникнення ДТП.

У зв'язку з цим **метою роботи** є аналіз статистичних даних про ДТП, які скоєно на вулицях населених пунктів та дорогах поза ними за попередні роки, що дасть можливість оцінити важливість різних чинників під час визначення важкості ДТП та можливості їх прогнозу для майбутніх періодів.

Результати досліджень.

Під час прийняття багатьох управлінських та регуляторних рішень у сфері ОДР користуються існуючими методиками, які враховують статистичні дані про ДТП, які були скоєні протягом 2–5 років. Основним завдання цього наукового дослідження є аналіз кількості ДТП за п'ятирічний період, які були скоєні на території Львівської області. Критерій розподілу – важкість наслідків (рис. 1). Як видно з рис. 1, кількість ДТП зростає в середньому на більш ніж 11% у кожен наступний рік (у 2017 році наведено статистику за 8 місяців), що може пояснюватися зростанням інтенсивності руху (загалом по області на 10-15% щорічно у розглянуті періоди), оскільки техніко-експлуатаційні характеристики вулиць і доріг та загалом дорожні умови протягом цього періоду були практично незмінними.

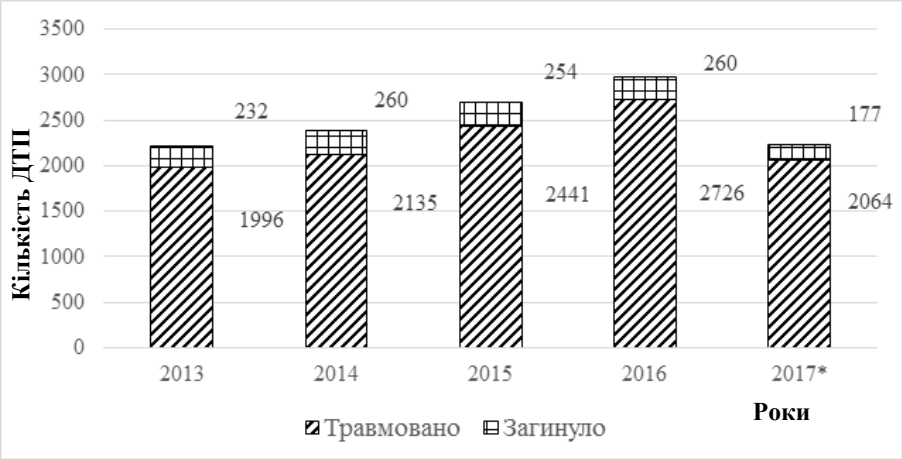


Рис.1. Кількість ДТП на території Львівської області за 2013 – 2017 рр.

Важливо зазначити, що існування певної залежності між кількістю ДТП та зміною величини інтенсивності руху дозволяє провести прогнозування зміни такого зв'язку для перспективних періодів, використовуючи методи прямої екстраполяції сучасного стану, які, як правило, застосовуються для короткого періоду часу (до 5 років і за умови, що від моменту дослідження територіальні і дорожні характеристики не змінилися).

Проте, загальна кількість ДТП не завжди є повним і достатнім індикатором для того, щоб зробити точні висновки. Для цього проводять також аналіз статистичних даних за видами: зіткнення; перекидання; наїзд на транспортний засіб, що стоїть; наїзд на перешкоду; наїзд на пішохода; наїзд на велосипедиста тощо. Для розглянутих періоду та території такий розподіл зображено на рисунку 2.

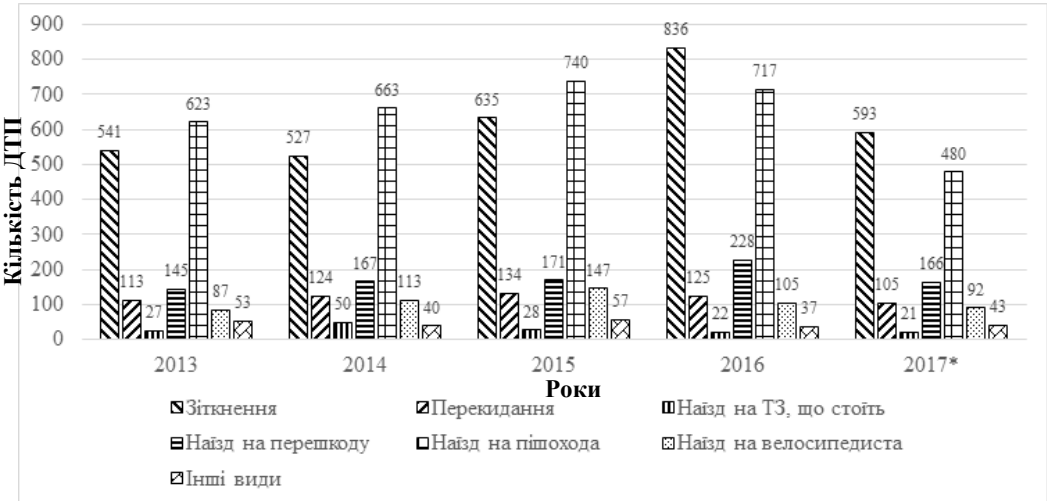


Рис.2. Розподіл ДТП за видами

Як видно з рис.2, найбільша кількість ДТП протягом 2013–2017 років – це зіткнення та наїзд на пішохода. Дуже часто причинами саме цих видів ДТП є перевищення дозволеної швидкості руху, керування транспортним засобом у нетверезому стані та недостатня освітленість вулиць і доріг як у населених пунктах, так і поза ними (рис.3).

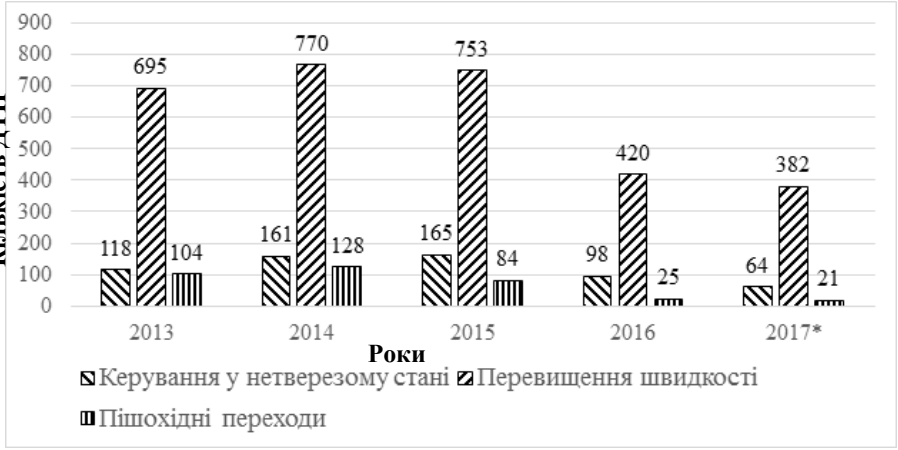


Рис.3. Розподіл ДТП за причинами скоєння

Найчастіше загальною причиною аварійності та ДТП є низький рівень культури та поведінки учасників дорожнього руху, які проявляються через ігнорування попереджень, обмежень та заборон, обумовлених ПДР. Саме таке твердження випливає з аналізу рис.4, де основними винуватцями ДТП від загальної їх кількості є водії приватних транспортних засобів та пішоходи.

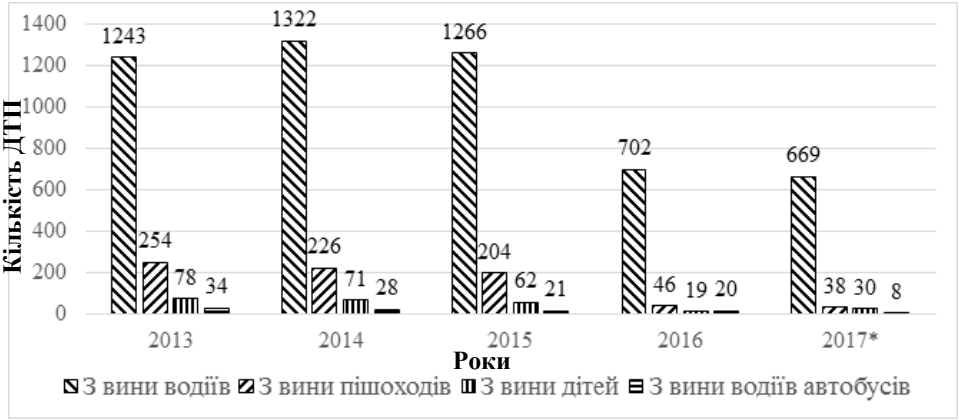


Рис.4. Розподіл ДПТ за виною учасників дорожнього руху

Надалі зосередимо основну увагу на аварійності з пішоходами. Висока небезпека зосереджена на зупинкових пунктах міського громадського транспорту та нерегульованих перехрестях, яка пояснюється недостатньою видимістю пішоходів водіями. Проявляється ця небезпека під час появи пішоходів на проїзній частині із-за нерухомих транспортних засобів (автомобілів, які очікують проїзд через перехрестя, громадського транспорту на зупинках, припаркованих на узбіччі автомобілів) або в ситуаціях, коли водій не в змозі побачити вихід пішоходів через недостатнє забезпечення видимості на перехрестях. Ширина проїзної частини, як й інтенсивність транспортного потоку, створює вирішальний вплив на поведінку пішоходів під час переходу вулиць та доріг і ступінь небезпеки цього переходу. Найбільший вплив на частоту наїздів на пішоходів ширина проїзної частини створює, коли ті здійснюють перехід в неустановленому для цього місці. Під час збільшення ширини проїзної частини дороги частота наїздів на пішоходів спочатку поступово збільшується, а потім зменшується.

Велике значення небезпеки для пішоходів мають певні ділянки дороги з недостатнім забезпеченням на них пішохідних переходів, що зумовлює збільшення кількості переходів у невстановленому для того місці.

Також кількість ДТП за участі пішоходів залежить від інтенсивності пішохідного руху, який чітко виражається ранковими та вечірніми годинами «пік». Крім того, вечірні години доби характеризуються ускладненими умовами видимості пішоходів водіями транспортних засобів, у результаті чого на період з 18 до 21 години припадає майже четверта частина ДТП із пішоходами.

Можна також проаналізувати розподіл ДТП із пішоходами і залежно від місяців року. Так, найбільша частина випадків припадає на травень, вересень і жовтень, коли значно збільшується інтенсивність дорожнього руху за рахунок автомобілів індивідуального користування, а також збільшуються пішохідні переміщення.

Саме ці негативні чинники були основною причиною ДТП на вулицях населених пунктів та позаміських автомобільних дорогах Львівської області протягом 2011–2017 рр. (рис. 5)

Рис. 5. Розподіл ДТП за важкістю, скоєних з вини пішоходів:
*За даними Науково-дослідного центру безпеки дорожнього руху; **За даними ІП «ДТП» НП України; ***За даними ДІАП НП України (за 8 місяців)

Висновки. Із даних статистики винуватцями 26,9% ДТП є пішоходи, також із всіх пішоходів, які загинули – 76,9% порушували ПДР. 87% наїздів на пішоходів відбуваються із вини пішоходів. Приблизно 72,4% пішоходів свідомо порушують і лише 27,6 з необачності.

Аналіз статистики нещасних випадків з пішоходами показав, що 5% ДТП від їхньої загальної кількості відбувається на 0,3% загальної протяжності ВДМ. Звідси можна зробити висновок, що значного зниження кількості нещасних випадків із пішоходами можна досягти шляхом застосуванням додаткових заходів безпеки руху на порівняно невеликих ВДМ.

Загальні висновки, які можна зробити за результатами проведення цих документальних досліджень – детальний аналіз причин і наслідків аварійності та одиночних ДТП дозволить робити прогнози щодо динаміки зміни їх кількості залежно від зміни дорожніх умов, техніко-експлуатаційних характеристик проїзних частин та застосування превентивних заходів з нагляду за дорожнім рухом.

1. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. − К. : Знання України, 2007. − 452 с. − (5 кн./Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).

2. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник /За заг. ред. В. П. Поліщука; О. О. Бакуліч, О. П. Дзюба, В. І. Єресов та ін. − К. : Знання України, 2012. − 467 с.

3. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. − Минск : БНТУ, 2003. − 380 с.

4. *Transport planning and traffic engineering* / Edited by C. A. O'Flaherty. − Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. − 544 p.

5. Chen X. Capacity reliability of signalized intersections with mixed traffic conditions /X. Chen, C. Chao, D. Li, C. Dong // Tsinghua science and technology. − 2009. − Vol. 14. − Num. 3. − P. 333-340.

6. Shao Chang-qiao. Study of the saturation flow rate and its influence factors at signalized intersections in China /Chang-qiao Shao, Jian Rong, Xiao-ming Liu //Procedia Social and Behavioral Sciences. − 2011. − 16. − P. 504-514.

7. Гаваев А. С. Анализ поведения пешеходов при пересечении проезжей части/ А. С. Гаваев, А. А. Гаваева // Организация и безопасность дорожного движения : материалы VII Всероссийской научно практической конференции, 4 апреля 2014 г. − Тюмень : тюмгнгу, 2014 − С. 62 − 65.

8. Клебельсберг Д., Транспортная психология: Пер. С нем./Под ред. / В. Б. Мазуркевича. − М.: Транспорт, 1989 − 367 с.

9. Єрмак О. М. Дослідження взаємодії транспортних та пішохідних потоків / О. М. Єрмак// Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник. − 2013. − Вип. 110. − С. 249 − 253.

REFERENCES

1. Dmytrychenko, M. (2007) Systemology on transport. Traffic organization [Sustemologija na transporti. Organizacija dorognogo rychy]. Kiev, Znannja Ukrainy Publ. 452 p.

2. Polishchyk, V. (2012) The organization and regulation of traffic [Organizacija i regyluvannja dorognogo rychy]. Kiev, Znannja Ukrainy Publ. 467 p.

3. Vrubel', Ju (2003). *Poteri v dorozhnom dvizhenii [Potery v dorozhnom dvyzhenyy].* Minsk: BNTU, 380 p.

4. *Transport planning and traffic* engineering / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.

5. Chen, X. (2009) Capacity reliability of signalized intersections with mixed traffic conditions. Tsinghua science and technology. pp. 333-340.

6. Shao, Chang-qiao. (2011) Study of the saturation flow rate and its influence factors at signalized intersections in China. Procedia Social and Behavioral Sciences. pp. 504-514.

7. Havaev, A.(2014). Analysis of the behavior of pedestrians crossing the roadway.[Analiz povedeniya peshehodov pri peresechenii proezzhey chasti].*Organization and road safety: Proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference.* pp. 62-65.

8. Klebelsberg, D. (1989).*Transport psychology.*[Transportnaya psihologiya].Moscow, Transport. 367 p.

9. Ermak, O (2013). Interaction of traffic and pedestrian flows.[Issledovanie vzaimodeystviya transportnyih i peshehodnyih potokov].*Utilities city: Scientific and Technical Collection.* pp. 249-253.

Грицунь О.М., Давосир В.А., Островский Р.Б. **Анализ ДТП и прогнозирование аварийности с пешоходами.**

В работе приведены результаты документального изучения статистических сведений о ДТП. Проведено их распределение по годам, тяжестью последствий и виной участников дорожного движения. Особое внимание сосредоточено на ДТП с пешеходами, и факторах, которые их предопределяют. Проведен анализ мероприятий по прогнозированию и профилактике этих негативных явлений.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, участники дорожного движения, аварийность, транспортные средства, время ожидания, улично-дорожная сеть.

O. Hrytsun, V. Davosyr, R. Ostrovskyy **Analysis of motorized vehicular accidents and forecasting of accident rate with pedestrians**

In this work documental research results of statistical information about motorized vehicular accidents are given. Their distribution over years, severity of consequences and quilt of road users is conducted. Primary focus is on motorized vehicular accidents with pedestrians, and factors which cause them. Analysis of measures aimed at forecasting and preventive actions of these negative phenomena is carried out.

Keywords: motorized vehicular accident, road users, accident rate, vehicles, waiting time, road network.

АВТОРИ:

ГРИЦУНЬ Олег Михайлович, аспірант, асистент кафедри «Транспортні технології», Національний університету «Львівська політехніка», e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

ДАВОСИР Владислав Андрійович, студент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: davosir2012@yandex.ua

ОСТРОВСЬКИЙ Руслан Броніславович, студент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: ruslandrom13@gmail.com

АВТОРЫ:

ГРИЦУНЬ Олег Михайлович, аспирант, асистент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львивська политэхника», e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

ДАВОСИР Владислав Андреевич, студент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львивська политэхника», e-mail: davosir2012@yandex.ua

ОСТРОВСКИЙ Руслан Брониславович, студент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львивська политэхника», e-mail: ruslandrom13@gmail.com

AUTHORS:

Oleg HRYTSUN, postgraduate student, assistant Transport technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

Vladyslav DAVOSYR, student Transport technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: davosir2012@yandex.ua

Ruslan OSTROVSKYY, student Transport technologies Department, Lviv Polytechnic National University, e-mail: ruslandrom13@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018р.

© Гук В.І., Запорожцева О.В. 2018

УДК 656.001.5; 625.712
UDC 656.001.5; 625.712

Гук[1] В.І., Запорожцева[2] О.В.
[1] *Харківський національний університет будівництва та архітектури*
[2] *Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

ПОЧАТОК ДИНАМІЧНОЇ ТЕОРІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

Висвітлюється новий підхід до вивчення станів транспортного потоку на основі розкриття динаміки його характеристик. Зміна станів або динаміка теорії як системи транспортний потік-дорога вперше апроксимується взаємною зміною у часі швидкості та інтенсивності. Наводяться рівняння для вирішення практичних задач динаміки зміни швидкості і динаміки зміни інтенсивності.
Ключові слова: транспортний потік, інтенсивність, швидкість, кількість потоку, щільність.

Постановка проблеми. Вирішення проблем міського руху для автомобільного транспорту вимагає глибокого вивчення особливостей і закономірностей зміни станів транспортного потоку з урахуванням динаміки зміни його основних характеристик: швидкості, інтенсивності, тобто дуальності, оскільки автомобілі потоку одночасно є джерелами як швидкості, так і інтенсивності.

Так як всі міські транспортні проблеми починають різко загострюватися при виникненні безперервних насичених потоків автомобілів, об'єднаємо в поняття «транспортний потік» систему, що включає в себе автомобілі, водіїв, вулиці і навколишнє середовище. Врахуємо, що даній системі притаманний зворотний зв'язок, здійснюваний водіями та підсистемою управління дорожнім рухом. Основним принципом системи «транспортний потік» є цілісність процесу руху, тобто первинним є динамічна цілісність потоку, а вторинним – положення і швидкість автомобілів у потоці.

Уточнимо поняття одиниці системи «транспортний потік» та її розмірність. Транспортний потік складається з автомобілів, які перебувають у процесі руху на проїзній частині вулиць. Основною одиницею транспортного потоку є автомобіль. Однак при вирішенні практичних задач необхідно враховувати різні типи транспортних засобів і знати кількість автомобілів у групі, черзі, на стоянці. Тому величина названа «кількістю потоку», а його одиниця – автомобіль або група автомобілів.

Транспортний потік рухається вулицями і дорогами та за деякий час t долає в просторі шлях деякої довжини L. Вулиці і дороги також мають просторову протяжність і служать складовим елементом системи «транспортний потік». Тому в якості одиниці протяжності пересування L приймаємо «шлях», що вимірюється в метрах, кілометрах.

Транспортний час t – проміжок часу, необхідний для виконання транспортного процесу, вимірюється в секундах, хвилинах, годинах, добах і роках [2, 3].

Таким чином, маємо три фундаментальні одиниці транспортного потоку: кількість потоку (авт.), шлях (м, км) і час (с, год.). Зміни у часі фундаментальних характеристик транспортного потоку – «кількості потоку» і «шляху» будуть представляти відповідно інтенсивність $d\lambda/dt$ (авт./год.) і швидкість dL/dt (км/год.) транспортного потоку. Уточнимо, що інтенсивність $N = d\lambda/dt$ найбільш повно характеризує зміну транспортного потоку в перетині вулиці, біля місця спостереження, у часі, а швидкість – це більш об'єктивна характеристика руху транспортного потоку в просторі вулиці або дороги.

Відповідно, фундаментальні одиниці системи «транспортний потік» λ, L, t та похідні від них характеристики $N(t), V(t)$ – є базові змінні, відносини і добуток яких, у свою чергу, дозволяють визначити інші змінні та параметри транспортного потоку і встановити причинно-наслідкові зв'язки між ними.

Результати досліджень. Для розкриття динаміки зміни характеристик транспортного потоку в їх взаємному взаємозв'язку врахуємо, що фундаментальними поняттями вважаються одиниця потоку, протяжність шляху і час та похідні від них характеристики: інтенсивність, N (авт./год.), швидкість, V, (шлях/час), щільність, Q, (авт./шлях). Саме взаємозв'язки швидкості і інтенсивності, інтенсивності та щільності, швидкості і щільності присвячено багато досліджень. При цьому, для міських умов руху встановлено залежність $V(N)$, так і залежність $N(V)$ [1, 2, 3], але не розкрита динаміка зміни V при зміні N в часі, так і динаміка зміни N при зміні V, що змушує більш детально вивчити причину взаємозалежностей $V(N)$ і $N(V)$. Для цього розглянемо систему з двох

взаємно-зменшуваних характеристик потоку V і N. Бистроту зменшення у часі швидкості та інтенсивності опишемо рівняннями:

$$\frac{dN}{dt} = aN - bNV \quad (a,b>0), \quad \frac{dV}{dt} = nV - cNV \quad (n,c>0), \tag{1}$$

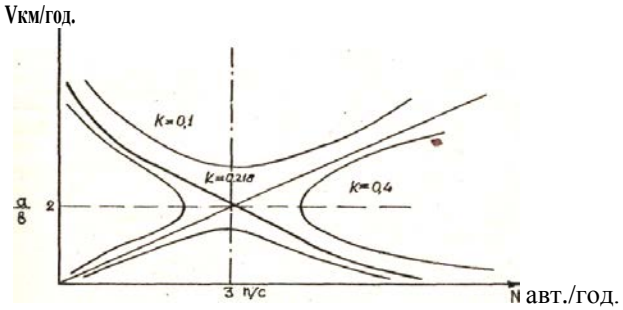
де a,b,n,c – чисельні коефіцієнти, які мають розмірність; *a-1/t, b-1/км,n-1/t,c-1/авт.*

Не беручи до уваги t, з рівнянь (1) визначимо закон зменшення відстані між автомобілями, км/авт.

$$\frac{dV}{dN} = \frac{V(n-cN)}{N(a-bV)}, \tag{2}$$

або, перетворюючи $V^a \exp(-bV) = kN^n \exp(-cN)$, де $k = \dfrac{V_o^a \exp(-bV_o)}{N_o^n \exp(-cN_o)}$.

Рішення рівняння (2), що описує зміну простору смуги руху, яка припадає на один автомобіль (км/авт.), неперіодичне і графічно зображено на рисунку 1. Як видно з графіка, рис. 1, швидкість транспортного потоку зменшується асимптотично, майже до нуля, при насиченому колонному русі (крива 1), а інтенсивність надходження автомобілів на міську магістраль може збільшуватися необмежено.



a=4, *b*=2, *c*=1, *n*=3

Рис.1. Узагальнений характер взаємозв'язків між швидкістю і інтенсивністю

Якщо в початковий момент часу значення швидкості і інтенсивності великі, то при насиченні транспортного потоку, швидкість та інтенсивність будуть зменшуватися до тих пір (крива 3), поки одна із змінних потоку (наприклад швидкість V) першою не досягне критичного рівня $V_{кр} = a/b$.

Далі під впливом зростання N, V потоку буде зменшуватися. Зростання V транспортного потоку і його і N при реконструктивних заходах, спрямованих на розширення існуючих вулиць, або при будівництві нових, які дублюють існуючі магістралі, вулиці в місті, описується кривою 3. Типовий характер зміни V та N руху на ділянці вулиці, коли швидкість вільного руху починає зменшуватися зі зростанням інтенсивності руху до критичного значення , після чого до затору зменшуються і швидкість, і інтенсивність, представлений кривою 4. Криві на рис.1 охоплюють всю область взаємозв'язків між швидкістю і інтенсивністю: від характеристик залежності в перетині вулиці і дороги до соціальної необхідності збільшення швидкості руху і зростання рівня автомобілізації населення. При цьому враховується, що зростання швидкісних можливостей нових транспортних засобів та свободи руху на нових міських магістралях призводять до залучення автомобілів і швидкого збільшення інтенсивності руху до рівня максимального насичення.

Розглянемо тепер відношення і добутки просторової $V(t)$ і тимчасової $N(t)$ характеристик транспортного потоку, а також швидкість їх взаємної зміни, або відношення $V(t)$ і $N(t)$ до перших похідних за часом dt.

Припустимо, що зв`язок між $V(t)$ и $N(t)$ апроксимується прямою, яка проходе через початок координат. Дане припущення справедливо для умов насиченого руху, коли разом з інтенсивністю

зменшується до нуля при заторі і швидкість $(N = 0; V = 0)$. Рівняння, що характеризує відношення $N(t)$ до $V(t)$ [1, 2] наступне:

$$N(t) = QV(t), \tag{3}$$

де Q – узагальнена змінна потоку «щільність», що визначається як бистрота зміни швидкості транспортного потоку при зміні його інтенсивності, авт./км.

У той же час рівняння, що характеризує зворотне відношення $V(t)$ к $N(t)$ має вигляд:

$$V(t) = \frac{1}{Q} N(t) = S \cdot N(t), \tag{4}$$

де S – відома узагальнена змінна насиченого потоку – динамічний габарит (інверсійна щільність), км/авт.

Великий практичний інтерес викликає нова змінна транспортного потоку, яка визначається добутком $N(t)$ і $V(t)$ та названа динамічною потужністю системи «транспортний потік-дорога»:

$$M(t) = N(t) \cdot V(t). \tag{5}$$

З урахуванням (3) та (4) отримаємо наступні формули для потужності $M(t) = Q \cdot V^2(t) = \frac{N^2(t)}{Q} = SN^2(t)$, які вказують, що потужність в кінці перегону вулиці чи дороги (виходу) буде зменшуватися порівняно з початком перегону (входом). Отже, пропускна спроможність перетину вулиці і перегону по суті різні речі.

Розглянемо характеристики, які залежать від бистроти зменшення V та N в часі.

Рівняння, що описує зміну V автомобілів в залежності від динаміки зміни N на ділянці вулиці чи дороги, де на місці стиснення потоку (виникають черги) і зростає напруженість руху

$$V(t) = C \frac{d}{dt} N(t). \tag{6}$$

Рівняння (6) дозволяє отримати залежність $N(t)$ від $V(t)$ в явному вигляді для випадку, коли має місце динаміка збільшення (зменшення) інтенсивності $dN(t)/dt$. Проинтегрировав (1.6):

$$N(t) = \frac{1}{C} \int_0^t V(t)dt + N(0) \text{ або } N(t) - N(0) = \frac{1}{C} \int_o^t V(t)dt, \tag{7}$$

де $N(0)$ – значення N в початковий момент часу, $t = 0$.

Якщо $N(t)$ – розривна (ступінчаста) функція (такий рух часто спостерігається на магістралях з регульованим режимом руху), то $dN(t)/dt$ не існує і рівняння (6) не має рішення. Тому зробимо заміну змінних, вводячи одиничну характеристику зміщення (шлях) $L(t)$, де, як відомо, $L(t) = \int V(t)dt$, і, отже, $V(t) = \frac{d}{dt} L(t)$. Швидкість $V(t)$ завжди є безперервна функція часу, тому, враховуючи (6) і те, що пряма, яка апроксимує, проходить через початок координат, одержуємо рівняння для варіації відносно точки $N(t) = 0$, $L(t) = CN(t)$ або $dL(t) = CdN(t)$.

Таким чином, закон збільшення напруженості в транспортному потоці при його стисканні буде виражатися однією з наступних формул (динаміка стиснення):

$$N = \frac{L}{C}, \; N = \frac{1}{C} \int V(t)dt, \qquad L = C \cdot N, \; V = C \frac{dN}{dt}. \tag{8}$$

Отримаємо взаємозв`язок між $N(t)$ и $dV(t)/dt$:

$$N(t) = J\frac{d}{dt}V(t). \qquad (9)$$

В рівнянні (9) інтенсивність $N(t)$ є функція від прискорення $dV(t)/dt$, яке часто має місце в транспортному потоці, і в інтервалі часу $0 \le T \le t$ рішення рівняння має вигляд:

$$V(t) = \frac{1}{J}\int_0^t N(t)dt + V(0) \text{ або } V(t) - V(0) = \frac{1}{J}\int_0^t N(t)dt. \quad (10)$$

Коли функція $V(t)$ розривна, що відповідає руху транспортного потоку по магістралям з жорстким некоординованим перемиканням сигналів світлофора, то рівняння (9) не має рішення. Використаємо змінну «кількість потоку» $\lambda(t)$, яка дорівнює $\lambda(t) = JV(t)$, де $\lambda(t) = \{J[V(t) - V(0)]$ при $t \ge 0$, 0 при $t \le 0$. Тоді $N(t) = d\lambda(t)/dt$. У випадку, коли N є безперервною функцією часу, кількість потоку $\lambda(t)$ пов`язана з інтенсивністю $N(t)$ співвідношенням:

$$\lambda(t) = \int_0^t N(t)dt. \qquad (11)$$

Фактична величина N за час dt дорівнює зміні кількості потоку за той же час dt, тобто $N = d(\lambda)$, що вказує на закон зміни кількості транспортного потоку λ. Цей закон дозволяє по початковій швидкості автомобілів V_0 і відомій кількості потоку λ (величина, на яку змінилася інтенсивність) знаходити кінцеву швидкість автомобілів в потоці, минаючи всі проміжні обчислення V_i

Висновки. Рівняння (1.11) показує, що змінна «кількість потоку» має важливу властивість – адитивність, і тому в якості кількості потоку можна розглядати як один автомобіль, так і групу автомобілів. Це рівняння дозволяє вирішувати дві типові задачі: за відомою величиною інтенсивності знаходити закон зміни кількості автомобілів в потоці або за відомим законом зміни кількості автомобілів - інтенсивність потоку.

Наявність в рівняннях (8) і (9) параметра інерційності, який характеризує акумуляцію швидкісних якостей автомобілів, дозволяє описати цей процес наступними формулами:

$\lambda = JV$, $N = J\frac{dV}{dt}$, $V = \frac{\lambda}{J}$, $V = \frac{1}{J}\int Ndt$. Таким чином, залежність між основними похідними характеристиками транспортного потоку описується наступними рівняннями:

1. Залежність швидкості $V(t)$ від інтенсивності $N(t)$:

$$V(t) = \frac{1}{Q}N(t),\ V(t) = C\frac{d}{dt}N(t),\ V(t) = \frac{1}{J}\int N(t)dt.$$

2. Залежність інтенсивності $N(t)$ від швидкості $V(t)$:

$$N(t) = QV(t),\ N = J\frac{d}{dt}V(t),\ N(t) = \frac{1}{C}\int V(t)dt,$$

Що аналогічно загальним законам моделювання систем [1, 2, 4], і тому дозволяє складати рівнянь динаміки транспортного потоку в часі і просторі.

1. Гук В.И. Элементы теории транспортных потоков и проектирование улиц и дорог / В.И. Гук. − К.: УМК ВО, 1991. − 254 с.

2. Гук В.І. Транспортні потоки : теорія та їх застосування в урбаністиці: монографія / В.І. Гук, Ю.М. Шкодовський. – Х.: Золоті сторінки, 2009. – 232 с.

3.Гук В. Теория измерителей транспортных потоков. Параметры трафика /В.И.Гук //Palmarium Academic Publishing 2017. - 162 с.

4. Запорожцева Е.В. Пропускная способность автомагистралей в транспортных коридорах / Е.В. Запорожцева // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов: материалы ежегоднаой междунар. науч.-практ. конф.: сб. науч. трудов. – Минск, 2014. – С. 11–15.

REFERENCES

1. Guk, V.I. (1991). Elementyi teorii transportnykh potokov i proektirovanie ulits i dorog [Elements of the theory of transport flows and the design of streets and roads]. Kyiv: UMK VO. 254 p.

2. Guk, V.I., Shkodovskiy, Yu.M. (2009). *Transportnye potoki: teoriya ta yikh zastosuvannya v urbanistytsi.* [Traffic flow: the theory of the past of urbanistic]. Kharkov: Zoloti storinky. 232 p.

3. Guk, V. (2017). *Teoriya izmeriteley transportnykh potokov*. Parametryi traffika [Theory of traffic flow meters. Traffic Settings]. Palmarium Academic Publishing. 162 p.

4. Zaporozhtseva, E.V. (2014). Propusknaya sposobnost avtomagistraley v transportnyih koridorakh. [Highway capacity of motorways in transport corridors]. Sovershenstvovanie organizatsii dorozhnogo dvizheniya i perevozok passazhirov i gruzov – Improving the organization of road traffic and passenger and cargo transportation: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (pp. 11-15). Minsk.

Гук В.И., Запорожцева Е.В. **Начало динамической теории транспортного потока.**

Освещается новый подход к изучению состояний транспортного потока на основе раскрытия динамики его характеристик. Изменение состояний или динамика теории как системы «транспортный поток-дорога» впервые аппроксимируется взаимным изменением во времени скорости и интенсивности. Приводятся уравнения для решения практических задач динамики изменения скорости и динамики изменения интенсивности.

Ключевые слова: транспортный поток, интенсивность, скорость, количество потока, плотность.

V. Guk, H. Zaporozhtseva **The beginning of the dynamic theory of traffic flow.**

The article offers a new approach to the study of traffic stream conditions based on the analysis of traffic flow characteristics. The change in state or theory dynamics within the context of quot; traffic flow-road quot; system is for the first time correlated with the change in speed and density over time. Equations are given for solving practical problems of the dynamics of the change in speed and the dynamics of the change in density.

Keywords: traffic flow, intensity, speed, flow rate, density.

АВТОРИ:

ГУК Валерій Іванович, доктор технічних наук, професор кафедри містобудування та урбаністики, Харківський національний університет будівництва та архітектури, e-mail: vguk@ukr.net

ЗАПОРОЖЦЕВА Олена Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Організація і безпека дорожнього руху», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: zhelen77@ukr.net

АВТОРЫ:

ГУК Валерий Иванович, д.т.н., профессор кафедры градостроительства и урбанистики, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, e-mail: vguk@ukr.net

ЗАПОРОЖЦЕВА Елена Владимировна, к.т.н., доцент кафедры организации и безопасности дорожного движения, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: zhelen77@ukr.net

AUTHORS:

Valery HUK, Doctor of Science in Engineering, Professor of Town Planning and Urban Planning Department, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, e-mail: vguk@ukr.net

Helen ZAPOROZHTSEVA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of organization and road safety,Kharkov National Automobile and Highway University e-mail: zhelen77@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2018 р.

© Дівеєв Б.М., Керницький І.С., Дорош І.Р., Вельган І.В.,Черчик Г.Т. 2018

УДК 629.45.027.35
UDK 629.45.027.35

Дівеєв Б.М. [1], Керницький І.С. [2], Дорош І.Р., [3] , Вельган І.В. [1], Черчик Г.Т. [4]
[1]*Національний університет «Львівська політехніка»*
[2]SGGW, Warszawa
[3]*ПП «Дора», м. Львів*
[4]*Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів*

ОПТИМІЗАЦІЯ НАПІВАКТИВНОЇ ПІДВІСКИ З ДГК

Розглянуто одновимірну модель підвіски автомобіля з динамічним гасником коливань (ДГК). Для елементів нелінійної підвіски розроблено спрощену дискретно-континуальну розрахункову схему та визначені її динамічні механічні властивості. Для напівактивної підвіски отримані її механічні властивості. Розроблено методи параметричної оптимізації та застосовано їх до мінімізації рівнів вібрації.

Ключові слова:, вібрація, напівактивна підвіска, динамічний гасник коливань, дискретно-континуальна розрахункова схема, оптимізація

Вступ. Однією з важливих проблем проектування сучасних транспортних засобів, зокрема колісних машин є амортизація кузова при збереженні оптимальних техніко-економічних показників, а саме таких, як функціональність, комфортність, економічність, енерго- та матеріаломісткість, експлуатаційні витрати, витрати на ремонт та інше. Первинною задачею в цьому напрямку є необхідність удосконалення аналітичного методу розрахунку дії динамічних навантажень з метою наближення теоретичних результатів до експериментальних даних та досягнення раціонального і ефективного проектування систем амортизації.

Аналіз останніх досліджень. Напів-активні схеми амортизації використовують контроль, щоб скорегувати настройку пристрою з урахуванням фактичної структури вібрації. Як це характерно для структурного контролю, існує безліч типів пристроїв і законів управління, деякі з них більш реалістичні, ніж інші різного ступеня складності. Значну кількість практичних реалізацій напів-активних ДГК можна знайти в літературі, деякі з яких описані в [1-6]. Широкий опис алгоритмів керування, що може бути використаний для керування цими пристроями, можна знайти в [1], які у свою чергу поділяються на дві групи. Одні з них базуються на основі стратегій, які постійно змінюють у динамічному режимі параметри ДГК, а інший - на ON/OFF стратегії контролю. Останній варіант, хоча і не вражається таким ефективним як перший, як правило, призводить до алгоритмів, які є простіші, більш реалістичні і простіше для реалізації. В [7-10] приведені варіанти напівактивних підвісок. В [11-14] запропоновано адаптивний метод розрахунку складних конструкцій.

Оптимізація напів-активної підвіски. Розглянемо схему на рис 1 як схему підвіски автомобіля, де m_1 – непідресорена маса, m_2 – маса автомобіля, m_A – маса пасажирів (чутливий елемент).

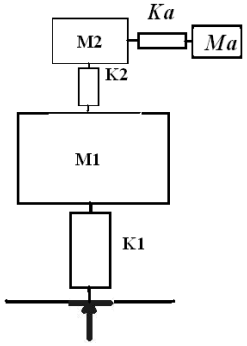


Рис.1. Модель конструкції з чутливим елементом та ДГК

Розглянемо оптимізацію цієї моделі при різних параметрах елементів *K1* і *K2* Розглянемо спочатку лінійний випадок в'язкого тертя.

$$m_1\frac{d^2u_1}{dt^2}+c_1\left(\frac{du_1}{dt}-\frac{du_0}{dt}\right)+k_1\left(u_1-u_0\right)+c_2\left(\frac{du_1}{dt}-\frac{du_2}{dt}\right)+k_2\left(u_1-u_2\right)=0,$$

$$m_2\frac{d^2u_2}{dt^2}-c_2\left(\frac{du_1}{dt}-\frac{du_2}{dt}\right)+k_2(u_2-u_1)-c_A\left(\frac{du_A}{dt}-\frac{du_2}{dt}\right)+k_A(u_2-u_A)=0, \qquad (1)$$

$$m_A\frac{d^2u_A}{dt^2}+c_A\left(\frac{du_A}{dt}-\frac{du_2}{dt}\right)+k_A(u_A-u_2)=0.$$

Розглянемо цю систему рівнянь при параметрах:

$m_1 = 100$ кг	$k_1 = f_1^2\, m_1/(2\pi)^2$, $f_1 = 15.0$Гц	$c_1 = k_1\eta_1 = k_1\, 0.10$
$m_2 = 400$ кг	$k_2 = f_2^2\, m_2/(2\pi)^2$, $f_2 = 1.0$Гц	$c_{20} = k_2\eta_2 = k_2\, 0.10$
$m_A = 100$ кг	f_A	η_A

Розглянемо оптимізацію коливань основної маси автомобіля при зміні демпфування η_2 у підвісці за законом при імпульсі

$$sign\left(x_1\left(\frac{dx_2}{dt}-\frac{dx_1}{dt}\right)\right)>0 \quad c_2=c_{2A}, \quad sign\left(x_1\left(\frac{dx_2}{dt}-\frac{dx_1}{dt}\right)\right)\le 0 \quad c_2=c_{2B} \qquad (2)$$

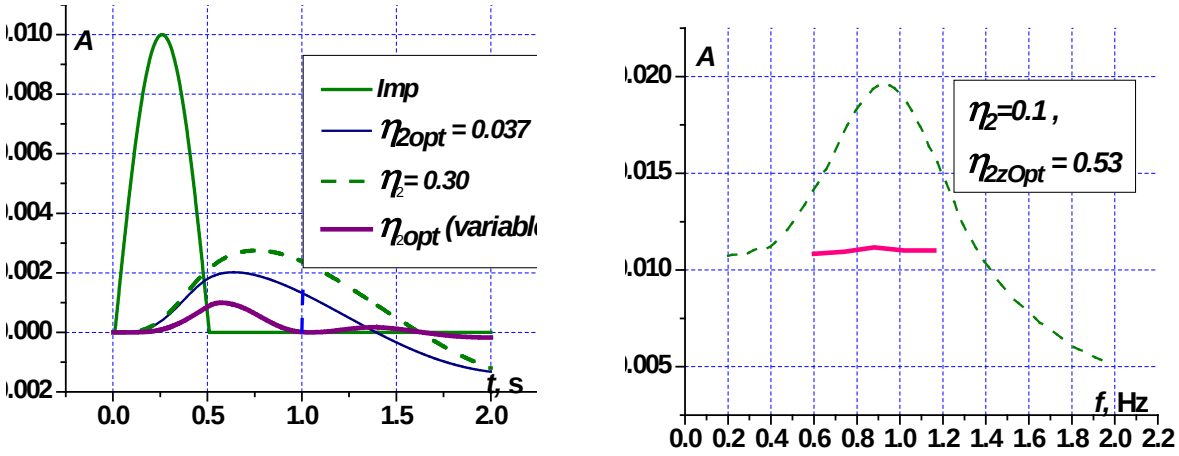


Рис. 2 Оптимізація коливань основної маси автомобіля при зміні демпфування у підвісці: (а) –імпульсне навантаження; (б) – в частотній області

Тут демпфування досить значне. Практично цей же результат отримується і у пасивній підвісці за допомогою збільшення демпфування. Проте це збільшення негативно впливає на захист від ударів (рис. 3).

Підвіска з ДГК. Для зменшення коливання непідресорених мас автомобіля використаємо ДГК, приєднаного до них. В транспортній техніці використовуються різноманітні конструкції підвісок з постійними або регульованими механічним властивостями. Застосування підвісок зі змінними механічними властивостями пояснюється такими факторами: зміною вантажу, що припадає на дане колесо, зміною експлуатаційних дорожніх умов. Відомі регулюючі пристрої для врахування зміни ваги в пневмопідвісках автобусів, задньої підвіски сучасних автомобілів (зміна кількості пасажирів на задньому сидінні). Проте вони досить складні за виконанням і передбачають використання електронних та електромеханічних пристроїв (контролерів, регуляторів). Тим часом актуальним є розробка простих і ефективних підвісок для причепів колісних машин, для сільгосптехніки, які б враховували зміну їх ваги. Важливим питанням розробки сучасних машин є зменшення вібрації. Динамічні гасники коливань (ДГК) широко застосовуються для зменшення рівнів вібрації і шуму в кабінах транспортних засобів, для зменшення вібрації обертових машин, у тому числі непідресорених мас колісних автомобілів.

Ефективним у даних випадках може стати застосування динамічного гасника коливань (ДГК) [12-14]. На даний час розроблено багато конструкцій ДГК. Вони застосовуються в різних машинах і спорудах, відрізняються вагою і габаритами, конструктивними особливостями, діапазонами

застосування. На рис. 3. показана конструкція нелінійної підвіски з ДГК та її розрахункова схема (рис. 4).

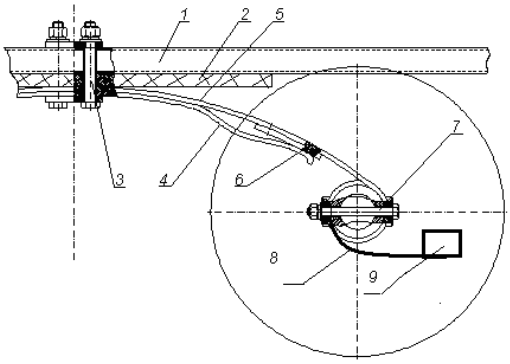


Рис. 3. Конструктивний варіант нелінійної підвіски з ДГК

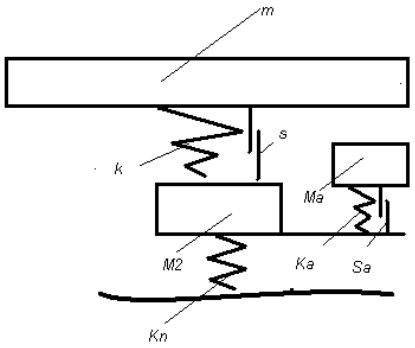
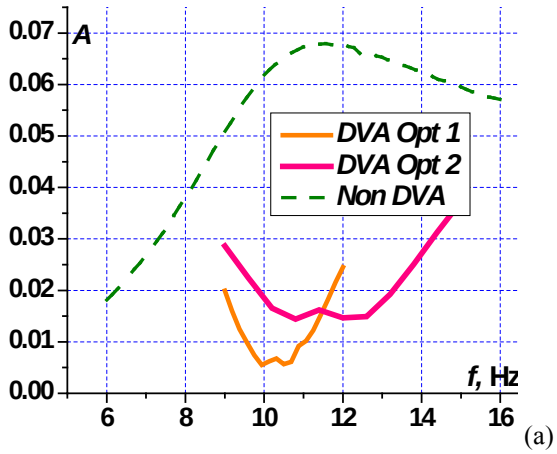
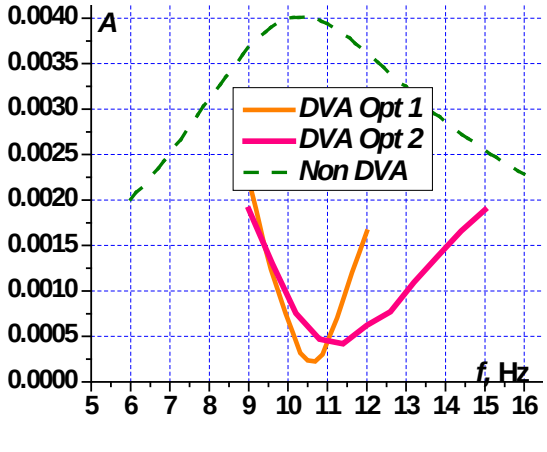


Рис. 4. Розрахункова схема підвіски

На основі дискретно-континуального підходу отримано трьохмасову розрахункову схему з врахуванням непідресорених мас та приєднаних до них ДГК (рис. 4). Проведена оптимізація параметрів. Результати розрахунку показано на рис. 5



(а)



(б)

Рис. 5. Результати оптимізації при різних частотних діапазонах: (а) –амплітуди непідресорених мас, (б) – амплітуди мас кузова

Висновки. Розглянуто властивості напівактивної підвіски, оптимальної по гасінню ударів та вібрації. Можна помітити, що оптимальна протиударна підвіска має менші демпфуючі властивості, ніж підвіска оптимальна по вібрації у деякому діапазоні. Для зменшення рівнів вібрації розглянуті схеми приєднання напівактивного ДГК до чутливого елемента та непідресорених мас. Застосування ДГК не лише зменшує рівень шуму в салоні автомобіля, але й динамічні навантаження на полотно дороги.

1. Casciati F, Magonette G and Marazzi F 2006 Technology of Semiactive Devices and Applications in Vibration Mitigation (New York: Wiley)

2. Weber F and Distl H 2013 Real-time controlled tuned mass dampers for Wolgograd Bridge Beton Stahlbetonbau 08 362–72 (Heft 6)

3. Seiler G, Fischer O and Huber P 2002 Semi-active MR dampers in TMD's for vibration control of footbridges: II. Numerical analysis and practical realisation Footbridge Conf. (Paris)

4. Setareh M, Ritchey J, Murray T, Koo J and Ahmadian M 2007 Semiactive tuned mass damper for floor vibration control J. Struct. Eng. ASCE 133 242–50

5. Nagarajaiah S 41, 2009 Adaptive passive, semiactive, smart tuned mass dampers: identification and control using empirical mode decomposition, Hilbert transform, and shortterm Fourier transform Struct. Control Health Monit. 16 800–41

6. Spencer B and Nagarajaiah S 2003 State of the art of structural control J. Struct. Eng. ASCE 129 845–56

7. A. Bahar, F. Pozo, L. Acho, J. Rodellar, A. Barbat. Hierarchical semi-active control ofbase-isolated structures using a new inverse model of magnetorheological dampers, *Computers and Structures*, Vol. 88, pp. 483-496, 2010.

8. H. Du, K.Y. Sze, J. Lam. Semi-active H∞ control of vehicle suspension with magneto-rheological dampers, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 283, pp. 981-996.

9. B.L.J.Gysen, J.L.G.Janssen, J.J.H.Paulides and E.A.Lomonova,"Design Aspects of an Active Electromagnetic Suspension System for Automotive Applications,"*IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol..45, No.5 (2009), pp.1589-1597.

10. Thite, A.N., Development of a refined quarter car model forthe analysis of discomfort due to vibration, Advances in Acoustics and Vibration, Hindawi Publishing Corporation,2012.

11. Б.М.Дівеєв Раціональне моделювання динамічних процесів у складних конструкціях. Вісн. Національного університету "Львівська політехніка" // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів. № 41. 2007. – С.103-108.

12. Diveyev Bohdan, Vikovych Igor, Dorosh Ihor, Kernytskyy Ivan. Different type vibration absorbers design for beam-like structures. Proceeding of ICSV19, Vilnius, Lithuania, July 08-12, 2012, (Electronic edition) 8p.

13. Hennadiy Cherchyk, Bohdan Diveyev, Viktor Martyn, Roman Sava. Parameters identification of particle vibration absorber for rotating machines. Proceeding of ICSV21, Vilnius, Lithuania, July 08-12, 2012, (Electronic edition) 8p .

14. Bohdan Diveyev, Ihor Vikovych, Viktor Martyn, Ihor Dorosh. Optimization of the impact and particle vibration absorbers, 22th International Congress on Sound and Vibration 2015 Florence, Italy.Vol. 2, (Electronic edition) 8p

REFERENSES

1. Casciati F, Magonette G and Marazzi F 2006 Technology of Semiactive Devices and Applications in Vibration Mitigation (New York: Wiley)

2. [Weber F and Distl H 2013 Real-time controlled tuned mass dampers for Wolgograd Bridge Beton Stahlbetonbau 08 362–72 (Heft 6)

3. Seiler G, Fischer O and Huber P 2002 Semi-active MR dampers in TMD's for vibration control of footbridges: II. Numerical analysis and practical realisation Footbridge Conf. (Paris)

4. Setareh M, Ritchey J, Murray T, Koo J and Ahmadian M 2007 Semiactive tuned mass damper for floor vibration control J. Struct. Eng. ASCE 133 242–50

5. Nagarajaiah S 41, 2009 Adaptive passive, semiactive, smart tuned mass dampers: identification and control using empirical mode decomposition, Hilbert transform, and shortterm Fourier transform Struct. Control Health Monit. 16 800–41

6. Spencer B and Nagarajaiah S 2003 State of the art of structural control J. Struct. Eng. ASCE 129 845–56

7. A. Bahar, F. Pozo, L. Acho, J. Rodellar, A. Barbat. Hierarchical semi-active control ofbase-isolated structures using a new inverse model of magnetorheological dampers, *Computers and Structures*, Vol. 88, pp. 483-496, 2010.

8. H. Du, K.Y. Sze, J. Lam. Semi-active H∞ control of vehicle suspension with magneto-rheological dampers, *Journal of Sound and Vibration*, vol. 283, pp. 981-996.

9. B.L.J.Gysen, J.L.G.Janssen, J.J.H.Paulides and E.A.Lomonova,"Design Aspects of an Active Electromagnetic Suspension System for Automotive Applications,"*IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol..45, No.5 (2009), pp.1589-1597.

10. Thite, A.N., Development of a refined quarter car model forthe analysis of discomfort due to vibration, Advances in Acoustics and Vibration, Hindawi Publishing Corporation,2012.

11. B.M. Diveyev. Rational modeling dynamic processes in complete designs. [Ratsionalne modelyuvannya dynamichnykh protsesiv u skladnykh konstruktsiyakh Lviv] Visn. NULP, Avtomatyzacija vyrobnychykh procesiv .. № 41. 2007. – С.103-108

12. Diveyev Bohdan, Vikovych Igor, Dorosh Ihor, Kernytskyy Ivan. Different type vibration absorbers design for beam-like structures. Proceeding of ICSV19, Vilnius, Lithuania, July 08-12, 2012, (Electronic edition) 8p

13. Hennadiy Cherchyk, Bohdan Diveyev, Viktor Martyn, Roman Sava. Parameters identification of particle vibration absorber for rotating machines. Proceeding of ICSV21, Vilnius, Lithuania, July 08-12, 2012, (Electronic edition) 8p

14. Bohdan Diveyev, Ihor Vikovych, Viktor Martyn, Ihor Dorosh. Optimization of the impact and particle vibration absorbers, 22th International Congress on Sound and Vibration 2015 Florence, Italy.Vol. 2, (Electronic edition) 8p

Дивеєв Б.М., Керницкий І.С., Дорош И.Р., Вельган И.В. **Черчик *Г.Т.* Оптимизация полуактивной подвески с ДГК.**.

Рассмотрена одномерная модель подвески автомобіля с динамическим гасителем колебаний (ДГК). Для элементов нелинейной подвески разработана упрощенная дискретно-континуальная расчетная схема и определены ее механические свойства. Для полуактивной подвески получены ее механические свойства. Разработаны методы параметрической оптимизации, которые применены для минимизации уровней вибрации.

Ключевые слова: вибрация, полуактивная подвеска, динамический гаситель колебаний, дискретно-континуальная расчетная схема, оптимизация

Diveyev B., Kernytskyy I., Dorosh I., Velhan I.,Chercchyk G.T. **Optimization of the semi-active suspension with DVA's.**

The problems one-quarter car suspension with the dynamic vibration absorber (DVA) model is discussed. The simplified discrete-continues calculation scheme is established for elements of non-linear suspension and

therefore it dynamical mechanical properties. For the semi-active suspension it dynamical mechanical properties are established. Some methods of parametric optimization are applied to minimize the vibration levels. Some methods of parametric optimization to minimize the vibration levels are applied.

Key words: suspension, vibration semi-active suspension, discreet-continuous numerical scheme, optimization

АВТОРИ:

ДІВЕЄВ Богдан Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: divboglviv@yahoo.com

КЕРНИЦЬКИЙ Іван Степановичч, доктор технічних наук, професор, SGGW Warszawa

ДОРОШ Ігор Романович. к.ф.-м.н., *ПП «Дора», м. Львів*

ВЕЛЬГАН Ігор Володимирович, старший викладач кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка»,

ЧЕРЧИК Геннадій Тимофійович, провідний інженер, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

АВТОРЫ:

ДИВЕЕВ Богдан Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: divboglviv@yahoo.com

КЕРНИЦКИЙ Иван Степановичч, доктор технических наук, профессор, SGGW Warszawa

ДОРОШ Игорь Романович. к.ф.-м.н., *ПП «Дора», Укриїна, Львов*

ВЕЛЬГАН Игорь Владимирович, старший преподаватель кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника»

ЧЕРЧИК Геннадий Тимофеевич, ведуший инженер, Физико-механический институт им. Г. В. Карпенка НАН Украины, Львов

AUTHORS:

Bohdan DIVEYEV, PhD in Engineering, Assoc. Professor of Transport Technologies Department, Lviv National Polytechnic University e-mail: divboglviv@yahoo.com

Ivan KERNYTSKYY, Doctor of Science in Engineering, Professor of SGGW Warszau

Ihor DOROSH, PhD, PP “Dora” , Ukraine, Lviv

Ihor VELHAN, lecture of Transport Technologies Department, Lviv National Polytechnic University

Gennady CHERCHYK, leading engineer, Karpenko Physiko-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, UKRAINE, Lviv

Стаття надійшла в редакцію 4.05.2018

© Дмитриченко М.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Тріфонов Д.М., Сирота О.В., Шуба Є.В. 2018

УДК 621.43.056
UDC 621.43.056

Дмитриченко М.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Тріфонов Д.М., Сирота О.В., Шуба Є.В.
Національний транспортний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПІДІГРІВУ ПОВІТРЯ У ВПУСКНОМУ КОЛЕКТОРІ НА ПУСКОВІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

В статті наведено результати досліджень впливу підігріву повітря на впуску на паливну економічність та пускові властивості дизеля. Об'єктом експериментальних досліджень є автотракторний дизель 4Ч 11,0/12,5 (Д-243). Для підігріву повітря на впуску використано тепловий акумулятор фазового переходу. В результаті досліджень встановлено, що підігрів повітря на впуску приводить до зменшення витрати палива та скорочення тривалості процесів пуску і прогріву.

Ключові слова: підігрів, дизель, процес прогріву, паливна економічність, тривалість пуску.

Постановка проблеми. Найбільш гострими в Україні на сучасному етапі її розвитку є проблеми ефективного використання енергоресурсів автомобільним транспортом та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище, від вирішення яких значною мірою залежить рівень економічного і соціального розвитку суспільства, енергетичної незалежності та безпеки держави. Безперервно ведеться пошук нових заходів для підвищення енергоефективності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ)? що дозволить економити значні обсяги енергії та зменшить їх вплив на екологію навколишнього середовища.

Автомобільний транспорт є головним джерелом забруднення атмосферного повітря міст шкідливими компонентами відпрацьованих газів (ВГ). Частка транспортних засобів в забрудненні повітря в містах сягає 70-90%, що створює великі зони, всередині яких екологічні нормативи забруднення повітря перевищено в декілька разів.

Склад ВГ автотранспорту залежить від типу двигуна, режиму роботи, технічного стану і якості палива. Токсичність відпрацьованих газів дизелів обумовлюється головним чином вмістом у ВГ оксидів азоту і сажі.

Великим резервом підвищення економічності двигуна та зменшення викидів ШР при експлуатації в умовах низьких температур є зменшення часу його прогріву при холодному пуску.

У випадку з машинами з дизелями труднощі запуску можуть виникнути навіть при невеликих негативних температурах: при них в'язкість палива різко збільшується, що значно ускладнює запуск двигуна. Під час прогріву дизеля за низьких температур навколишнього середовища погіршується паливна економічність та стабільність роботи двигуна.

Для вирішення даної проблеми застосовують різні заходи для полегшення та скорочення тривалості пуску та прогріву: установка спеціальних свічок запалювання, додавання в систему мащення бензину або використання спеціальних камер згоряння та інші.

Для поліпшення випаровування палива в умовах низьких температур також застосовуються такі методи: попередній підігрів палива, підігрів моторної оливи, підігрів впускного колектору, підігрів повітря на впуску, спеціальний впускний колектор для посилення турбулізації повітряного потоку та інші.

Поліпшити процес згоряння в дизелі під час прогріву в умовах низьких температур можна при підвищенні температури повітря у впускному колекторі, яке надходить у двигун. Підвищення температури повітря на впуску дозволяє забезпечити необхідну випаровуваність палива, яке впорскується до камери згоряння, тим самим підвищити легкість розпилювання та гомогенність паливоповітряної суміші в циліндрах двигуна. Це дозволить забезпечити надійний пуск двигуна та поліпшить паливну економічність дизеля в процесі прогріву.

Вплив сезонних умов експлуатації на паливну економічність автомобілів, концентрацію шкідливих речовин у відпрацьованих газах і надійність автомобілів в цілому досліджено в роботах багатьох авторів. До сезонних умов відносяться фактори, які періодично змінюються протягом року. Це, насамперед, кліматичні фактори.

Кліматичні фактори в різні періоди року визначаються температурою, вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямом вітру, тривалістю снігового покриву та ін. [1]. Низькі температури навколишнього повітря справляють істотний вплив на температурний режим

агрегатів автомобіля, насамперед двигуна і через його зміну на витрату палива. Найбільш повний аналіз впливу температури навколишнього повітря на витрату палива автомобілями наведено в роботах [2, 3, 4].

Як встановлено в роботі [5] витрата палива при зниженні температури навколишнього повітря збільшується на 10...30%. При цьому збільшення витрат палива пов'язане з підвищенням в'язкості палива, погіршенням його здатності до розпилення та випаровування і, як наслідок, його неповним згорянням.

Вплив цих факторів найбільшою мірою проявляється за роботи ДВЗ в режимах холодного пуску і подальшого прогріву, при цьому спостерігається значне зниження паливної економічності та підвищення викидів шкідливих речовин в продуктах згоряння, що обумовлено перш за все погіршенням умов для сумішоутворення і, як наслідок, до нестабільного складу паливоповітряної суміші, яка утворюється в циліндрах ДВЗ.

У залежності від пори року і температурних показників регіону експлуатації автомобіля, процентне співвідношення концентрацій шкідливих речовин від «холодного пуску і подальшого комбінованого прогріву» і «гарячого» автомобіля можуть перебувати в різних співвідношеннях. Для кліматичного району «помірно теплий» при розрахунках були отримані наступні співвідношення: в теплий період 5 – 95%, у холодний період 25 – 75% [5].

Таким чином, в умовах низьких температур експлуатації, погіршення теплового стану двигуна чинить значний вплив на збільшення витрат палива і, як наслідок, збільшення емісії шкідливих речовин у ВГ. Крім того, аналіз виконаних досліджень показав, що існує деяке оптимальне значення температури впускного повітря, при якому витрата палива мінімальна [2].

Одним з можливих шляхів поліпшення паливної економічності дизелів в режимах холодний пуск і прогрів та зменшення емісії шкідливих речовин у ВГ є забезпечення підігріву повітря, яке надходить в двигун та стабілізації температури на рівні +35...+45°С в подальшому.

Метою експериментальних досліджень є визначення впливу підігріву повітря у впускному колекторі дизеля на тривалість пуску та паливну економічність під час прогріву в режимі холостого ходу.

Результати досліджень. На кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету проведено дослідження впливу підігріву повітря на паливну економічність та пускові властивості дизеля. Об’єктом експериментальних досліджень є автотракторний дизель 4Ч 11,0/12,5 (Д-243), який показано на рис. 1.

Рис. 1. Загальний вигляд гальмівної установки з дизелем Д-243

Двигун встановлено на гальмівному стенді та обладнано всією необхідною вимірювальною апаратурою. Для підігріву повітря, що подається на впуску використано тепловий акумулятор фазового переходу (ТАФП).

Випробування проводили за температури навколишнього середовища 3 °С. Під час випробувань заміряли час запуску двигуна, частоту обертання колінчастого вала, тривалість прогріву в режимі холостого ходу та витрату палива за період і в процесі прогріву без підігріву повітря на впуску та з підігрівом.

Частоту обертання колінчастого валу дизеля вимірювали за допомогою цифрового тахометра ТЦ-3М ТУ 23.2.1604-83 № 2974. Тахометр з'єднаний з індуктивним датчиком, який реєструє проходження в безпосередній близькості від датчика зубців вінця маховика.

Контроль температури повітря на впуску, у впускному колекторі двигуна здійснювали портативним електронним термометром WSD10 з виносним датчиком.

Вимірювання витрати палива проводили ваговим методом за допомогою електронних ваг МЕРА ВМ 2/3. Час витрати палива вимірювали електронним секундоміром.

Для встановлення впливу підігріву повітря на впуску на час пуску двигуна в холодну пору року записували зміну частоти обертання колінчастого вала і час, який пройде з моменту увімкнення стартера до моменту стабільного самозапалювання палива і значного зростання частоти обертання вала двигуна (Рис.1). Під час пуску двигуна здійснювали відеозапис зміни частоти обертання двигуна, відображеної на екрані цифрового тахометра.

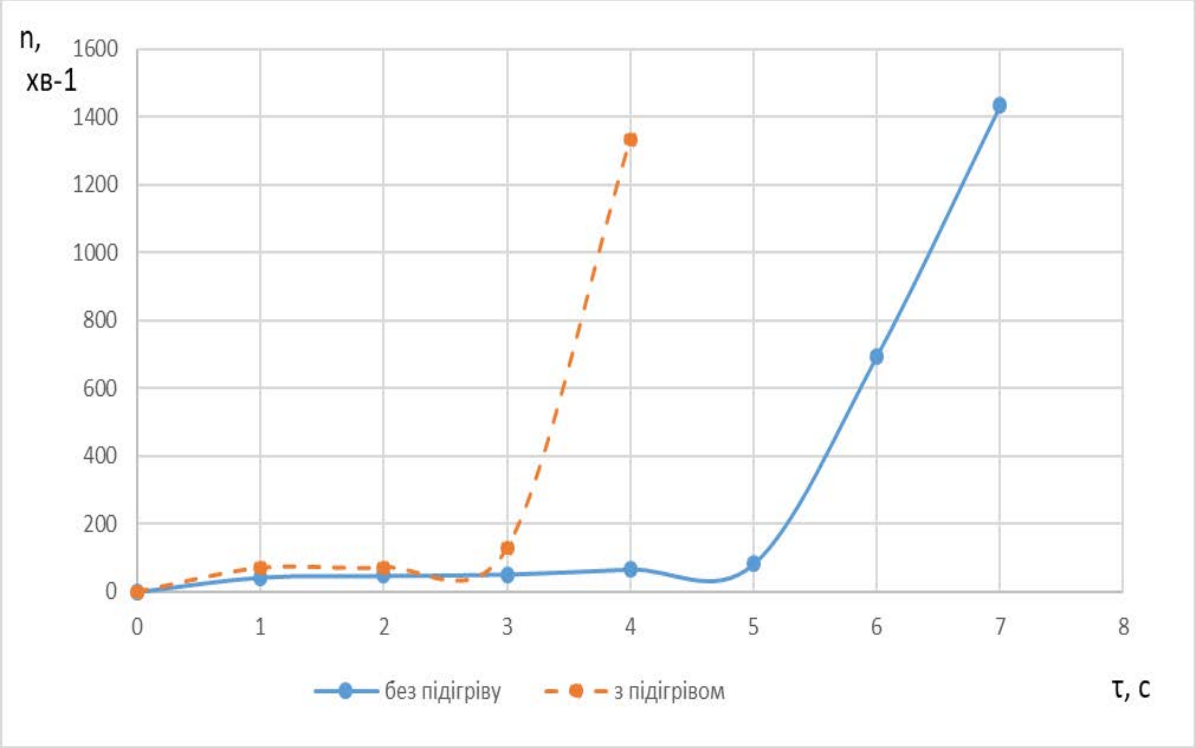


Рис. 2. Вплив підігріву повітря на впуску на час запуску дизеля Д-243

Як видно з рис. 2, при підігріві повітря на впуску час запуску двигуна скорочується на 3 секунди. Зокрема тривалість пуску дизеля без підігріву повітря на впуску становить 7 секунд, з підігрівом - 4 секунди, що підвищує надійність пуску непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Прогрів двигуна виконували в режимі холостого ходу з частотою обертання колінчастого вала близько 875 хв$^{-1}$ до досягнення температури охолодної рідини t_{OP} 28 °С. Подальше прогрівання двигуна в режимі холостого ходу недоцільне, оскільки після досягнення даного значення температура практично не змінюється, що свідчить про стабілізацію теплового режиму для режиму холостого ходу. Під час прогріву записували значення температури повітря, що подається на впуск двигуна, температури охолодної рідини і відпрацьованих газів та значення витраченого палива кожні 30 секунд.

Результати досліджень показані на рис. 3.

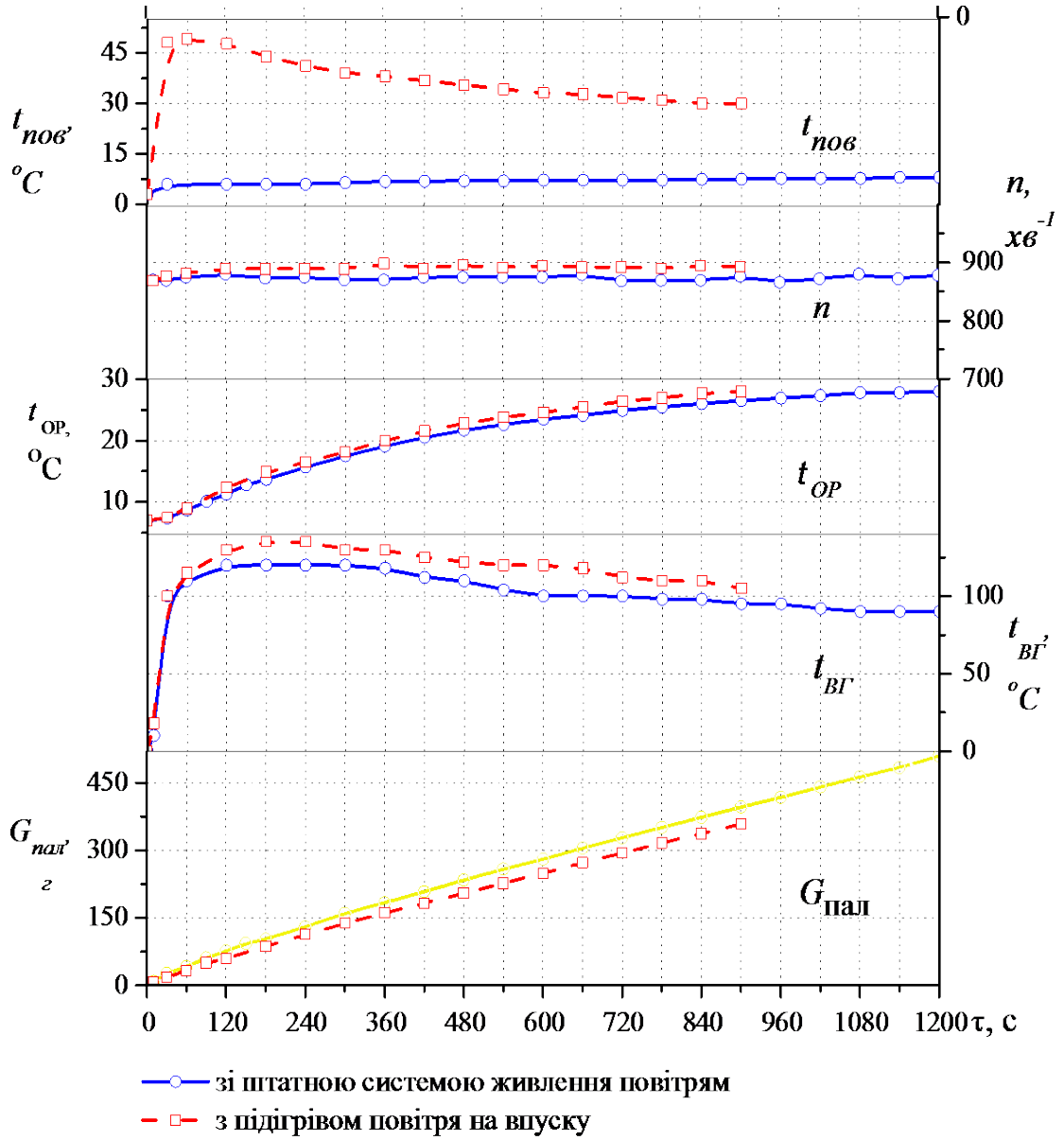


Рис. 3. Зміна параметрів роботи двигуна Д-243 від часу прогрівання в режимі холостого ходу

Як видно з рис. 3, час прогріву двигуна τ з підігрівом повітря на впуску скорочується на 25 % з 1200 секунд без підігріву повітря до 900 секунд з підігрівом повітря на впуску. Витрата палива $G_{пал}$ за період прогріву без підігріву повітря на впуску становить 509 грам, з підігрівом повітря на впуску – 358 грам. Економія палива в процесі прогріву становить 29,7 %. При використанні ТАПФ забезпечувалась температура повітря на пуску $t_{пов}$ на рівні 30 – 45 °С, що сприяє більш інтенсивному прогріву двигуна. Температура повітря на впуску без підігріву становила 3 °С. Інтенсивність прогріву оцінювали по швидкості підвищення температури охолоджуючої рідини $t_{ОР}$. З рисунку видно, що при підігріві повітря на впуску температура охолоджуючої рідини, починаючи з другої хвилини прогріву, підвищується більш інтесивно. Разом з тим зростає температура відпрацьованих газів $t_{ВГ}$. За роботи дизеля з підігрівом повітря на впуску температура відпрацьованих газів починаючи з другої хвилини прогріву вище в середньому на 20 °С, ніж за роботи без підігріву.

Висновки. В результаті досліджень встановлено, що підігрів повітря на впуску при температурі навколишнього середовища близько 3 °С сприяє скороченню тривалості процесів пуску та прогріву дизеля. При підігріві повітря на впуску тривалість пуску непрогрітого двигуна скорочується на 3 секунди (з 7 до 4 секунд). Процес прогріву скорочується на 25 %. Зокрема, тривалість прогріву двигуна без підігріву повітря на впуску становить 1200 секунд, з підігрівом – 900 секунд. За рахунок скорочення тривалості процесу прогріву та поліпшення процесу згоряння в двигуні витрата палива зменшується на 29,7 % (з 509 до 358 г).

1. Канарчук В.Е. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств / Канарчук В.Е., Лудченко А.А., Курников И.П.: Учебник: В 3-х кн. – Кн. 1. Теоретические основы. Технология. – К.: Выща школа, 1991. – 359 с.
2. Резник Л.Г. Научные основы приспособленности автомобилей к условиям эксплуатации: Дис. д-ра техн. наук. – М., 1981. – 355 с.
3. Виленский Л.И. Исследование влияния низких температур окружающего воздуха на эксплуатационную топливную экономичность автомобиля: Дис. ... канд. техн. наук. - Тюмень, 1979. - 197 с.
4. Говорущенко Н.Я. Автомобильное топливо. Как его экономить. – Харьков: Вища школа, 1979. - 144 с.
5. Шаталова Е.Е. Совершенствование оценки массовых выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах автомобильного транспорта: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Шаталова Елена Егоровна. – Волгоград, 2007. – 16 с.

REFERENCES

1. Kanarchuk V.E. Tehnicheskoe obsluzhivanie, remont i hranenie avtotransportnyih sredstv [Maintenance, repair and storage of vehicles]. Kanarchuk V.E., Ludchenko A.A., Kurnikov I.P.: Uchebnik: V 3-h kn. – Kn. 1. Teoreticheskie osnovyi. Tehnologiya. – K.: Vyischa shkola, 1991. – 359 s. [in Russian]
2. Reznik L.G. Nauchnyie osnovyi prisposoblennosti avtomobiley k usloviyam ekspluatatsii [Scientific bases of adaptation of cars to the operation conditions]: Dis. d-ra tehn. nauk. – M., 1981. – 355 s. [in Russian]
3. Vilenskiy L.I. Issledovanie vliyaniya nizkih temperatur okruzhayuschego vozduha na ekspluatatsionnuyu toplivnuyu ekonomichnost avtomobilya [Study of the effect of low ambient temperature for operating the fuel efficiency of cars]: Dis. ... kand. tehn. nauk. - Tyumen, 1979. - 197 s. [in Russian]
4. Govoruschenko N.Ya. Avtomobilnoe toplivo. Kak ego ekonomit.[Automotive fuel. How to save money.] – Harkov: Vischa shkola, 1979. - 144 s. [in Russian]
5. Shatalova E.E. Sovershenstvovanie otsenki massovyih vyibrosov zagryaznyayuschih veschestv v otrabotavshih gazah avtomobilnogo transporta [Improvement in the assessment of mass emissions of pollutants in the exhaust gases of motor transport: abstract.]: avtoref. dis. na soiskanie nauchn. stepeni kand. tehn. nauk: 05.22.10 «Ekspluatatsiya avtomobilnogo transporta» / Shatalova Elena Egorovna. – Volgograd, 2007. – 16 s.

Дмитриченко Н.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Трифонов Д.Н., Сирота А.В., Шуба Е.В. **Исследование влияния подогрева воздуха во впускном коллекторе на пусковые свойства и топливную экономичность автотракторного дизеля.**

В статье приведены результаты исследований влияния подогрева воздуха на впуске на топливную экономичность и пусковые свойства дизеля. Объектом экспериментальных исследований является автотракторный дизель Д-243. Для подогрева воздуха на впуске использовано тепловой аккумулятор фазового перехода. В результате исследований установлено, что подогрев воздуха на впуске приводит к уменьшению расхода топлива и сокращению продолжительности процессов пуска и прогрева.

Ключевые слова: подогрев, дизель, процесс прогрева, топливная экономичность, продолжительность пуска.

M. Dmytrychenko, Yu. Gutarevych, D. Trifonov, O. Syrota, Y. Shuba. **Investigation of the effect of air heating in the intake manifold on the starting properties and fuel efficiency of an automotive diesel engine.**

In the article results of researches of influence of heating of air on an admission on fuel profitability and starting properties of a diesel engine are resulted. The object of experimental research is the diesel-powered diesel engine D-243. To heat the air at the inlet, a thermal phase transition battery is used. As a result of the research it was found that heating the air at the inlet leads to a reduction in fuel consumption and a shortening of the duration of the start-up and warm-up processes.

Keywords: heating, diesel, heating process, fuel efficiency, start-up time.

АВТОРИ

ДМИТРИЧЕНКО Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, ректор Національного транспортного університету

ГУТАРЕВИЧ Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет

ТРІФОНОВ Дмитро Миколайович, старший викладач кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет

СИРОТА Олександр Вадимович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет

ШУБА Євгеній Васильович, кандидат технічних наук, асистент кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет

АВТОРЫ

ДМИТРИЧЕНКО Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, ректор Национального транспортного университета

© Дмитриченко М.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Тріфонов Д.М., Сирота О.В., Шуба Є.В. 2018

ГУТАРЕВИЧ Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет

ТРИФОНОВ Дмитрий Николаевич, старший преподаватель кафедры двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет

СИРОТА Александр Вадимович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет

ШУБА Евгений Васильевич, кандидат технических наук, ассистент кафедры двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет

AUTHORS

Mykola DMYTRYCHENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Rector of the National Transport University

Yuriy GUTAREVYCH, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of the Department of Engines and Heat Engineering, National Transport University

Dmitri TRIFONOV, Senior Lecturer, Department of Engines and Heat Engineering, National Transport University

Alexander SIROTA, PhD. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Engines and Heat Engineering, National Transport University

Yevgeniy SHUBA, PhD. in Engineering, Assistant of the Department of Engines and Heat Engineering, National Transport University

Стаття надійшла в редакцію 27.04.2018 р.

© Клименко В.В., Поляков В.М., Сакно О.П., Колеснікова Т.М. 2018

УДК 629.113; 681.518
UDC 629.113; 681.518

Клименко[1] В.В., Поляков[2] В.М., Сакно[3] О.П., Колеснікова[3] Т.М.
[1] Військова академія (м.Одеса)
[2] Національний транспортний університет
[3] ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

РІШЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАВДАНЬ В СИСТЕМАХ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ БЕЗПІЛОТНИХ АВТОМОБІЛІВ

Проведено аналіз концепцій і технологій розвитку і функціонування безпілотних автомобільних систем. Особливу увагу приділено методу обробки дискретної інформації в технічних системах зору безпілотних автомобільних систем та визначено основні технічні труднощі впровадження зорового інформаційного каналу в контури систем управління автомобілем.

Ключові слова: система технічного зору, безпілотна автомобільна система (БАС), аналітична модель, реставрація дискретних зображень.

Постановка проблеми. Застосування систем технічного зору в даний час є одним з головних засобів розвитку автоматичних систем управління рухом автомобіля. При цьому існують проблеми, що пов'язані з перетворенням зорової інформації в дані результатів розпізнавання, визначення параметрів руху об'єктів в режимі реального часу. Обмеженість існуючих методів обробки дискретних зображень в системах технічного зору безпілотних автомобілів в частині обліку випадкових збурень на полі шумових перешкод обумовлює необхідність їх подальшого вдосконалення при вирішенні класу некоректних інформаційних завдань.

Анализ последних достижений и публикаций. Актуальність проблеми розробки методів перетворення і передачі інформації в безпілотних автомобільних систем (БАС) обумовлює необхідність вдосконалення систем обробки дискретних зображень, як самостійного класу систем, які застосовуються для вирішення інформаційних завдань [1]. Впровадження в практику обробки інформації дискретних методів обчислювальної математики дозволило істотно розширити клас методів, які застосовуються для реставрації дискретних зображень в БАС і включити в число допустимих зворотних методів, що засновані на безпосередній інверсії оціночної матриці оператора деформації, на базі якого формується оператор реставрації [2] . Однак ці методи є досить чутливими до випадкових варіацій елементів матриці оператора реставрації, яка враховує зовнішні перешкоди, випадкові обурення і внутрішній шум системи формування зображення, що призводить до істотного зниження якості дискретних зображень при їх реставрації інверсним методом [3].

Корисний сигнал про об'єкти і середовищі, що оточують БАС, проходить крізь середу, піддається вторинному розсіюванню, тому відновлення дійсних параметрів розподіленої оптичного середовища – досить складне завдання, яке вирішується як аналітичними, так і наближеними методами [4].

Таким чином, дослідження процесу реставрації дискретних зображень інверсним методом на основі формування оператора реставрації, який враховує зовнішні перешкоди, випадкові обурення і внутрішній шум системи формування зображення є актуальним завданням як у теоретичному, так і в практичному плані [5].

Постановка задачі та її рішення. Метою роботи є огляд підходів до вирішення проблеми підвищення якості отриманих дискретних зображень в БАС, реставрованих методом інверсного синтезу в умовах апріорної невизначеності щодо оператора реставрації.

Результати досліджень. Під БАС будемо розуміти систему, яка управляє автомобілем за допомогою системи дистанційного керування, основу якої становить система формування зображень (місцевості, об'єктів, елементів дороги, розмітки тощо) і каналів їх передачі з метою ефективного управління безпілотним автотранспортним засобом.

Під системою обробки зображень БАС в загальному сенсі розуміємо систему з виконання операцій із формування та аналізу зображень з метою вирішення інформаційних завдань.

В теорії обробки сигналів в ряді випадків рішення таких задач, як задача оптимальної фільтрації, спостереження, оцінки, класифікації спостережень, спектрального аналізу та реставрації зображень, передбачає використання зворотних методів обробки сигналів [6]. В основі даних методів лежить процедура інверсії оціночної матриці оператора деформації. Системи з інверсним оператором

реставрації (обробки) зображень значно чутливі до випадкових збурень коефіцієнтів оператора реставрації і внутрішніх шумів системи [7].

Розглянемо систему формування зображень технічного зору автомобіля, (рис. 1).

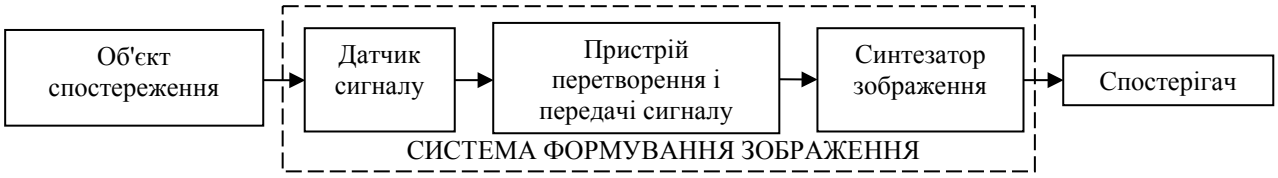


Рис. 1. Узагальнена структурна схема формування зображень в системі технічного зору автомобіля

Датчик сигналу взаємодіє безпосередньо з об'єктом, який спостерігається. Синтезатор зображення формує зображення, яке є безпосередньо для зорового сприйняття. Пристрій перетворення і передачі сигналу погоджує і пов'язує між собою датчик сигналу і синтезатор зображення. Перетворення сигналів, які виконуються в цих пристроях, як правило, виконуються з метою зміни їх фізичної природи або зміни їх структури, тобто математичної формалізації сигналів, які спостерігаються. Тому під обробкою зображень для БАС необхідно розуміти обробку сигналу алгебраїчними методами з метою корекції сформованого на виході системи зображення.

Під корекцією систем, які формують зображення, необхідно розуміти обробку сигналу в реальній системі формування зображень, спрямованої на отримання зображень, які відповідають ідеальній системі їх формування.

Необхідно враховувати, що під ідеальною системою формування зображень слід розуміти систему, наявність якої між об'єктом спостереження і собою спостерігач згоден не бачили, тобто це система, яка створює зображення, еквівалентну об'єкту для спостерігача.

Таким чином, корекція систем, які формують зображення це корекція показників систем, тобто приведення їх до необхідних, іншими словами створення доступної для візуального сприйняття інформації, яка безпосередньо не може бути сприйнята зором людини (рис. 2).

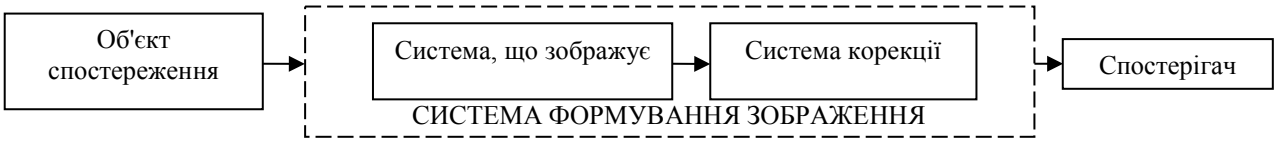


Рис. 2. Місце системи корекції в загальній системі формування зображення

У загальному випадку процес функціонування системи зображення (рис. 3), представленої узагальненої схемою на рис. 2, можна описати операційним рівнянням виду:

$$Y = F(X), \tag{1}$$

де оператор F характеризує процес обробки спостереження в загальній системі формування зображення; вектор Y - результат обробки вхідного зображення, об'єднаного в вектор X за певний інтервал спостереження.

Рис. 3. Узагальнений процес функціонування системи, що зображує

У цьому випадку завдання корекції зображення БАС, яке спостерігається Y зводиться до управління оператором $F(X)$, з метою формування такого оператора корекції $G(Y)$, щоб в результаті його використання формувалося зображення, найбільш близьке до ідеального зображення в сенсі деякого заданого критерію вірності відтворення:

$$\hat{X} = G[F(X)]. \tag{2}$$

У такій постановці завдання корекції зображення БАС є завдання відновлення або реставрації зображення. Структурна схема процесу відновлення зображення показана на рис. 4.

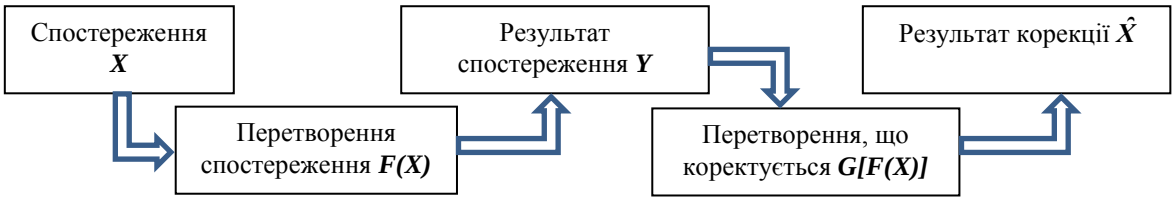


Рис. 4. Узагальнений процес відновлення або реставрації зображення

Під реставрацією зображення в БАС слід розуміти процедуру відновлення або оцінювання елементів зображення з метою корекції спотворень і найкращої апроксимації ідеального неспотвореного зображення.

В узагальненому вигляді завдання реставрації зображень повинна розглядатися з урахуванням внутрішнього шуму самої системи обробки зображень в умовах випадкових збурень оператора формування спостережуваних зображень (так, як поняття «випадкові обурення» набагато ширше в порівнянні з поняттям «внутрішній шум», до якого зазвичай зводяться «випадкові обурення»).

До основних проблем стійкості рішень інформаційних завдань в БАС можна віднести: чутливість системи з інверсним оператором реставрації (обробки) зображень випадкових збурень коефіцієнтів оператора реставрації і внутрішніх шумів системи.

Реальне опис процесу реставрації зображення передбачає вирішення завдання відновлення зображення в цілому, коли в операторі реставрації присутні випадковим збуренням.

Постановка завдання реставрації дискретно спостережуваного зображення в системах технічного зору безпілотних автомобілів передбачає наявність апріорної інформації про всі складові компоненти процесу інверсної реставрації:

1) інформацію про вхідний зображенні;

2) характеристику передавальної функції зображує системи;

3) спостережуване зображення.

Одним із шляхів вирішення завдання є можливість формування оцінки невідомого апріорі оператора деформації.

Формування оцінної матриці оператора деформації відноситься до класу задач ідентифікації систем, коли в нашому розпорядженні є вхідний X і виходить Y сигнали, а передавальна функція системи невідома.

Рівень деформації зображення, яке спостерігається на виході системи формування дискретних зображень, може бути різним, залежно від передавальної характеристики системи: форми оператора деформації і його параметрів.

Проблема стійкості рішень інформаційних завдань в системах технічного зору безпілотних автомобілів зводиться до проблеми формування оцінки оператора деформації (викривлення) системи формування зображень з урахуванням розмірності вхідного інформаційного масиву і випадкових збурень, а також шумів системи.

Висновки. Реставрація зображень зворотним методом для безпілотних автомобільних систем зводиться до отримання регулярно-стійкого рішення в умовах апріорно невизначеною або неточно виміряної інформації щодо вихідних параметрів.

1. Скачков В.В. Анализ эффективности адаптивной обработки сигналов в условиях дестабилизирующих воздействий / В.В. Скачков // Радиотехника. − 1998. − №11. − С. 17−23.

2. Скачков В.В. Влияние случайных возмущений на качество пространственной реставрации дискретных изображений алгебраическим методом / В.В. Скачков, В.В. Клименко, Е.К. Мыйнов // Сборник научных трудов «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». Часть 2. − Харьков: АН ПРЭ, ХНУРЭ, 2002. − С. 150-153.

3. Клименко В.В. Методика аналитической оценки чувствительности инверсной системы восстановления информации к случайным возмущениям / В.В. Клименко, В.В. Скачков // Збірник наук. праць СВМІ. − Севастополь: Вид. СВМІ ім. П.С. Нахімова. − 2005. − №2. − С. 103-108.

4. Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010. Под ред. Р. Р. Назирова. − М. : КДУ, 2011.— Вып. 4. − 328 с.

5. Скачков В.В. Проблема повышения качества измерения информативных параметров радиосигналов в условиях аддитивных шумов / В.В. Скачков, В.И. Павлович // тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Метрологія, технічне регулювання та забезпечення якості». − 2015. − 96-99 С.

6. Василенко Г.Н. Восстановление зображений / Г.Н. Василенко, А.М. Тараторив. − М.: Радио и связь, 1986. − 304 с.

7. Уэбб С. Физика визуализации изображения в медицине / С. Уэбб − М.: Мир, 1991. − 282 с.

© Сахно В.П., Кузнєцов Р.М., Стельмащук В.В., Козачук Л.С. 2015

REFERENCES

1. Skachkov, V. (1998). Analiz effektivnosti adaptivnoy obrabotki signalov v usloviyah destabiliziruyuschih vozdeystviy [Analysis of the efficiency of adaptive signal processing in conditions of destabilizing effects]. *Radiotehnika - Radio engineering,* 11, 17−23 [in Russian].

2. Skachkov, V. $ Klimenko, V. $ Myiynov, E. (2002). Vliyanie sluchaynyih vozmuscheniy na kachestvo prostranstvennoy restavratsii diskretnyih izobrazheniy algebraicheskim metodom [The influence of random perturbations on the quality of spatial restoration of discrete images by the algebraic method]. *Sbornik nauchnyih trudov «Prikladnaya radioelektronika. Sostoyanie i perspektivyi razvitiya» - Collection of scientific works "Applied radioelectronics. Status and Prospects of Development",* Harkov: AN PRE, HNURE, 150-153 [in Russian].

3. Klimenko, V. $ Skachkov, V. (2005). Metodika analiticheskoy otsenki chuvstvitelnosti inversnoy sistemyi vosstanovleniya informatsii k sluchaynyim vozmuscheniyam [Method of analytical assessment of the sensitivity of the inverse system of information recovery to random disturbances]. *ZbIrnik nauk. prats SVMI - Collection of scientific papers SVMI,* 2, 103-108 [in Russian].

4. Nazirov, R. (2011). *Tehnicheskoe zrenie v sistemah upravleniya mobilnyimi ob'ektami-2010 [Technical vision mobile object management systems-2010].* M. : KDU [in Russian].

5. Skachkov, V. $ Pavlovich, V. (2015). Problema povyisheniya kachestva izmereniya informativnyih parametrov radiosignalov v usloviyah additivnyih shumov [The problem of improving the quality of measuring informative parameters of radio signals under conditions of additive noise]. *V MIzhnarodnoYi naukovo-praktichnoYi konferentsIYi «MetrologIya, tehnIchne regulyuvannya ta zabezpechennya yakostI» - V International Scientific and Practical Conference "Metrology, Technical Regulation and Quality Assurance".* (pp. 96-99) [in Russian].

6. Vasilenko, G. $ Taratoriv, A. (1986). *Vosstanovlenie zobrazheniy [Restoring images].* − M.: Radio i svyaz [in Russian].

7. Uebb, S. (1991). *Fizika vizualizatsii izobrazheniya v meditsine [Physics of imaging in medicine].* M.: Mir [in Russian].

Клименко В.В., Поляков В.М., Сакно О.П., Колесникова Т.Н. **Решение информационных задач в системах технического зрения беспилотных автомобилей.**

Проведён анализ концепций и технологий развития и функционирования беспилотных автомобильных систем. Особое внимание уделено методу обработки дискретной информации в технических системах зрения беспилотных автомобильных систем и определены основные технические трудности внедрения зрительного информационного канала в контуры систем управления автомобилем.

Ключевые слова: система технического зрения, беспилотная автомобильная система (БАС), аналитическая модель, реставрация дискретных изображений.

V. Klimenko, V. Polyakov, O. Sakno, T. Kolesnikova. **Problem solving of information in the vision system of unmanned vehicles.**

The analysis of concepts and technologies of development and functioning of unmanned automotive systems is carried out. Processing method of discrete information in the vision system of unmanned automotive systems had a good look. The main technical difficulties of introducing the visual information channel into the contours of control systems of vehicles.

Keywords: vision system, unmanned automobile system, analytical model, restoration of discrete images.

АВТОРИ:

КЛИМЕНКО Віктор Володимирович, кандидат технічних наук, с.н.с., доцент кафедри «Автомобільна техніка», Військова академія (м. Одеса), e-mail: klimenko120@ukr.net

ПОЛЯКОВ Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

САКНО Ольга Петрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація та ремонт машин», ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», e-mail: sakno-olga@ukr.net

КОЛЕСНІКОВА Тетяна Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатація та ремонт машин», ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», e-mail: tnk1403@ukr.net

АВТОРЫ:

КЛИМЕНКО Виктор Владимирович, кандидат технических наук, с.н.с., доцент кафедры «Автомобильная техника», Военная академия (г. Одесса), e-mail: klimenko120@ukr.net

ПОЛЯКОВ Виктор Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

САКНО Ольга Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ДВНЗ «Приднепровская государственная академия

строительства и архитектуры», e-mail: sakno-olga@ukr.net

КОЛЕСНИКОВА Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», ДВНЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», e-mail: tnk1403@ukr.net

AUTHORS:

Victor KLIMENKO, PhD. in Engineering, senior staff scientist, Assoc. Professor of Automotive Engineering Department, Military Academy (Odessa), e-mail: klimenko120@ukr.net

Viktor POLIAKOV, PhD, Professor of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

Olha SAKNO, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Operation and Maintenance of Machines Department, Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: sakno-olga@ukr.net

Tatiana KOLESNIKOVA, PhD, Associate professor of Operation and Maintenance of Machines Department, Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, e-mail: tnk1403@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 27.03.2018р.

© Коробко А. І., Лебедєв С. А., Подригало М. А., Шеїн В. С. 2018

УДК 629.3.0
UDC 629.3.0

Коробко[1] А. І., Лебедєв[1] С. А., Подригало[2] М. А., Шеїн[2] В. С.
[1]Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого
[2]Харківський національний автомобільно-дорожній університет

СТЕНД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КУТА ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МАШИНИ МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНОГО ЗВАЖУВАННЯ

Розглянуто методи і конструкції стендів для вимірювання кута поперечної стійкості машин. Запропоновано конструкцію випробувального стенду. Обґрунтовано вимоги до його основних параметрів і характеристик. Обґрунтовано механізм формування результату вимірювання, в тому числі і похибки (невизначеності) вимірювання. Показано результати вимірювання на прикладі реальної мобільної машини Компактність і простота конструкції стенду дозволяють використовувати його як в наукових, так і в навчальних цілях.

Ключові слова: кут поперечної стійкості, випробувальний стенд, послідовне зважування, зважування за бортами, випробування.

Постановка проблеми. При створенні складних об'єктів, якими є об'єкти сільськогосподарського машинобудування важливе місце займають процеси випробування і контролю, метою яких є підтвердження здатності об'єктів контролю виконувати задані функції в повному обсязі з заданими в нормативній документації показниками якості. В цих умовах неухильно зростають вимоги до якості випробувальних стендів і комплексів. Також підвищуються вимоги до способів оцінювання якості випробувальних стендів, так як від цього залежить достовірність результатів випробувань і прийняття відповідних рішень щодо придатності виробів.

В той же час, по мірі підвищення вимог до характеристик продукції сільськогосподарського машинобудування і пов'язаного з цим її технічного ускладнення, роль випробувань в процесі виготовлення, а також експлуатації, об'єктів стає все більш значною. За допомогою випробувань вирішується приблизно до 40 % усіх проблем, що виникають в ході конструювання і експлуатації. При цьому, велика вартість випробувань і їх тривалість стають визначаючими в загальних затратах і термінах їх проведення.

Вимірювання показників поперечної статичної стійкості транспортно-тягових і причіпних сільськогосподарських машин регламентовано Технічним регламентом [1]. Оціночним показником поперечної статичної стійкості машини є кут поперечної статичної стійкості, методи визначення якого регламентовано ГОСТ 12.2.002 [2]. Проте, відповідно до національної політики у сфері стандартизації, нормативний документ [2] був відмінений з 01.01.2018 р. без заміни [3]. Існують три основних методи вимірювання кута поперечної статичної стійкості: інструментальний, математичного моделювання і дослідно-аналітичний.

Випробування на платформенному стенді дають найбільш достовірні результати, оскільки проводяться в реальних умовах [4]. Недоліком такого стенду є те, що можливі випадки, коли габаритні розміри машини перевищують розміри робочої площини стенду; значні енергетичні, матеріальні і трудові затрати на придбання і монтаж стенду, установку і закріплення машини, безпосереднє проведення випробувань; випробування на стенді належать до категорії робіт з підвищеною небезпекою. Крім цього, недоліком таких випробувань є те, що необхідно утримувати дороговартісне випробувальне устаткування і машину, що випробовується, необхідно доправляти до місця розташування стенду. А в нинішніх умовах випробувальні лабораторії декларують випробування на місці розташування замовника (поза межами випробувальної лабораторії).

Метод математичного моделювання не завжди може дати достовірний результат, оскільки неможливо врахувати усі параметри при створенні моделі. Дослідно-аналітичні методи найбільш прийнятні в сучасних умовах. В роботах [5, 6] проведено детальний аналіз існуючих методів визначення показників поперечної статичної стійкості сільськогосподарських тягово-транспортних машин. Указано їх преваги і недоліки. Акцентовано увагу на тому, що дослідно-аналітичні методи вимірювання кута поперечної стійкості забезпечують необхідну точність проведення вимірювання. Проте в указаних роботах не наведено інформації щодо числових значень показників точності вимірювань досліджуваного параметру.

Авторами в роботі [7] запропоновано дослідно-аналітичний метод визначення кута поперечної стійкості і запропоновано конструкцію мобільного стенду для його визначення. Проте, на нашу думку, такий стенд теж має недоліки. А саме те, що для його роботи необхідно мати окрему тягово-транспортну машину (в даному випадку трактор ЮМЗ-6) і причіп, на якому він розміщується в транспортному положенні. Математична модель об'єкту випробувань розглядається у виді кубу рівної густини, координати центру мас якого відомі. Недоліком такого стенду є те, що при вимірюванні кута поперечної стійкості машини необхідно проводити розрахунки координат положення центру мас машини, наслідком чого є збільшення похибки непрямих вимірювань кута поперечної стійкості. Точність результатів залежить від того, наскільки точно відносно подовжньої координати центру мас випробовуваної машини було закріплено підйомне обладнання стенду.

Автором в роботі [8] запропоновано експериментально-аналітичний метод вимірювання кута поперечної стійкості машини. Суть методу заключається у послідовному зважуванні машини у горизонтальному і нахиленому на один борт положенні. Потім за спеціальною авторською методикою і з використанням спеціальної таблиці визначається кут поперечної стійкості машини. Але в роботі [8] немає роз'яснення щодо інструментального забезпечення запропонованого способу випробувань, характеристик похибок і невизначеності вимірювання.

У зв'язку з цим метою роботи є удосконалення методу послідовного зважування при визначенні кута поперечної стійкості машини шляхом обґрунтування вимог до конструкції стенду і оцінка його метрологічних характеристик.

Результати досліджень. Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин методом послідовного зважування в своїй конструкції повинен містити чотири майданчики для зважування машин окремо за бортами і колесами, направляючі з різною висотою, один вимірювач кута нахилу машини у поперечній площині, а вимірювання кута поперечної стійкості машини і зменшення похибки його вимірювання повинно здійснюватись за методом послідовного зважування.

На рис. 1 показано (схематично) загальний вид конструкції стенду для випробувань з визначення кута поперечної стійкості машин, що рухаються, методом послідовного зважування, що містить чотири майданчики 1, 2, 3, 4 на кожному з яких розміщено контактну поверхню з платформенними вагами, вимірювач кута поперечного нахилу машини 5 (наприклад акселерометр), блок керування стендом 6 із засобами обробки і візуалізації інформації, вертикальний виступ 7 з можливістю в'їзду на нього і з'їзду з нього, направляючі стенду 8, 9 з обмежувальними бортиками безпеки якими рухається машина. Платформенні ваги, що розташовані на майданчиках 1, 2, 3, 4, і вимірювач кута поперечного нахилу машини 5 з'єднані із блоком керування стендом 6 вимірювальними каналами. Стрілка указує напрямок руху машини при випробуванні. Лінія А-А − початкова позиція машини при випробуванні. Лінія Б-Б − положення машини після випробувань. В – відстань між центрами направляючих стенду 8 і 9; В1 і В2 – ширина направляючих стенду 8 і 9, відповідно; L1 – довжина ділянки стенду для зважування машини у горизонтальному положенні; L2 – довжина ділянки стенду для зважування машини у нахиленому положенні.

На рис. 2 показано алгоритм вимірювання кута поперечної стійкості машини. α_1 − кут нахилу машини в початковий момент; m_{11} – маса машини, що припадає на переднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 1; m_{21} – маса машини, що припадає на переднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 2; m_{12} – маса машини, що припадає на заднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 1; m_{22} – маса машини, що припадає на заднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 2; α_2 − кут нахилу машини при її в'їзді колесами одного борту на вертикальний виступ 7; m_{31} – маса машини, що припадає на переднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 3; m_{41} – маса машини, що припадає на переднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 4; m_{32} – маса машини, що припадає на заднє колесо правого борту, виміряна на майданчику 3; m_{42} – маса машини, що припадає на заднє колесо лівого борту, виміряна на майданчику 4; $m_{1\alpha}$ – маса правого борту машини виміряна у нахиленому положенні; m2α – маса лівого борту машини виміряна у нахиленому положенні; α_{cc} − кут поперечної стійкості машини; $U\alpha_{cc}$ − невизначеність вимірювання кута поперечної стійкості машини; $\Delta\alpha_{cc}$ − похибка вимірювання кута поперечної стійкості машини. Сектори позначені неперервними лініями – прямі вимірювання. Сектори позначені штриховими лініями – непрямі вимірювання.

Стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машини, що рухаються, методом послідовного зважування працює наступним чином.

Машина, що випробовується встановлюється на направляючі 8 і 9 передніми колесами біля лінії А-А. На машину встановлюється вимірювач кута поперечного нахилу машини 5. Вмикається стенд. Вибирається тип машини: без підвіски, балансирна підвіска, із шарнірно-складеною рамою,

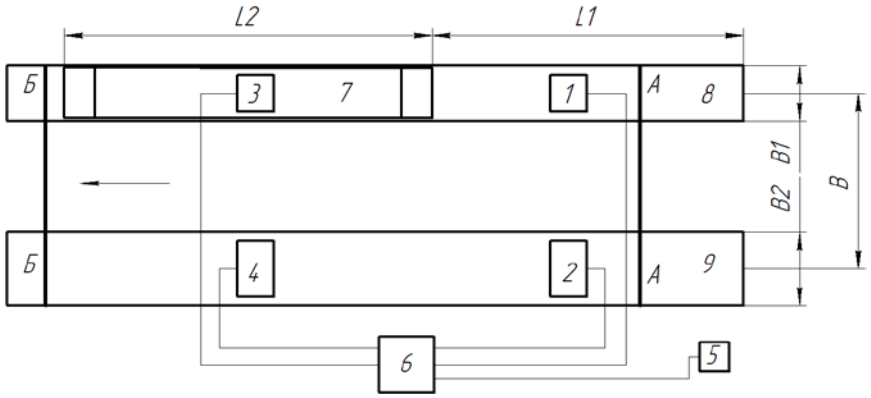


Рис. 1. Загальний вид конструкції стенду (схематично)

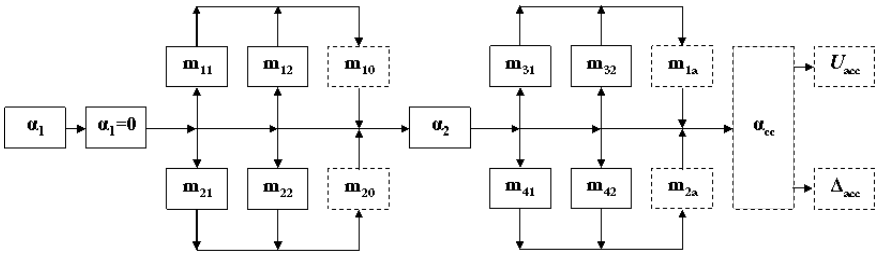


Рис. 2. Схема формування результату і похибки вимірювання

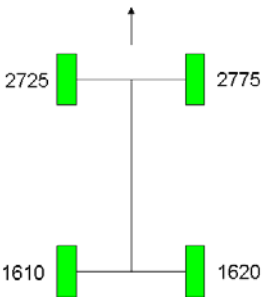
автомобіль, машина з однією віссю, тощо. Вимірюється кут α_1. Калібрується вимірювач кута поперечного нахилу 5 (α_1=0). Машина починає рух. В момент наїзду машини колесами передньої вісі на майданчики 1 і 2, вимірювальна система фіксує результат зважування передньої вісі окремо по бортах m_{11} і m_{21}, відповідно. Машина продовжує рух. В момент наїзду машини колесами задньої вісі на майданчики 1 і 2, вимірювальна система фіксує результат зважування задньої вісі окремо по бортах m_{12} і m_{22}. Вимірювальна система розраховує масу бортів машини m_{10} і m_{20}. Машина продовжує рух і колесами одного борту виїжджає на вертикальний виступ 7. Вимірювальна система фіксує результат вимірювання кута нахилу машини в поперечній площині α_2 вимірювачем кута поперечного нахилу 5. В момент наїзду машини колесами передньої вісі на майданчики 3 і 4 вимірювальна система фіксує результат зважування передньої вісі окремо за бортами m_{31} і m_{41}, відповідно. Машина продовжує рух. В момент наїзду машини колесами задньої вісі на майданчики 3 і 4 вимірювальна система фіксує результат зважування задньої вісі окремо за бортами m32 і m42 відповідно. Машина продовжує рух до лінії Б-Б. Вимірювальна система розраховує масу бортів машини у нахиленому положенні $m_{1\alpha}$ і $m_{2\alpha}$, граничне значення кута поперечної стійкості машини α_{cc} за авторською методикою, проводиться оцінювання стабільності результатів вимірювання та розраховується невизначеність $U\alpha_{cc}$ і похибка $\Delta\alpha_{cc}$ вимірювання кута поперечної стійкості машини. З машини знімається вимірювач кута поперечного нахилу 5. Друкується звіт за результатами випробувань. Вимикається стенд.

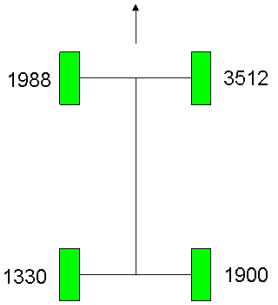
Розміри стенду B, B1, B2 вибираються в залежності від ширини колії і ширини коліс номенклатури машин, що випробовуються. Розміри L1 і L2 вибираються в залежності від довжини колісної бази номенклатури машин, що випробовуються. Висота вертикального виступу 7 вибирається в межах 15-30 см і залежить від ширини колії номенклатури машин, що випробовуються.

Контроль стабільності результатів вимірювання проводиться за авторською методикою шляхом порівняння результатів вимірювання кута поперечної стійкості машини отриманих за різними модельними рівняннями вимірювання.

В якості прикладу наведемо результати вимірювання кута поперечної стійкості трактора ХТА-220 (рис. 3 а). За Технічним описом і інструкцією з експлуатації АИ.220.00.000 ТО трактора ХТА-220-2 кут поперечної статичної стійкості становить 40°.

Результати випробувань наведено в табл. 1 і на рис 3 б, в.





а) б) горизонтальне положення в) нахилене положення α=9,7°

Рис. 3. Загальний вид (а) і результати послідовного зважування трактора ХТА-220

Таблиця 2

Результати вимірювання кута поперечної статичної стійкості, градус ± похибка

1	При заблокованому шарнірі рами	40,0	±1,5
2	Передньої напіврами	35	±1,5
3	Задньої напіврами	55	±1,5
Кут поперечної статичної стійкості		35	±1,5

Висновки. Запропонований стенд для вимірювання кута поперечної стійкості машин підвищує безпеку випробувань за рахунок відсутності необхідності підйому машини на критичний кут, утримування машини у піднятому положенні, забезпечує оперативність проведення випробовувань за рахунок скорочення трудоємності виконання робіт з випробувань, забезпечує підвищення точності вимірювання кута поперечної стійкості машини за рахунок відсутності необхідності розрахунку координати положення центру мас машини, забезпечує контроль стабільності результатів вимірювань за рахунок їх порівняння отриманих за різними модельними рівняннями вимірювання. Технічний результат досягається за рахунок використання у конструкції стенду майданчиків з платформенними вагами, одного вимірювача кута поперечного нахилу і вертикального виступу, що забезпечують послідовне вимірювання маси бортів машини у горизонтальному і нахиленому положенні і відсутність необхідності у визначенні координати центру мас машини. Значення кута поперечної стійкості трактора ХТА-220, виміряне методом послідовного зважування за незаблокованого шарніра рами дещо менше значення встановленого в технічній характеристиці, проте не нижче мінімально-допустимого значення для тракторів цієї серії.

1. Технічний регламент щодо складових частин і характеристик колісних сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів. − Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 р. № 1368. Режим доступу [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1368-2011-п].

2. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.2.019-86. — [Дата введения 01.07.87]. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. — 18 с. — (Межгосударственный стандарт).

3. Застосування стандартів, у тому числі в зв'язку зі скасуванням у 2015 році міждержавних стандартів (ГОСТ) / Департамент Технічного регулювання Мінекономрозвитку і торгівлі України // Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал. − 2016. − № 2 (99). − С. 3-6.

4. А. с. СССР 750316 Стенд для определения поперечной устойчивости транспортного средства / Н. И. Аксенов, В. М. Битюцкий, К. М. Герасимов, В. С. Жарков, Э. С. Каыкин, В. М. Соболев, Ю. Г. Светланов, В. Е.Сабанаев и С. Л. Чекалов. Опубликовано 23.07.80. Бюллетень № 27

5. Таркиевский В. Е. Стенд для определения угла поперечной статической устойчивости агрегата // В. Е. Таркиевский, Н. А. Лапшин // Техника и оборудование для села : информационный и научно-производственный журнал. − 2011. − № 11 (173). −С. 26-27.

6. Лапшин Н. А. Обзор методов и средств определения поперечной статической устойчивости / Лапшин Н. А., Дьяченко Р. А. // II Международная научно-практическая конференция молодых ученых посвященная 51-й годовщине полета Ю. А. Гагарина в космос филиала Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. Профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», 12 апреля 2012 г. : сборник научных статей. − Краснодар, 2012. − С. 236-240.

7. Таркивский В. Е. Конструкция мобильного стенда для определения угла поперечной статической устойчивости агрегатов / Таркивский В. Е., Лапшин Н. А. // Техника и оборудование для села. − 2012. − № 5. − С. 22-23.

8. Коробко А. Удосконалення методу вимірювання кута поперечної стійкості машин / А. Коробко // Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал. − Х. : ВКФ «Фавор-ЛТД». − 2017. − № 4 (66). − С. 32-35

REFERENCES

*1. Texnichny`j reglament shhodo skladovy`x chasty`n i xaraktery`sty`k kolisny`x sil's`kogospodars`ky`x ta lisogospodars`ky`x traktoriv [Technical regulations concerning components and characteristics of wheeled agricultural and forestry tractors].* – Zatverdzheno Postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrayiny` vid 28 grudnya 2011 r. # 1368. Rezhy`m dostupu [http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1368-2011-p] [in Ukrainian].

2. Sistema standartov bezopasnosti truda. Traktory i mashiny samohodnye sel'skohozjajstvennye. Obshhie trebovanija bezopasnosti [Occupational safety standards system. Tractors and agricultural machinery. General safety requirements]: GOST 12.2.019-86. — [Data vvedenija 01.07.87]. — M. : IPK Izdatel'stvo standartov, 2003. — 18 s. — (Mezhgosudarstvennyj standart) [in Russian].

3. Departament Tehnichnogo reguljuvannja Minekonomrozvitku i torgivli Ukraïni. (2016). Zastosuvannja standartiv, u tomu chisli v zv'jazku zi skasuvannjam u 2015 roci mizhderzhavnih standartiv (GOST) [Application of standards, including in connection with the abolition of intergovernmental standards (GOST)]. *Standartizacija, sertifikacija, jakist'. Naukovo-tehnichnij zhurnal, 2(99), 3-6* [in Ukrainian].

4. Aksenov, N. I., Bitjuckij, V. M., Gerasimov, K. M., Zharkov, V. S., Kaykin, Je. S., Sobolev, V. M.,

Svetlanov, Ju. G., Sabanaev, V. E., & Chekalov, S. L. (1980). *A. s. USSR 750316 Stend dlja opredelenija poperechnoj ustojchivosti transportnogo sredstva [A bench for determining the lateral stability of a vehicle]*, 23.07.80, 27 [in Russian].

5. Tarkievskij, V. E., & Lapshin, N. A. (2011). Stend dlja opredelenija ugla poperechnoj staticheskoj ustojchivosti agregata [Stand for determination of the angle of the transverse static stability of the aggregate], *Tehnika i oborudovanie dlja sela : informacionnyj i nauchno-proizvodstvennyj zhurnal*, 11(173). 26-27 [in Russian].

6. Lapshin, N. A., & D'jachenko, R. A. (2012) Obzor metodov i sredstv opredelenija poperechnoj staticheskoj ustojchivosti [Review of methods and tools for determining transverse static stability], *II Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija molodyh uchenyh posvjashhennaja 51-j godovshhine poleta Ju. A. Gagarina v kosmos filiala Voennogo uchebno-nauchnogo centra Voenno-vozdushnyh sil «Voenno-vozdushnaja akademija im. Professora N. E. Zhukovskogo i Ju. A. Gagarina», 12 aprelja 2012 g. : sbornik nauchnyh statej*, Krasnodar, 236-240 [in Russian].

7. Tarkivskij, V. E., & Lapshin, N. A. (2012). Konstrukcija mobil'nogo stenda dlja opredelenija ugla poperechnoj staticheskoj ustojchivosti agregatov [Construction of a mobile stand for determining the angle of transverse static stability of aggregates], *Tehnika i oborudovanie dlja sela*, 5, 22-23 [in Russian].

8. Korobko, A. (2017). Udoskonalennya metodu vy`miryuvannya kuta poperechnoyi stijkosti mashy`n [Measuring angle of lateral stability of the machine: improvement of method], *Metrologiya ta pry`lady`. Naukovo-vy`robny`chy`j zhurnal*, 4(66), 32-35 [in Ukrainian].

Коробко А. И., Лебедев С. А., Подригало М. А., Шеин В. С. **Стенд для измерения угла поперечной устойчивости машин методом последовательного взвешивания.**

Рассмотрены методы и конструкции стендов для измерения угла поперечной устойчивости машин. Предложена конструкция испытательного стенда. Обоснованы требования к его основных параметров и характеристик. Обоснован механизм формирования результата измерения, в том числе и погрешности (неопределенности) измерения. Показаны результаты измерения на примере реальной мобильной машины. Компактность и простота конструкции стенда позволяют использовать его как в научных, так и в учебных целях.

Ключевые слова: угол поперечной устойчивости, испытательный стенд, последовательное взвешивание, взвешивание по бортами, испытания.

A. Korobko, S. Lebedev, M. Podrigalo, V. Shein **Stand for measuring the angle of lateral stability machines by successive weighing.**

The methods and designs of stands for measuring the transverse stability of machines are considered. The design of the test bench is proposed. The requirements to its main parameters and characteristics are justified. The mechanism of the formation of the measurement result, including the measurement uncertainty (uncertainty), is justified. The measurement results are shown using the example of a real mobile machine. Compact and simple design of the stand allows its use in both scientific and educational purposes.

Keywords: Angle of lateral stability, Test stand, Consecutive weighing, Weighing on sides, Tests.

АВТОРИ:

КОРОБКО Андрій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник, *Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподврського виробництва імені Леоніда Погорілого*, e-mail: ak82andrey@gmail.com

ЛЕБЕДЄВ Сергій Анатолійович, кандидат технічних наук, директор, *Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподврського виробництва імені Леоніда Погорілого*, e-mail: hfukrndipvt@gmail.com

ПОДРИГАЛО Михайло Абович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Технології машинобудуванні і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: pmikhab@gmail.com

ШЕЇН Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри кафедри Технології машинобудуванні і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: ak82andrey@gmail.com

АВТОРЫ:

КОРОБКО Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Харьковская филия Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого, e-mail: ak82andrey@gmail.com

ЛЕБЕДЕВ Сергей Анатолиевич, кандидат технических наук, директор, Харьковская филия Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и

испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого, e-mail: hfukrndipvt@gmail.com

ПОДРИГАЛО Михаил Абович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: pmikhab@gmail.com

ШЕИН Виталий Сергеевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры Технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: ak82andrey@gmail.com

AUTHORS:

Andriy KOROBKO, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, leading researcher, "Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production" Kharkiv branch, e-mail: ak82andrey@gmail.com

Sergey LEBEDEV, PhD. in Engineering, director, "Leonid Pogorilyy Ukrainian Scientific Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production" Kharkiv branch, e-mail: hfukrndipvt@gmail.com

Mikhail PODRIGALO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Engineering Techniques and Machine Repairs Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: pmikhab@gmail.com

Vitaliy SHEIN, PhD. in Engineering, Senior Lecturer of Engineering Techniques and Machine Repairs Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: ak82andrey@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 6.03.2018 р.

© Мармут І.А. 2018

УДК 629.113.004
UDC 629.113.004

Мармут І.А.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СТЕНДОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ

У статті розглянуто питання моделювання умов для отримання діагностичної інформації щодо складних об'єктів. Як приклад розглянута перевірка гальмівної системи легкового автомобіля на роликовому стенді, розроблена математична модель процесу гальмування. Розроблено моделі з розрахунку нормативів діагностичних параметрів для стендових випробувань гальмівних систем з урахуванням конструктивних особливостей діагностичного стенда і конкретної моделі автомобіля.

Ключові слова: технічна діагностика, стенд, гальмівні параметри, нормативи.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Технічна діагностика є складовою частиною технічної кібернетики – науки про загальні закономірності, принципи і методам обробки інформації та управління складними системами. Діагностика розглядає будь-який об'єкт як потенційне джерело несправностей (відмов), які повинні бути виявлені і локалізовані. Основним результатом процесу діагностування є інформація про характер і місці несправності.

У кібернетиці розглядаються машини і механізми не з точки зору їх конструкції, а з точки зору об'єктів управління і послідовності впливу друг на друга певних фізичних параметрів. Кібернетика інтерпретує роботу об'єкта (системи) з інформаційної точки зору, глибоко не вникаючи в суть реальних фізичних явищ, вона розглядає тільки інформацію, переноситься вхідними та вихідними сигналами, і встановлює залежність вихідної величини від вхідних.

Матеріал досліджень зв‘язаний з науковим напрямком кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ХНАДУ, бюджетній тематиці науково-дослідних робіт кафедри, які спрямовані на розробку та удосконалення методів і засобів технічного обслуговування та діагностування сучасних автомобілів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теперішній час розроблені різні засоби діагностування, які застосовується в багатьох галузях промисловості і транспорту [1-5]. Особливу увагу приділено використанню автоматизованих систем діагностування, обчислювальної техніки і складних електронних приладів. Їх розвиток йшов шляхом ускладнення конструкції і принципів дії (тестери, контролери, локальні та глобальні оптимізатори, модульні бортові комп'ютери).

Розвиток технічної діагностики автомобілів слід розглядати у безпосередньому зв'язку з розвитком всієї системи їх технічної експлуатації. Діюча система профілактичного обслуговування та ремонту по напрацюванню (пробігу) до окремих видів впливів не може забезпечити високої надійності і мінімальних витрат на підтримання агрегатів автомобілів в працездатному стані.

При системі обслуговування та ремонту за фактичним технічним станом впливи здійснюються при досягненні контрольованим параметром свого критичного рівня. Ця система дозволяє підвищити середнє напрацювання агрегатів без збільшення кількості відмов, вона більш економічна, але для її здійснення необхідне сучасне спеціальне контрольно-діагностичне обладнання.

Мета та постановка завдання дослідження. На сучасному етапі розвитку науки і техніки спостерігається тенденція глобальної математизації та кібернетизації знань і широке впровадження логіко-математичних і предметних моделей. Моделювання у технічній експлуатації та діагностиці автомобілів досить складна проблема.

Діагностику технічного стану багатьох агрегатів і систем автомобілів необхідно розглядати як особливий вид фізичного моделювання, що поєднує фізичні моделі з натурними приладами. В основі моделювання повинна лежати теорія подібності або аналіз розмірностей. Діагностичні стенди повинні забезпечувати моделювання фізичних процесів, що протікають у реальних дорожніх умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження.

1. Моделювання умов для отримання діагностичної інформації.

Технічна діагностика складних об'єктів являє собою систему, яка повинна мати математичне забезпечення (алгоритми і програми розпізнавання), технічне забезпечення (сукупність пристроїв отримання і обробки інформації) та інформаційне забезпечення (способи отримання діагностичної інформації, її зберігання і систематизацію). Використання для діагностики кібернетичних методів неможливе без математичного опису об'єкта. В залежності від складності об'єкта, діагностичного

методу, що застосовується і наявної вихідної інформації, математичний опис об‘єкту можна представити рівняннями динаміки систем автоматичного регулювання (управління), системами алгебраїчних рівнянь, кінцевими автоматами, логічними моделями і граф-моделями.

Стаціонарну лінійну динамічну систему можна розглядати як певний функціональний оператор (перетворювач) *A*, який характеризує динамічні властивості об'єкта і вхідний сигнал системи *x(t)* перетворюється у вихідний сигнал y(t):

$$y(t) = A \cdot x(t). \tag{1}$$

Якщо відомі сигнали *x(t)* і *y(t)*, то знаходження оператора *A* і є основним завданням діагностики динамічних систем:

$$A = y(t)/x(t). \tag{2}$$

Якщо система є багатовимірною із загальним виходом, то визначаються всі оператори *A* рівняння: $y(t) = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot x_i(t).$

Лінійний інтегральний оператор *A* з рівнянням (2) знаходиться за відомим з теорії автоматичного управління виразом:

$$y(t) = \int_{t_0}^{t} \omega(t,\xi) \cdot d\xi, \tag{3}$$

де $\omega(t,\xi)$ – імпульсна перехідна функція системи.

Обчислення функції $\omega(t,\xi)$ шляхом розв'язання рівняння (3) практично неможливо із-за того, що функції *x(t)* і *y(t)* мають випадковий характер і, як правило, не можуть бути апроксимовані простими аналітичними залежностями. Тому у формулі (3) замість випадкових сигналів *x(t)* і *y(t)* доцільно використовувати кореляційні функції вхідного і взаємну функцію вихідного і вхідного сигналів [6].

Можна використовувати взаємну кореляційну функцію [6], яка має вигляд:

$$K_{xy}(t_1,t_2) = M\{[x(t_1) - m_x(t_1)] \times [y(t_2) - m_y(t_2)]\}, \tag{4}$$

де $m_x(t), m_y(t)$ – середні значення функцій *x(t)* і *y(t)*;

M – знак математичного очікування.

Математичне очікування вихідного сигналу $m_y(t)$ пов'язане з математичним очікуванням вхідної величини $m_x(t)$ виразом, аналогічним (3):

$$m_y(t) = \int_{t_0}^{t} \omega(t,\xi) \cdot m_x(\xi) \cdot d\xi\ . \tag{5}$$

Підставивши вираз (5) у формулу (4), отримаємо:

$$K_{xy}(t_1,t_2) = M\left\{[x(t_1) - m_x(t_1)] \times \left[\int_{t_0}^{t_2} \omega(t_2,\xi)[x(\xi) - m_x(\xi)]d\xi\right]\right\}. \tag{6}$$

Тут замість $y(t_2)$ підставлено його значення.

Так як імпульсна перехідна функція $\omega(t,\xi)$ не розглядається як випадкова, а операції інтегрування і математичного очікування мають властивість переставности, то

$K_{xy}(t_1,t_2)=\int_{t_0}^{t_2}\omega(t_2,\xi)M\{[x(t_1)-m_x(t_1)]\times[x(\xi)-m_x(\xi)]\}d\xi$ або остаточно:

$$K_{xy}(t_1,t_2)=K_{yx}(t_2,t_1)=\int_{t_0}^{t_2}\omega(t_2,\xi)\cdot K_x(t_1,\xi)d\xi\,. \qquad (7)$$

Оскільки при діагностиці оцінюються фізично можливі системи, то рівняння (7) справедливо для $t_2\ge t_1\ge 0$. Рівняння (7), будучи основним рівнянням статистичної теорії оптимальних систем, є також і основним рівнянням теорії технічної діагностики.

2. Математичні моделі процесів гальмування автомобіля на інерційному роликовому стенді.

Для оцінки ефективності дії гальм у стаціонарних умовах доцільно розробляти стендові нормативи. Для цього необхідно скласти математичні моделі з визначення гальмівного шляху в дорожніх і стендових умовах.

Гальмівний шлях на дорозі:

$$S_Д=A_0\cdot V_0+\frac{A_a\cdot V_0^2}{52B\left(\frac{3}{C}+\frac{1}{D}\right)}-S_{f.Д}\,. \qquad (8)$$

Гальмівний шлях передніх і задніх коліс при випробуванні на роликовому стенді:

$$S_{C.П}=A_0\cdot V_0+\frac{A_K\cdot V_0^2\cdot C}{52B\cdot r_K}-S_{f.C.П};\quad S_{C.З}=A_0\cdot V_0+\frac{A_a\cdot V_0^2}{52B\left(\frac{B}{C}+\frac{B}{D}\right)\cdot r_K}-S_{f.C.З}\,. \qquad (9)$$

У формулах (8) і (9):

$$A_0=(t_з+t_н/2)/3{,}6;\quad A_a=\left(m_a+\frac{\sum I_K}{r_K^2}\right)\cdot r_K;\quad B=P_K\cdot\cos\alpha_З\cdot(a+c)\cdot\mu\cdot\rho_y;$$

$$C=\frac{a}{\cos\alpha_4}(\cos\delta+\mu\cdot\sin\delta)-\mu\cdot\rho_y;\quad D=\frac{a}{\cos\alpha_4}(\cos\delta-\mu\cdot\sin\delta)+\mu\cdot\rho_y;\quad A_K=I_K+\left(\sum I_Б+I_P\right)/i^2,$$

де $S_{f.Д}$, $S_{f.C.П}$ і $S_{f.C.З}$ – величини зменшення гальмівного шляху за опором коченню відповідно на дорозі і на стенді з передніми і задніми колесами;

$t_з$ і $t_н$ – відповідно час запізнювання і наростання гальмівної сили, с;

V_0 – початкова швидкість гальмування, км/год;

m_a – маса автомобіля, кг;

$\sum I_K$, I_K, $\sum I_Б$ і I_P – моменти інерції відповідно всіх коліс автомобіля, одного колеса, двох роликів і приводного електродвигуна, кг·м^2;

r_K – радіус кочення колеса, м;

P_K – привідне зусилля у гальмівній колодці, Н;

$\alpha_З$ – кут докладання приводного зусилля;

a і c – геометричні параметри гальмівного механізму, м;

μ – середній коефіцієнт тертя між гальмівною накладкою і гальмівним барабаном;

$\rho_У$ – умовний радіус тертя, м;

α_4 і δ – кути в гальмівному механізмі;

i – передавальне відношення між колесом автомобіля і роликом стенду.

3. Методики реєстрації стендових діагностичних параметрів, що вимірюються, і моделі з розрахунку їх нормативних значень.

У відповідності зі стандартом [8], при стендових випробуваннях гальмівних систем (ГС) обов'язковими є вимір гальмівних сил на окремих колесах і часу спрацьовування (τ_c). На інерційному роликовому стенді (ІРС) значення гальмівної сили визначається за усталеним сповільненням. Інші параметри стану ГС, згідно з ДСТУ, є розрахунковими (γ_τ і $K_н$). Таким чином, на ІРС необхідно з достатньою точністю вимірювати значення усталеного сповільнення (j_i^c) і часу спрацьовування (τ_c) по кожному колесу колісного транспортного засобу (КТЗ). Необхідно також знати поточне значення лінійної швидкості роликів (V) для визначення моменту натискання на гальмівну педаль (швидкість початку гальмування V_0).

На кафедрі технічної експлуатації та сервісу автомобілів ХНАДУ свого часу були створені різні конструкції інерційних роликових стендів. Як приклад – стенд для мобільної станції діагностики легкових автомобілів (ПДС-Л).

Одним з важливих елементів вимірювальної системи (ВС) є первинний датчик, від вибору якого багато в чому залежать метрологічні властивості системи, елементи обробки сигналу, можливість підключення комп‘ютера.

Первинним датчиком сигналів (швидкості) служить фотоелектричний датчик і диск із прорізами (обтюратор). Рекомендована кількість прорізів обтюратора для роликового стенду $z = 54$. Для виміру сталого стендового сповільнення j_i^c i-го колеса автомобіля вибирається стабільна ділянка гальмівної діаграми з постійним сповільненням, якої відповідає визначений діапазон швидкостей ($V_2 – V_3$).

У цьому випадку сповільнення визначається за формулою

$$j_i^c = (V_2 - V_3) / 3{,}6\Delta t_i\,, \tag{10}$$

де Δt_i – час зміни швидкості роликів стенду від V_2 до V_3, с (назвемо цей час ‘‘показником сповільнення’’ i-го колеса – $ПЗ_i$).

Аналіз великої кількості гальмівних діаграм, отриманих при масових перевірках ГС легкових автомобілів, показав, що доцільно приймати $V_2 = 27$ км/год, а $V_3 = 6$ км/год.

На стенді ПДС-Л для характеристики часу спрацьовування приводу пропонується заміряти різницю часу проходження одного прорізу обтюратора при швидкості, рівної початковій швидкості гальмування V_0, і через нормативний період часу спрацьовування (за ДСТУ 3649:2010 $\tau_c = 0{,}5$ с). Якщо гальмівна система справна, то через період часу τ_c досягається величина нормативного сповільнення $j_{iн}^c$. Умовимося оцінювати τ_c по величині ‘‘показника спрацьовування’’ ($ПС$).

Гальмівний шлях ($ТП$) кожного колеса визначається як величина, пропорційна числу імпульсів фотодатчиків, що надходять на вхід ВС з моменту початку гальмування до повної зупинки роликів стенда. ВС робить підрахунок імпульсів і видає сигнал на індикатори пульта керування.

$ПС$ характеризує стан гальмівного привода, $ПЗ$ – стан гальмівних механізмів, а $ТП$ – стан гальмівної системи в цілому. Тому для оцінки технічного стану ГС необхідно заміряти фактичні значення цих показників і порівнювати їх з нормативними значеннями (розраховуються для кожної моделі автомобіля).

Норматив показника спрацьовування ($ПС_i^н$) i-ої вісі визначається за формулою

$$ПС_i^н = \Delta S\left|1/V_{0,5}^н - 1/V_0\right|; \qquad \Delta S = \pi \cdot D_p / z\,, \tag{11}$$

де ΔS – шлях, пройдений при повороті ролика на один проріз обтюратора, м;

$V_{0,5}$ – миттєва швидкість через 0,5с після початку гальмування, м/с;

V_0 – початкова швидкість гальмування, м/с (вибирається з умови імітації теплового режиму роботи гальма).

Швидкість $V_{0,5}$ визначається за гальмівною діаграмою:

передні колеса $$V_{0,5}^{н} = V_0 - \frac{19{,}62 M_n^c \cdot f_c \cdot \tau_c^н + j_д^н \cdot M_c \cdot \beta \cdot t_н}{2(m_{ст} + 2m_к)};$$

задні колеса $$V_{0,5}^{н} = V_0 - \frac{19{,}62 M_з^c \cdot f_c \cdot \tau_c^н + j_д^н \cdot M_c(1-\beta) \cdot t_н}{2(m_{ст} + 2m_к)},$$ (12)

де $M_{n,з}^c$ – маса, що приходиться на вісь у спорядженому стані, кг;

f_c – сумарний коефіцієнт, що враховує тертя в стенді та опір коченню колеса;

M_c – споряджена маса автомобіля, кг,

β – коефіцієнт розподілу гальмівних сил;

$t_н$ – нормативний час зростання сповільнення, с.

Норматив показника сповільнення ($ПЗ_i^н$) обчислюється за формулою

$$ПЗ_i^н = (V_2 - V_3)/3{,}6\, j_{iн}^c = 5{,}833/\, j_{iн}^c;$$ (13)

передні колеса $$ПЗ_n^н = \frac{(V_2 - V_3)(m_{ст} + 2m_к)}{3{,}6\, j_д^н \cdot M_c \cdot \beta} = \frac{5{,}833(m_{ст} + 2m_к)}{j_д^н \cdot M_c \cdot \beta};$$

задні колеса $$ПЗ_з^н = \frac{(V_2 - V_3)(m_{ст} + 2m_к)}{3{,}6\, j_д^н \cdot M_c(1-\beta)} = \frac{5{,}833(m_{ст} + 2m_к)}{j_д^н \cdot M_c(1-\beta)}.$$

Гальмівний шлях ($ТП_i^н$) в імпульсах знаходиться за формулою

$$ТП_i^н = \frac{z}{\pi \cdot D_p} S_{iн}^c = \frac{z \cdot V_0}{\pi \cdot D_p}\left(\frac{A}{3{,}6} + \frac{V_0}{26\, j_{iн}^c}\right) = 72V_0\left(\frac{A}{3{,}6} + \frac{V_0}{26\, j_{iн}^c}\right);$$ (14)

передні колеса $ТП_n^н = 72V_0\left(A/3{,}6 + V_0(m_{ст} + 2m_к)/26\, j_д^н \cdot M_c \cdot \beta\right)$;

задні колеса $ТП_з^н = 72V_0\left(A/3{,}6 + V_0(m_{ст} + 2m_к)/26\, j_д^н \cdot M_c(1-\beta)\right)$.

При стендовій перевірці робочої ГС необхідно розраховувати значення загальної питомої гальмівної сили і коефіцієнта нерівномірності гальмівних сил вісі (вимоги ДСТУ 3649:2010).

Загальна питома гальмівна сила (для стенда ПДС-Л) обчислюється за формулою

$$\gamma_T = \frac{0{,}595(0{,}5m_{ст} + m_к)}{M_c} \sum_{i=1}^{4} \frac{1}{ПЗ_i}.$$ (15)

Коефіцієнт нерівномірності гальмівних сил вісі: $K_н^{n,з} = \left(1 - ПЗ_{n,з}^{min} / ПЗ_{n,з}^{max}\right) \times 100\%$.

Для більш об'єктивної оцінки загального стану робочої ГС, використовуючи заміряні параметри, можна розрахувати фактичне значення коефіцієнта розподілу гальмівних сил ($\beta_ф$). По його значенню можна судити про роботу регулятора гальмівних сил і прогнозувати поводження автомобіля при екстреному гальмуванні на дорозі:

$$\beta_ф = \frac{1}{1 + \frac{(ПЗ_{зл} + ПЗ_{зп})ПЗ_{пл} \cdot ПЗ_{пп}}{(ПЗ_{пл} + ПЗ_{пп})ПЗ_{зл} \cdot ПЗ_{зп}}}.$$ (16)

Нормативне значення $\beta_н$ для стендових випробувань розраховується для конкретних моделей автомобілів. Наприклад, для автомобілів з барабанними гальмами:

$$\beta_н = 2 / \left[3 + \frac{\frac{a}{\cos\alpha_1}(\cos\alpha_2 + \mu \cdot \sin\alpha_2) - \mu \cdot r_б \cdot \frac{\alpha_3}{2\sin(\alpha_3/2)}}{\frac{a}{\cos\alpha_1}(\cos\alpha_2 - \mu \cdot \sin\alpha_2) + \mu \cdot r_б \cdot \frac{\alpha_3}{2\sin(\alpha_3/2)}} \right], \quad (17)$$

де $a, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, r_б$ – конструктивні параметри гальмівного механізму,

μ – коефіцієнт тертя між накладкою та гальмівним барабаном.

Висновки

1. Обґрунтовано застосування для діагностування технічного стану ГС інерційним методом параметрів, що забезпечують загальну і роздільну оцінку гальмівного привода і гальмівного механізму (відповідно гальмівний шлях, показник спрацьовування і показник сповільнення). 2. Розраховані за наведеними рівняннями значення гальмівних шляхів, сповільнень та часу спрацьовування для конкретних моделей автомобілів і певної конструкції стенду можуть бути нормативними величинами для стендових випробувань гальмівних систем в технічно справному стані (при регламентованих початковій швидкості гальмування і зусиллі натискання на педаль). 3. Розроблені методики реєстрації діагностичних параметрів ГС і моделі по визначенню їхніх нормативних значень забезпечують індивідуальний підхід до діагностування технічного стану автомобілів.

1. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту: Підручник / [Волков В.П., Міщенко В.М., Кравченко О.П., Мармут І.А. та ін.]; під загальною редакцією В.П. Волкова. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 556 с.

2. Сайт ООО «Планета оборудования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://sto.oborudovanie.in.ua/ru/.

3. Сайт компании «ЕвроСТО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mbavto.com.ua/glavnaja.html.

4. Сайт компании ООО "ПО "УКРСПЕЦКОМПЛЕКТ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://usk.ua/garazh.html.

5. Роликовые стенды для проверки тормозных и тяговых свойств автомобилей (теория, расчет и конструирование): / [Говорущенко Н.Я., Волков В.П., Рабинович Э.Х., Мармут И.А., Зуев В.А.]. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2009. – 344 с.

6. Гельфандбейн Я.А. Основное интегральное уравнение диагностики динамической системы и решение его методом формирующих фильтров / Я.А. Гельфандбейн // Кибернетика и диагностика. Вып.1 – Рига: Звайгзне. – 1966. – С. 70-79.

7. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчетные методы исследований): монография / Н.Я. Говорущенко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 292 с.

8. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649:2010. – [Введ. 01.07.2011]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 28 с.

REFERENCES

1. Volkov V.P., Mishchenko V.M., Kravchenko O.P., Shasha I.K., Marmut I.A., Mishchenko A.V. et al. (2010). *Tekhnolohichne obladnannya dlya pidpryemstv avtomobilnoho transportu [Technological equipment for road transport enterprises].* Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian].

2. Sayt OOO «Planeta oborudovaniya» [The site of LLC "Planet of Equipment"]. *sto.oborudovanie.in.ua/ru/.* Retrieved from http://sto.oborudovanie.in.ua/ru/ [in Ukrainian].

3. Sayt kompanii «YevroSto» [EuroSTO website]. *mbavto.com.ua/glavnaja.html.* Retrieved from http://mbavto.com.ua/glavnaja.html. [in Ukrainian].

4. Sayt kompanii OOO "PO "UKRSPETSKOMPLEKT" [The site of the company "PO" UKRSPETSKOMPLEKT "]. usk.ua/garazh.html. Retrieved from http://usk.ua/garazh.html. [in Ukrainian].

5. Govorushchenko N.YA., Volkov V.P., Rabinovich E.KH., Marmut I.A., & Zuyev V.A. (2009). *Rolikovyye stendy dlya proverki tormoznykh i tyagovykh svoystv avtomobiley (teoriya, raschet i konstruirovaniye) [Roller stands for testing brake and traction properties of cars (theory, calculation and design)].* Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian].

6. Gelfandbeyn YA.A. (1966). Osnovnoye integralnoye uravneniye diagnostiki dinamicheskoy sistemy i resheniye yego metodom formiruyushchiy filtrov [The basic integral equation for diagnosing a dynamic system and its solution by the method of forming filters]. *Kibernetika i diagnostika – Cybernetics and Diagnostics, 1,* 70-79. Riga: Zvaigzne [in Latvia].

7. Govorushchenko N.YA. (2011). *Sistemotekhnika avtomobilnogo transporta (raschetnyye metody issledovaniy) [System engineering of motor transport (calculation methods of research)].* Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian].

8. Kolesnyye transportnyye sredstva. Trebovaniya k bezopasnosti tekhnicheskogo sostoyaniya i metody kontrolya [Wheeled vehicles. Requirements for safety of technical condition and methods of control]. (2011). *ДСТУ 3649:2010 from 01th July 2011.* Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

Мармут И.А. **Математические модели стендовой диагностики тормозных систем автомобилей.**

В статье рассмотрен вопрос моделирования условий для получения диагностической информации при диагностике сложных объектов. В качестве примера рассмотрена проверка тормозной системы легкового автомобиля на роликовом стенде, разработана математическая модель процесса торможения. Разработаны модели по расчету нормативов диагностических параметров для стендовых испытаний тормозних систем с учетом конструктивных особенностей диагностического стенда и конкретной модели автомобиля.

Ключевые слова: техническая диагностика, стенд, тормозные параметры, нормативы.

I. Marmut. **Mathematical models of stand diagnostics of brake systems of cars.**

The article considers the problem of modeling conditions for obtaining diagnostic information in the diagnosis of complex objects. As an example, the examination of the brake system of a passenger car on a roller stand is considered, a mathematical model of the braking process is developed. The models for calculating the specifications of diagnostic parameters for stand testing of braking systems are developed, taking into account the design features of the diagnostic stand and a specific model of the car.

Key words: technical diagnostics, stand, braking distance, the norm.

АВТОР:
МАРМУТ Ігор Арнольдович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: mia2005.62@ukr.net

АВТОР:
МАРМУТ Игорь Арнольдович, кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: mia2005.62@ukr.net

AUTHOR:
Ihor MARMUT, Ph. D. in Engineering, Associate Professor of Technical Operation and Service of Cars Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: mia2005.62@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 20.04.2018 р.

© Павлюк В.І., Булік Ю.В. 2018

УДК 629.01
UDC 629.01

Павлюк В.І., Булік Ю.В.
Луцький національний технічний університет

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Обгрунтовано можливість використання комбінованого способу визначення моментів інерції складових пасажирського транспортного засобу під час проектування, конструювання і моделювання експлуатаційних умов. Вказано на необхідність широкого впровадження програмного забезпечення для швидкого здійснення багатоваріантних розрахунків, підвищення точності результатів та зручності і візуалізації процесу дослідження. Встановлено, що визначені моменти інерції легкового автомобіля малого класу відносно вертикальної осі, яка проходить через центр мас автомобіля, отримані розрахунковими методами є зручними у використанні, але дають наближені результати. Загалом розрахункові методи залишаються громіздкими, що ускладнює їх застосування. Використання можливостей програмного забезпечення дозволяє значно скоротити процес розрахунків, збільшити їх точність, покращує відтворення реальних умов.

Ключові слова: легковий автомобіль, момент інерції, маса, просторове моделювання.

Постановка проблеми. Вивчення умов руху автомобіля відбувається як на стадії проектування, удосконалення конструкції так і під час його експлуатації. Поведінку автомобіля на дорозі неможливо описати без врахування його масово-інерційних параметрів та характеристик [1-5]. На інертність автомобіля впливає ступінь його завантаження і розміщення осіб, що використовують транспортний засіб, та багажу. Безумовно, суттєвим цей вплив є для легкових автомобілів невеликої маси. У математичному моделюванні руху автомобіля є потреба у визначенні моментів інерції транспортного засобу. Визначаючи їх теоретично, використовують різні залежності, які дозволяють отримати результат певною мірою наближено. Більш точним і затратним є встановлення величин експериментально у лабораторних умовах. У міру впровадження програмного забезпечення, зокрема і спеціального, вирішення значних за об'ємом робіт спрощується, а результати досліджень уточнюються. Перепоною використання спеціальних модулів є обмеження доступу ліцензійними умовами. Компромісним варіантом може бути комбіноване використання розрахункових методів і функцій 3D моделювання, що є доступними у комп'ютерних програмних комплексах. Так, наприклад, програми тривимірного моделювання, що використовуються на виробництві та у навчальному процесі, мають можливість визначення деяких основних масово-інерційних параметрів та характеристик, які слід використати у аналітичних дослідженнях. Використання такої можливості представлена на прикладі визначення моменту і радіусу інерції транспортного засобу навколо вертикальної центральної осі.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що момент інерції автомобіля під час обертального руху є мірою інертності твердого тіла відносно визначеної осі і у загальному випадку визначається як добуток маси тіла на радіус інерції цього тіла відносно заданої осі [6]. Для автомобіля цей вираз матиме такий вигляд:

$$I_j = M_{aj} \times i_j^{\,2}, \qquad (1)$$

де M_{aj} – маса автомобіля певного ступеня завантаження (M_{acn}, M_{an} – споряджена, повна маса); i_j – радіус інерції, величина що відображає віддаль від осі обертання до точки автомобіля як тіла, в якій має бути зосереджена маса усього автомобіля за умови рівності моментів інерції точки і автомобіля відносно цієї осі [6].

У літературі зустрічаються різні аналітичні вирази для визначення моментів інерції автомобіля відносно центральних осей [1-5]. Для вивчення криволінійного руху транспортного засобу, з врахуванням геометричних розмірів поздовжнього розміщення центра мас легкового автомобіля відносно колісної бази, момент інерції відносно центральної вертикальної осі *z* може бути наближено визначений за залежністю (2) [1] чи (3) [3]:

$$i_{Z1} = \sqrt{a \times b}\,, \tag{2}$$

$$i_{Z2} = \frac{L}{2}, \tag{3}$$

де a – віддаль від центральної вертикальної осі (центра мас) до передньої осі автомобіля, м;
b – віддаль від центральної вертикальної осі (центра мас) до задньої осі автомобіля, м;
$L = a + b$ – база автомобіля, м.

На основі обробки і аналізу значної кількості результатів експериментальних досліджень були встановлені емпіричні коефіцієнти, врахування яких наближає теоретично розраховане значення моменту інерції до визначеного практично (4), (5) [3]:

$$i_{Z3} = \sqrt{A_1 \times L^2}\,, \tag{4}$$

$$i_{Z4} = \sqrt{A_2 \times L \times L_a}\,, \tag{5}$$

де A_1 = 0,2116, A_2 = 0,1269 – емпіричні коефіцієнти;
L_a – габаритна довжина автомобіля, м.

Цікавими є вирази для визначення радіусів інерції проектованих автомобілів, отримані з використанням ймовірнісних методів, враховуючи закони розподілу яким підпорядковується розподіл маси автомобілів у межах габаритів транспортного засобу, бази та колії [4] та уточнені залежності з врахуванням зміщення центра елементарної маси в поперечній площині [5]. Так для випадку визначення ймовірних значень радіуса інерції відносно вертикальної осі виведені відповідні залежності (6, 7) та для визначення його середнього значення у припущенні усіченого нормального закону розподілу i_Z^2 (8)[5]:

$$i_{Z5} = \sqrt{\frac{a \times b}{2} + \frac{B^2}{12} \pm \frac{a \times b}{6}}\,; \tag{6}$$

$$i_{Z6} = \sqrt{\left(a \times b + \frac{B^2}{4} \times \frac{b}{a}\right) \times \left(\frac{1}{2} \pm \frac{1}{6}\right)}, \tag{7}$$

$$\overline{i}_{Z6} = \sqrt{\frac{b}{a} \times \left(\frac{a^2}{2} + \frac{B^2}{8}\right)}. \tag{8}$$

Метою роботи є визначення величини моментів інерції легкового автомобіля малого класу відносно центральної вертикальної осі його обертання та обґрунтування потреби використання комбінованого способу при визначенні моментів інерції автомобіля з різним завантаженням. Досягнути поставленої цілі можна врахуванням роззосередження мас водія і пасажирів, що становлять значну частку загальної маси транспортного засобу з поєднанням можливостей просторового комп'ютерного моделювання і аналітичних, розрахункових методів.

Результати досліджень. Розрахункові залежності для визначення радіуса інерції, як правило, передбачають симетричність і рівномірність розподілення маси автомобіля у межах його бази та колії, можуть бути визначені для певних умов (2 – 8). Наприклад, за прийнятими припущеннями

розподілення маси на осях автомобіля для приблизного визначення моменту інерції, залежність (3), не містить співвідношення *a/b*, а так і навіть теоретично не може відобразити ступеня завантаження автомобіля.

Для прикладу, розраховано значення радіуса інерції для автомобіля малого класу ЗАЗ-1102: M_{acn} = 727 кг; M_{an} = 1127 кг; L = 2,320 м; B = 1,310 м; a_{cn} = 0,903 м; b_{cn} = 1,417 м; a_n = 1,132 м; b_n = 1,188 м [7]. Використовуючи вище згадані залежності, отримані результати розрахунку значень радіусів інерції для повного завантаження автомобіля та наведені для порівняння у таблиці 1.

Таблиця 1 – Інерційних показників для автомобіля малого класу ЗАЗ-1102

	Розрахункова залежність та значення параметра				
i_{Zj} (M_n)	$i_{Z1}=\sqrt{a\times b}$	$i_{Z2}=\frac{L}{2}$	$i_{Z3}=\sqrt{A_1\times L^2}$	$i_{Z4}=\sqrt{A_2\times L\times L_a}$	$\overline{i}_{Z6}=\sqrt{\frac{b}{a}\times\left(\frac{a^2}{2}+\frac{B^2}{8}\right)}$
	1,16	1,16	1,07	1,04	0,94
I_{Zj}, $Н*м^2$	$I_{Zj}=M_a\times i_{Zj}^{\ 2}$				
	1515	1517	1284	1228	1011

З врахуванням додаткового вантажу $\Delta M_б$ у багажному відділенні, що знаходиться на відстані $l_б$ від центральної вертикальної осі *z* [3]:

$$I_Z = M_a \times i_Z^{\ 2} + \Delta M_б \times l_б^2 \qquad (9)$$

Автомобілі малих класів мають певну компоновку визначену габаритними обмеженнями, однак місткість значної кількості з них передбачає розташування трьох пасажирів у другому ряді сидінь та наявність багажу у багажному відділенні. Наявність в автомобілі водія і чотирьох пасажирів та багажу у відведеному відділені призводить підвищення навантаження на задню вісь майже у двічі. Виникає зацікавлення, яка частка моменту інерції автомобіля повної маси припадає на водія і пасажирів. У технічних характеристиках на автомобіль відомості про моменти інерції, як правило, не зазначаються і за відсутності 3D-моделі єдиним точним методом є проведення експериментальних досліджень [3, 5].

Маючи змогу використати модель манекена водія та пасажирів, можна провести аналіз деяких інерційних показників у системі Creo Parametric. Аналіз вимог і рекомендацій щодо конструкції та компоновки автомобіля дозволив прийняти ряд припущень. Так у дослідженнях прийняті параметри манекена 5%-го рівня репрезентативності масою 60 кг. У галузевому стандарті на методи визначення показників мас автотранспортних засобів, для легкових автомобілів зазначена маса водія чи пасажира 68 кг. Манекени 50% та 95% рівня репрезентативності мають показники, що перевищують нормативні значення параметрів водія і пасажирів за масою та габаритами тому у дослідженнях не розглядалися. Таким чином відхилення маси вибраного манекена від норми становить 11,8%.

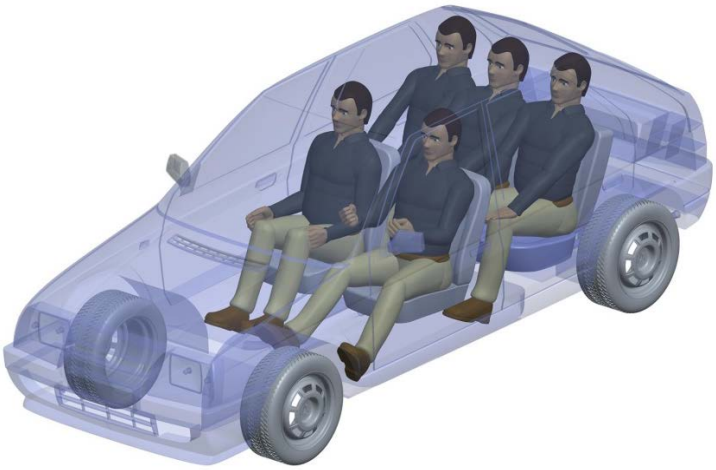


Рис. 1 – Розміщення манекенів водія і пасажирів у автомобілі малого класу з використанням просторового моделювання

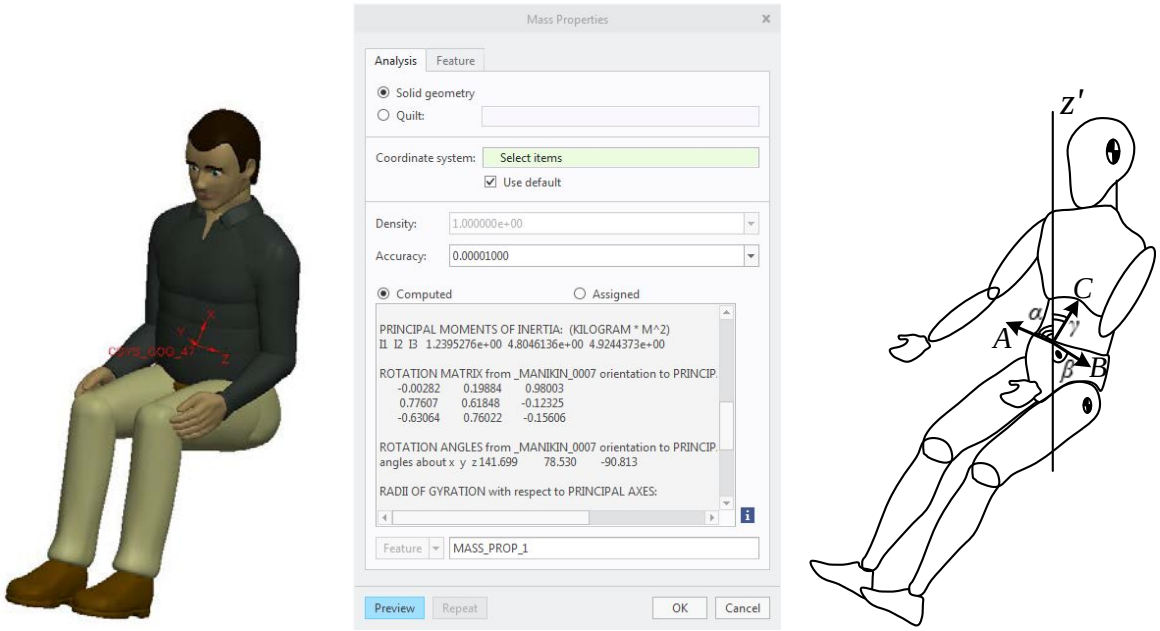


Рис. 2 – Зразок інтерфейсу програми та схема до визначення моментів інерції тіла водія (пасажира) за кутами зв'язку вісі z' з головними центральними осями та відомими моментами інерції (A, B, C)

Моменти інерції відносно головних центральних осей – *A, B, C* (рис.2) визначаються програмно. Так для водія C_1 = 1,69 кг·м^2; $A_1 \approx B_1$ = 5,89 кг·м^2; γ_1 = 53^o; α_1 = 90^o– γ_1. Оскільки вісь z' проходить через центр мас тіла манекена, а кут β=90^o, момент інерції відносно цієї осі [6]:

$$I'_{Zj(1-5)} = A_j \times cos^2 \alpha_j + C_j \times cos^2 \gamma_j . \quad (10)$$

Моменти інерції відносно вертикальної осі, що проходить через центр мас водія, становить I'_1 = 4,37 кг·м^2. Аналогічно визначаються моменти інерції для кожного з чотирьох пасажирів.

Програма дозволяє визначити моменти відносно головних центральних осей для системи водій разом з пасажирами з початком координат у точці $O_{в,п}$: $C_{в,п}$ = 88,8 кг·м^2; $A_{в.п}$ = 37,8 кг·м^2; $\gamma_{вп}$ = 12,5^o; $\alpha_{вп}$ = 180^o–90^o– $\gamma_{вп}$. Звідси розраховано момент інерції відносно вертикальної осі у точці $O_{в,п}$, який матиме значення – $I_{Zвп}$ = 86,4 кг·м^2.

За теоремою про моменти інерції твердого тіла відносно паралельних осей з врахуванням віддалей *dj* (рис. 3) можна визначити моменти інерції тіл водія і пасажирів відносно будь якої вертикальної осі, зокрема центральної осі автомобіля у точці O_a (рис. 3) [6]:

$$I_{ZOa1-5} = I'_{Z1-5} + M_{1-5} \times d^2_{1-5} . \quad (11)$$

де I'_{Z1-5} – момент інерції тіла водія чи пасажира відносно центральної вертикальної осі, кг·м^2;
M_{1-5} – маса тіла водія чи пасажира, кг;
d_{1-5} – відстань від центра маси тіла водія чи пасажира до будь якої вертикальної осі системи, м.

Аналогічно (11) момент інерції водія разом з пасажирами відносно вертикальної осі у центрі мас автомобіля I_{ZOa} визначиться:

$$I_{ZOa} = I_{Zв,п} + M_{в.п} \times l_2^2 . \quad (12)$$

де $I_{Zвп}$ – момент інерції відносно вертикальної осі у початку координат головних центральних осей для системи водія з пасажирами разом, кг·м^2;
$M_{в.п}$ – загальна маса водія та пасажирів, кг;
l_2 – відстань від центра загальної маси системи водія та пасажирів до центральної вертикальної осі автомобіля, м.

Виходячи з обмежень компоновки автомобіля (рис. 3) можна прийняти наступні геометричні розміри: B_1 – для автомобілів малого класу 1,2 – 1,3м; $l_1 \approx 0{,}8$м [8]; $l_2 = b - (l_3 + l_4)$; довжина l_3 прийнята з компоновки автомобіля та другого ряду сидінь відносно колісної арки – $l_3 = r_k + 0{,}1\ldots0{,}2$ м; l_4 визначиться з відношення маси водія і пасажира до загальної маси присутніх в авто:

$$l_4 = \frac{\sum M_{1-2}}{\sum M_{1-5}} \times l_1 . \qquad (13)$$

де $\sum M_{1\text{-}2}$ – маса водія та переднього пасажира, кг;
$\sum M_{1\text{-}5}$ – загальна маса водія та пасажирів, кг;
l_1 – відстань між рядами сидінь у автомобілі, м.

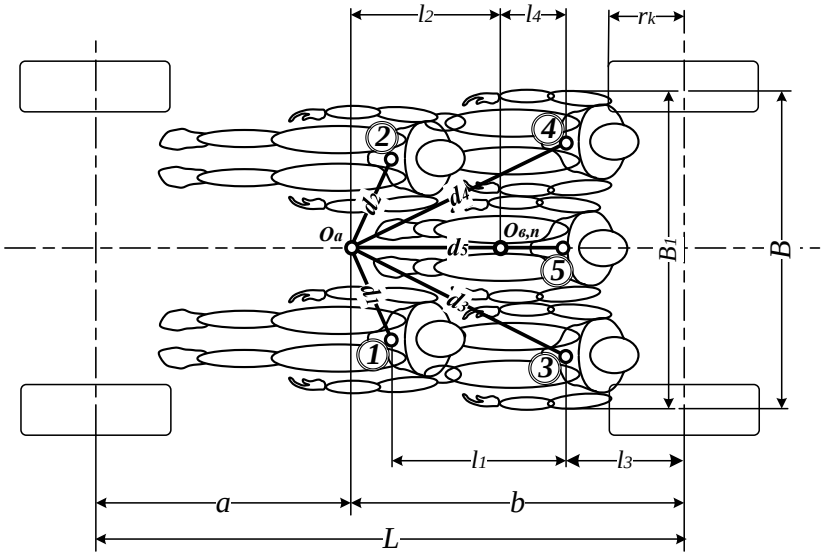


Рис. 3. Схема до визначення місцезнаходження водія та пасажирів та характерних відстаней у плані автомобіля

Для випадку зображеному на схемі $l_4 = 2/5 \times l_1$. Звідси, відповідно до прийнятих припущень, момент інерції водія разом з пасажирами відносно вертикальної осі у центрі мас вибраного автомобіля– I_{ZOa} =150 кг·м^2.

Отже, момент інерції водія і пасажирів разом (масою 60 кг кожен) відносно вертикальної осі у центрі мас автомобіля становить від 10…15% від моменту інерції автомобіля відносно центральної вертикальної осі завантаженого автомобіля за даними таблиці 1.

Момент інерції спорядженого автомобіля відносно його центральної вертикальної осі I_{Zcn} можна отримати відніманням моменту інерції групи людей I_{ZOa} від розрахунково визначеного для завантаженого автомобіля моменту I_Z та подальшим перерахунком моментів відносно вертикальних осей паралельно зміщених вздовж автомобіля $l_e = a_n - a_{cn}$ у наслідок розвантаження.

$$I_{Zcn} = (I_Z - I_{ZOa}) - M_{cn} \times l_e^2 . \qquad (14)$$

За початковими даними вибраного автомобіля і розрахунковими інерційними показниками (табл. 1) цей момент I_{Zcn} = 823…1328 кг·м^2.

Визначення моментів інерції навколо інших центральних осей *x*, *y* потребує встановлення координат (висоти) цента мас відповідно завантаженого автомобіля. Загальні моменти інерції автомобіля визначаються компоновкою автомобіля щодо об'ємів кузова, розміщенням силового агрегату і трансмісії, елементів ходової частини, багажу і ємкості паливного бака. Визначення зазначених параметрів і характеристик можуть бути предметом подальших досліджень.

Висновки. Визначені значення моментів інерції вибраного легкового автомобіля малого класу відносно центральної вертикальної осі його обертання за різними розрахунковими залежностями

мають значні розбіжності, що вказує на можливість їх використання як наближених. Більш точні результати можна отримати, використовуючи аналіз тривимірних моделей. Отримані моменти інерції навколо вертикальних осей для системи з п'яти осіб (водія та пасажирів, маса особи 60 кг). Встановлено, що частка моменту інерції такої системи відносно центральної вертикальної осі завантаженого легкового автомобіля малого класу (ЗАЗ-1102) становить 10…15% від його розрахункового моменту інерції відносно цієї ж осі.

У дослідженнях складних систем, за відсутності програмних комплексів з можливістю повного аналізу масово-інерційних характеристик, слід користуватися функціями розрахунку маси, моментів інерції та інших параметрів для складових цих систем, що є доступними у багатьох програмах просторового моделювання.

1. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. − М.: Машиностроение, 1971. − 416 с.

2. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля: Пер. с англ. /Д.Р.Эллис.− М.: Машиностроение, 1975. − 216 с.

3. Пройкшат А. Шасси автомобиля: Типы приводов / Под ред. Й. Раймпеля; Пер.с нем. В. И. Губы; Под ред. А.К.Миллера.— М.: Машиностроение, 1989. − 232 с.: ил.

4. Подригало М.А. Определение радиусов инерции автомобиля на стадии его проектирования / М.А. Подригало, В.П. Волков // Автомобильная промышленность: научно-техн. журнал. − 2003. − №6. − С. 19−22.

5. Подригало М.А. Уточнення імовірнісного методу визначення радіусів інерції колісної машини / М.А. Подригало, Є.О. Дубінін // Автомобильный транспорт, вып. 37, 2015. URL: http://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/1181/1/%D0%90%D0%A2_37_18.pdf.

6. Яблонский А.А. Курс теоретической механики/ А.А. Яблонский. Ч. II. Динамика: учебник для техн. вузов. − 6-е изд., испр. − М.: Высш. шк., 1984. − 423 с.: ил.

7. Фучаджи К.С. Автомобиль ЗАЗ-1102 «Таврия». Устройство, техническое обслуживание и устранение несправностей / К.С. Фучаджи. − М.: Патриот, 1992. − 312 с.: ил.

8. Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: Учебник для студентов вузов/ И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А. Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; Под общ. ред. В.М. Шарипова. - М.: МГТУ "МАМИ", 2002. - 230 с.

REFERENCES

1. Litvinov A.S. (1971). Upravlyaemost' i ustoichivost' avtomobilya [Vehicle handling and stability], Moscow, Mashinostroenie Publ., 416 [in Russian].

2. Ellis J.R. (1975). Upravlyaemost'. London: Business Books Limited Publ., 1969. 198 p. [avtomobilya Vehicle dynamics] (Russ. ed.: G.K. Mirzoev Upravlyaemost' avtomobilei), Moscow, Mashinostroenie Publ.,216 [in Russian].

3. Proykshat A. (1989). Shassi avtomobilya: Tipy privodov / Pod red. Y. Raympelya; Per.s nem. V.I. Guby; Pod red. A.K.Millera. V.I. Guba; Ed. A.M.Miller [Chassis of the car: Types of drives / Ed. J. Reimple; Translated from German]. Vogel-Buchverlag, Wьrzburg. 1985, Moccow: Mashinostroyeniye. Publ, - 232 [in Russian].

4. Podrigalo M.A., Volkov V.P. (2003). Opredelenie radiusov inertsii avtomobilya na stadii ego proektirovaniya [Determination of vehicles radii of inertia at the design stage]. Avtomobil'naya promyshlennost' − Car industry, Vol. 6, pp. 19-22. [in Russian].

5. Podrigalo M.A., Dubinin Ye. (2015). Refinement of the probabilistic method of determining the radii of wheel vehicle inertia [Electron resource] [Utochnennya imovirnisnoho metodu vyznachennya radiusiv inertsiyi kolisnoyi mashyny]. Avtomobil'nyy transport, Vol. 37. URL: http://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/1181/1/ %D0%90%D0%A2_37_18.pdf [in Ukrainian].

6. Yablonsky A.A. (1984). Kurs teoreticheskoy mekhaniki. [Course of Theoretical Mechanics] Dinamika: uchebnik dlya tekhn. vuzov.− 6-ye izd., ispr.]. Moscow. Higher education Publ.,423 [in Russian].

7. Fuchadzhi K.S. (1992). Avtomobil' ZAZ-1102 «Tavriya». Ustroystvo, tekhnicheskoye obsluzhivaniye i ustraneniye nespravnostey [The car ZAZ-1102 "Tavria". Device, maintenance and troubleshooting]. Moscow, Patriot Publ.,312 [in Russian].

8. Avtomobili i traktory. Osnovy ergonomiki i dizayna (2002) : A Textbook for University Students [Cars and tractors. Fundamentals of Ergonomics and Design] / I.S. Stepanov, A.N. Evgrafov, AL Karunin, V.V. Lomakin, V.M. Sharipov; Ed. V.M. Sharipov. Uchebnik dlya studentov vuzov Moscow: MGTU "MAMI", 230 p. [in Russian].

Павлюк В.І., Булик Ю.В. **Использование программного обеспечения трехмерного моделирования для определения моментов инерции легковых автомобилей.**

Обоснована возможность использования комбинированного способа определения моментов инерции, составляющих пассажирского транспортного средства во время проектирования, конструирования и моделирования эксплуатационных условий. Указана необходимость широкого внедрения программного обеспечения для возможности быстрого осуществления многовариантных расчетов, повышение точности результатов и удобства и визуализации процесса исследования. Установлено, что определенные моменты инерции легкового автомобиля малого класса относительно вертикальной оси, проходящей через центр масс

автомобиля, полученные расчетными методами, удобны в использовании, но дают приближенные результаты. В общем случае расчетные методы остаются громоздкими, что усложняет их применение. Использование возможностей программного обеспечения позволяет значительно сократить процесс расчетов, увеличить их точность, улучшает воспроизведения реальных условий.

Ключевые слова: легковой автомобиль, момент инерции, масса, пространственное моделирование.

***V. Pavliuk, Y. Bulik*. Use of the software of 3d-modeling for the of several moments of light care inerection.**

The possibility of using a combined method for determining the moments of inertia of components of a passenger vehicle during the design, construction and modeling of operating conditions is substantiated. The necessity of widespread introduction of software for the possibility of rapid implementation of multivariate calculations, increase of accuracy of results and convenience and visualization of the research process has been confirmed. It is established that certain moments of inertia of a small class car relative to the vertical axis passing through the center of the car's mass, obtained by calculation methods, are convenient to use, but give approximate results. In general, the calculation methods remain cumbersome, which complicates their application. The use of software capabilities can significantly reduce the process of calculations, increase their accuracy, improve the reproduction of real conditions.

A 3D-modeling software package was used to determine the inertia of a passenger car, driver and passengers.

Used cars of the small class, dummies with parameters of the driver and passengers. The method of the combined method of determining the moments of inertia is given in the conditions when the data obtained by the three-dimensional modeling are used for analytical calculations.

Calculated moments of inertia relative to the central vertical axes of the equipped and loaded passenger car of the small class on the example of ZAZ-1102.

It was established that the moment of inertia of the driver and the passengers together (60 kg each) relative to the vertical axis in the center of the car's mass is from 10 to 15% of the moment of inertia of the car relative to the central vertical axis of the loaded small class car, which is considered in the studies.

Research results can be used in the scientific and educational process and in production during design, construction of automobiles and modeling of its operating conditions.

Keywords: passenger car, moment of inertia, mass, spatial modeling.

АВТОРИ:

ПАВЛЮК Василь Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: pavliuk_v.i@ukr.net

БУЛІК Юрій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: by_lutsk@ukr.net

АВТОРЫ:

ПАВЛЮК Василий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: pavliuk_v.i@ukr.net

БУЛИК Юрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: by_lutsk@ukr.net

AUTHORS:

Vasyl *PAVLIUK*, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: wasilijpi@mail.ru

Yurii BULIK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: by_lutsk@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 13.05.2018р.

© Птиця Г.Г. 2018

УДК 656.13:625.7
UDC 656.13:625.7

Птиця Г.Г.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

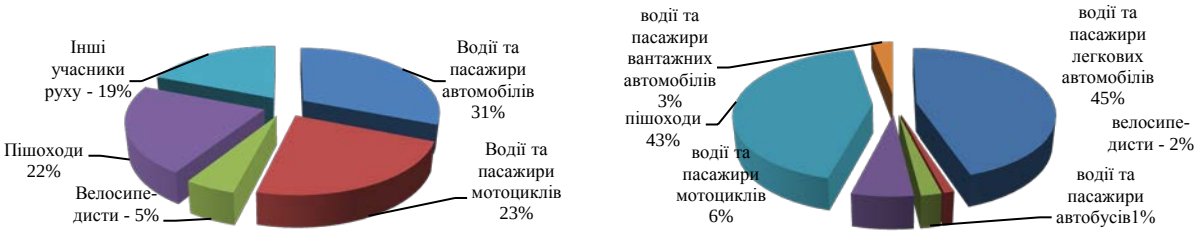
ВИБІР СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПІШОХІДНОМУ ПЕРЕХОДІ БІЛЯ ДИТЯЧИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Визначено вплив схеми організації дорожнього руху на пішохідному переході на параметри дорожнього руху. Розроблено моделі функціонування пішохідного переходу з урахуванням ефективності дорожнього руху та забезпечення безпеки пішоходів-дітей. Доцільність вибору схеми організації дорожнього руху доведена за рахунок визначення інтенсивності транспортних та пішохідних потоків з урахуванням безпеки учасників дорожнього руху.

Ключові слова: безпека дорожнього руху, дитячий навчальний заклад, пішохідний перехід, пішохідний рух, імітаційне моделювання.

Постановка проблеми. Задача зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та їх жертв – це одна з найважливіших проблем сучасності. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щорічно в результаті ДТП у світі гине близько 1,2 млн. чоловік і понад 50 млн. осіб отримують поранення, причому на країни з низьким і середнім рівнем доходів, до яких належить і Україна, припадає близько 90% всіх загиблих і постраждалих в ДТП, а щорічні сумарні економічні втрати перевищують 500 мільярдів доларів. Україна займає 4-е місце в східноєвропейському регіоні з економічних втрат від ДТП (близько 5 млрд. доларів США). Близько 40% загальної кількості ДТП в Україні зареєстровані у великих і найзначніших містах – в столиці і обласних центрах. Всього на міста країни з різною кількістю населення припадає до 70% ДТП. При цьому одним з найбільш поширених видів ДТП в містах є наїзди на пішоходів (31%), які характеризуються високою тяжкістю наслідків. За даними центру здоров'я та ВООЗ, щорічно на дорогах України гине понад 4000 осіб і більше 30000 чоловік отримують травми. ДТП в Україні є першою за поширеністю причиною смерті серед молоді у віці від 15 до 24 років і другою - серед дітей у віці від 5 до 14 років.

Аналіз статистичних даних світових і Українських організацій щодо самих вразливих учасників дорожнього руху (ДР) [1] дозволяє відокремити водіїв та пасажирів легкових автомобілів та пішоходів (рис. 1). За світовими даними відсоток набагато менше (особливо пішоходів), що вказує на більшу увагу до захисту цих категорій у світі ніж в Україні.



а) в світі б) в Україні

Рис. 1. Розподіл загиблих в ДТП за категорією користувачів

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення необхідних вимог до схеми організації дорожнього руху (ОДР) в зоні розташування дитячих навчальних закладів, для підвищення ефективності дорожнього руху з урахуванням інтересів всіх його учасників.

Результати досліджень. Безумовно, самою безпечною схемою ОДР на пішохідному переході є розділення транспортних та пішохідних потоків в часі або в просторі. Однак, перше призводить до підвищення безпеки ДР, але знижує решту показників ефективності ДР, а друге є капіталовитратним і, в умовах забудови міст, не завжди може бути реалізованим. Дослідження даної статті направлені на пошук найефективніших схем ОДР, що спроможні забезпечити комплексну ефективність ДР на пішохідному переході в зоні розташування дитячих навчальних закладів.

Дії пішохода на проїжджій частині непередбачувані. Дії водія, навпаки, здійснюються за певними правилами, навичками з попередньої підготовки та досвіду. Таким чином, в разі виникнення конфліктної ситуації за участю автомобіля і пішохода, в більшій мірі забезпечення безпеки останнього залежить від водія. Тому основна увага при розробці і проведенні заходів по підвищенню

безпеки руху на пішохідних переходах, в першу чергу, повинна приділятися саме фактору «Водій» [2]. Для цього необхідно забезпечити найбільш сприятливі умови оцінки водієм дорожньої ситуації, особливо пов'язаної рухом пішоходів.

Особливості руху пішоходів-дітей по пішохідному переходу полягають в тому, що вони вважають безпечним здійснити перехід дороги самостійно, однак, вважається, що перехід між початковою і середньою школою є переломним часом серед дітей-пішоходів. Діти, що переходять в середню школу, отримують більший рівень незалежності, оскільки їм надається можливість ходити в школу без нагляду, але з цією незалежністю приходить високий рівень ризику.

Однак, в стандартах України не існує особливих вимог до організації пішохідного руху через проїжджу частину в зоні розташування дитячих навчальних закладів. В ДСТУ 4100:2014 зазначена необхідність застосування знаків 1.33 «Діти» і 3.29 «Обмеження максимальної швидкості» в залежності від типу переходу. В ДСТУ 4123:2006 вказується можливість застосування пристроїв примусового зниження швидкості (ППЗШ) на переходах за умови відповідного обґрунтування [3].

Світовий сучасний досвід ОДР [4] свідчить про те, що в багатьох країнах світу проблема безпеки пішохідних переходів біля дитячих навчальних закладів дієво вирішується шляхом створення «шкільних зон» з організацією особливих умов для руху транспорту і пішоходів за допомогою обмеження швидкості до 20 км/год у шкільні години; застосування ППЗШ; застосування регульованого режиму руху. Зокрема, примусове регулювання швидкостей руху на дорозі повинно змусити водіїв транспортних засобів дотримуватися низької швидкості, щоб скоротити ризик ДТП і підвищити безпеку на дорозі [5]. Примусове регулювання швидкостей руху включає наступні заходи: 1) встановлення ППЗШ; 2) підвищений пішохідний перехід; 3) підвищене перехрестя; 4) зміна шорсткості дорожнього покриття ("шумове покриття" або "шумові смуги"); 5) звуження проїзної частини дороги. Відповідно до проведених досліджень, ППЗШ здатні скоротити кількість ДТП з тілесними ушкодженнями до 50%.

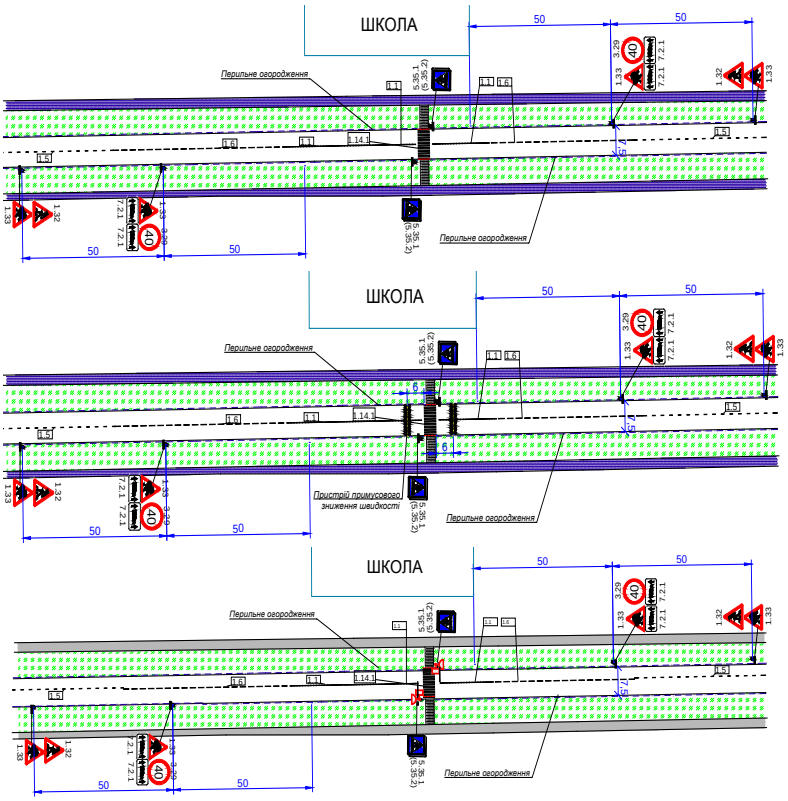
В ході дослідження виявлено протиріччя щодо застосування ППЗШ у вимогах нормативної документації України. Згідно з вимогами п. 6.4.5 ДБН В.2.3-5-2018 «Вулиці та дороги населених пунктів» зазначено, що «На пішохідних переходах та велосипедних переїздах поблизу навчальних закладів, а також в місцях інтенсивного пішохідного руху можуть улаштовуватися підвищення проїзної частини…» [6]. Але, згідно з п. 5.7 ДСТУ 4123:2006 «Пристрій примусового зниження швидкості дорожньо-транспортної техніки на вулицях і дорогах» існує заборона встановлювати елементи примусового зниження швидкості на магістральних вулицях [7]. Також, слід відмітити, відсутність чітких меж застосування такого дієвого технічного засобу регулювання ДР. В результаті облаштування ППЗШ середня швидкість на дорогах знижується на 33% [5]. Чим більше зниження швидкості, тим вище відсоток скорочення кількості ДТП [2]. Однак, всі заходи примусового регулювання швидкостей руху впливають на фактичну пропускну здатність доріг внаслідок зменшення швидкості руху. Ці заходи можуть також призвести до зниження інтенсивності транспортних потоків. Отже, існує необхідність о дослідженні впливу ППЗШ на ефективність ДР з урахуванням безпеки і комфорту руху всіх учасників руху.

Для подальшого дослідження були виділені три відомі схеми ОДР в зоні розташування дитячих навчальних закладів, а саме: Тип 1. пішохідний перехід нерегульований; Тип 2. пішохідний перехід нерегульований із додатково встановленим ППЗШ; Тип 3. пішохідний перехід регульований.

Враховуючі, що більшість організаційних і дорожньо-будівельних заходів пов'язані з матеріальними витратами, тому необхідно використовувати імітаційне моделювання поведінки системи «пішохід-водій-дорога» з урахуванням змін в ОДР. Імітаційне моделювання при вивченні складних систем є практично основним доступним методом отримання інформації про поведінку системи в умовах невизначеності. В процесі дослідження проведено моделювання функціонування пішохідного переходу через двосмугову вулицю із застосуванням сучасного інструменту транспортного інжинірингу – програмного забезпечення VISSIM компанії PTV AG (Німеччина). Програмне забезпечення PTV VISSIM дозволяє підвищити ефективність роботи проектувальника і створює наочну платформу для оцінки отриманих результатів та розрахунків. Результат імітації – це анімація руху транспорту у вигляді графіки в режимі реального часу і подальшим визначенням транспортно-технологічних параметрів, таких як, тривалість часу в дорозі, часові затримки транспортних засобів, довжина затору, час простою, емісія CO, емісія NOx, емісія летючих органічних сполук, витрати палива. Вихідними даними для створення моделі функціонування пішохідного переходу, є: геометричні параметри пішохідного переходу (зі стандартним набором технічних засобів, із застосуванням ППЗШ, з використанням світлофорного регулювання), технічні засоби регулювання і схема ОДР транспорту і пішоходів, час циклу для світлофорних пристроїв, дані

про інтенсивність транспортного потоку по напрямках, дані про інтенсивність пішохідних потоків, правила пріоритету та конфліктні зони на пішохідному переході тощо.

Моделювання функціонування пішохідних переходів проведено на прикладі вулиці шириною від 7,5 до 8 метрів при різних організаційних рішеннях (рис. 2).



а) нерегульований (варіант 1)

б) нерегульований з пристроєм примусового зниження швидкості (варіант 2)

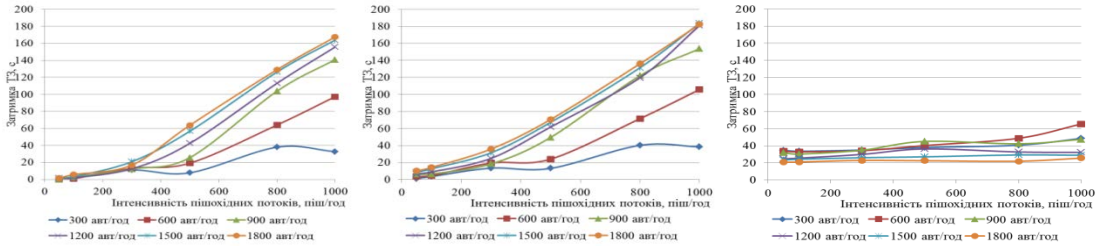
в) регульований (варіант 3)

Рис. 2. Схема пішохідного переходу

В зв'язку з великою різноманітністю умов руху на пішохідних переходах в зоні розташування дитячих навчальних закладів, а також в зв'язку з виявленими різними вимогами до ОДР на подібних об'єктах, виникла необхідність провести моделювання роботи «шкільного переходу» при різних інтенсивностях транспортних та пішохідних потоків та провести порівняльну оцінку ефективності ДР за різних умов руху. При цьому, в якості системи обмежень обрано: діапазон зміни інтенсивності транспортних потоків з 300 авт/год до 1800 авт/год; діапазон зміни інтенсивності пішохідних потоків з 50 піш/год да 1000 піш/год; швидкість руху пішоходів складає 1,2 м/с, що відповідає середній швидкості дитини у віці 9-14 років; швидкість руху транспортних засобів складає: 50 км/год без ППЗШ; 20 км/год між ППЗШ; прискорення автомобілів, поведінка (взаємодія) учасників руху, інтервали їх появи в моделі відповідають закономірностям моделі WIEDEMANN-74 (VISSIM).

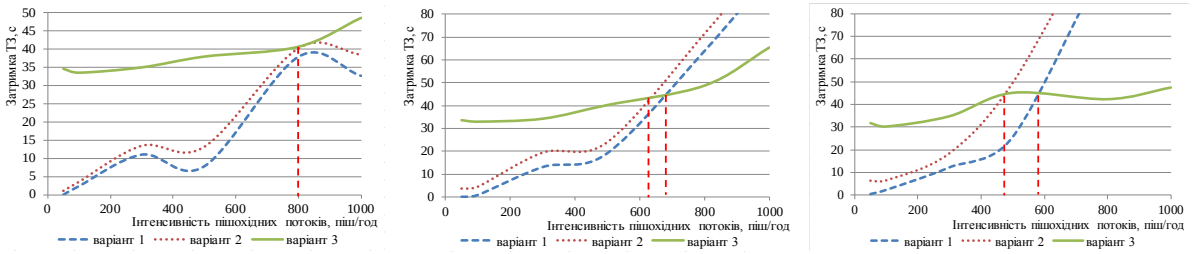
Результатом роботи імітаційної моделі ДР на пішохідному переході є визначення показників ефективності руху при різних схемах ОДР та різних інтенсивностях руху транспортних та пішохідних потоків. В результаті порівняльного аналізу отриманих значень показників ефективності ДР на пішохідному переході при різних схемах ОДР (рис. 3) отримали: затримки транспортних засобів за загальними даними при організації регульованого перехрестя (варіант 3) мають суттєво менші значення в порівнянні з іншими варіантами ОДР; при низьких значеннях інтенсивності транспортних та пішохідних потоків існує зона менших значень затримки за умови організації нерегульованого руху на переході. Отже, в результаті обробки результатів моделювання виявлено, що існують межі доцільного застосування нерегульованого руху на пішохідному переході, навіть із застосуванням ППЗШ. Для розробки рекомендацій щодо вибору схеми ОДР на пішохідному переході за основу обрано показник – затримки транспортних засобів. Перевагами від зниження наслідків ДТП знехтували, оскільки в Україні не існує чіткої методики визначення матеріальних витрат суспільства від втрати життя чи здоров'я людини в ДТП.

При порівнянні зміни затримок руху ТЗ на пішохідному переході в зоні розташування дитячих навчальних закладів при зміні умов ОДР (рис. 4) виявлені максимально допустимі значення інтенсивностей транспортних та пішохідних потоків при яких доцільно застосовувати нерегульований чи регульований рух.

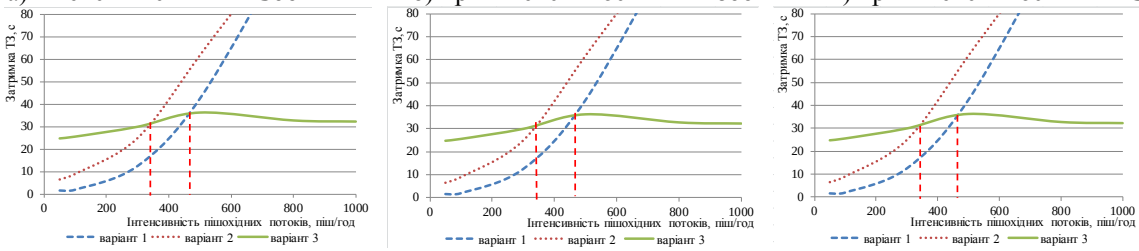


варіант 1 варіант2 варіант 3

Рис. 3. Зміна затримок ТЗ в залежності від інтенсивності пішоходів



а) інтенсивність ТП – 300 б) при інтенсивності ТП – 600 в) при інтенсивності ТП – 900



г) при інтенсивності ТП – 1200 д) при інтенсивності ТП – 1500 ж) при інтенсивності ТП – 1800

Рис. 4. Діаграми зміни затримок ТЗ в залежності від умов руху на пішохідному переході

В результаті аналізу отриманих даних встановлено, що: на вулицях з низькими значеннями інтенсивностей руху транспортних потоків (до 300 авт/год) є нераціональним застосування регульованого руху, а, з точки зору підвищення безпеки, з двох варіантів організації нерегульованого руху, пріоритетним є варіант з облаштуванням ППЗШ; на вулицях з більш інтенсивним рухом транспортних потоків (>300 авт/год) існують чіткі межі ефективного застосування одного з розглянутих варіантів ОДР на пішохідному переході в зоні розташування дитячих навчальних закладів (на графіках виділені перпендикуляром від точки перетину кривої зміни затримок ТЗ при регульованому русі та інших варіантів ОДР).

Зведені дані наведених результатів (рис. 5) дозволяють надати практичні рекомендації щодо доцільності застосування різних організаційних заходів на пішохідному переході в зоні розташування дитячих навчальних закладів.

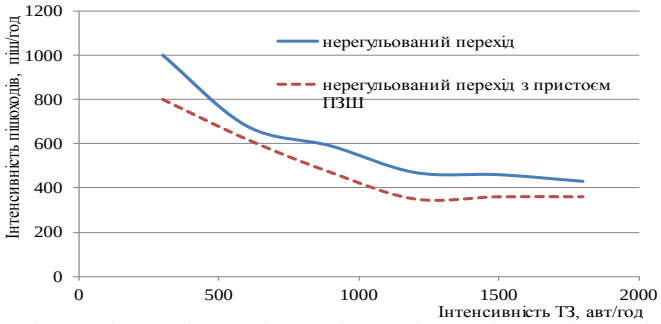


Рис. 5. Межі застосування схем ОДР на пішохідному переході

Наявність на графіку двох кривих обумовлено різними умовами при організації нерегульованого руху із застосуванням ППЗШ і без них. Межі застосування нерегульованого руху з ППЗШ менші за рахунок загального зниження швидкості транспортних потоків, що, за умов вільного пішохідного переходу від пішоходів, негативно впливає на загальну ефективність ДР.

При значеннях інтенсивностей руху транспортних і пішохідних потоків, що розташовані нижче і лівіше від кривих на графіку, доцільним є застосування нерегульованого пішохідного переходу,

навіть із застосуванням ППЗШ. В решті випадків необхідним і обов'язковим, з урахуванням всіх показників ефективності ДР, є застосування регульованого пішохідного переходу за умови жорсткого керування або застосування табло викличного пішохідного.

Висновки. В результаті проведення порівняльного аналізу імітаційних моделей функціонування пішохідного переходу при різних схемах ОДР, побудовані графіки залежності показників ефективності ДР від параметрів транспортних і пішохідних потоків. При інтенсивності пішохідного потоку >400 піш/год, спостерігається різке зниження ефективності ДР при організації нерегульованого руху з ППЗШ і без нього, що виражається у зростанні затримок транспортних засобів, витратах палива та підвищенні викидів шкідливих речовин. Це пояснюється не організованістю одночасного прибуття пішоходів на пішохідний перехід, внаслідок чого водії змушені простоювати, пропускаючи одиночних пішоходів, на відміну від організованих груп при регульованому русі. Виявлено, що при малих значеннях інтенсивності транспортних та пішохідних потоків, існує зона ефективного застосування нерегульованого пішохідного переходу, навіть із пристроєм примусового зниження швидкості.

В результаті проведених досліджень сформовані вимоги до вибору схем ОДР в зоні розташування дитячого навчального закладу з урахуванням синергетичного ефекту в ДР в залежності від застосування різних комплексів технічних засобів регулювання. Результати дослідження наведені лише для вулиць з шириною проїжджої частини до 8 метрів, проте підхід до визначення ефективності застосування різних схем ОДР на пішохідному переході в зоні розташування дитячих навчальних закладів може бути застосований і для інших типів вулиць за існуючою класифікацією.

1. Національна поліція України [Електроний ресурс]. − Режим доступа: www.npu.gov.ua/uk/
2. Congiu, M. Child Pedestrians: Factors associated with ability to cross roads safety and development of a training package / Congiu, M., Whelan, M., Oxley, J., Charlton, J., D`Elia, A., Muir, C. / Monash University Accident Research Center. − Australia, 2008. 93 p.
3. Капский Д.В. Оценка эффективности применения искусственных неровностей для повышения безопасности дорожного движения / Капский Д.В., С.Н. Карасевич, С.А. Аземша // Проблемы безопасности на транспорте: материалы V Межд. Научн.-практ. конф., Гомель, 25-26 ноября 2015 г. / Белорус. Гос. Ун-т трансп.; редкол.: В.И. Сенько [и др.]. − Гомель, 2015. − С. 122-123.
4. Peden Metal., eds. World report on road traffic injury prevention. Geneva, World Health Organization, 2004.
5. Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трулс Ваа. Справочник по безопасности дорожного движения /Пер. с норв/ под редакцией проф. В.В. Сильянова. М.: МАДИ (ГТУ), 2001. — 754 с.
6. ДБН В.2.3-5-2018 Вулиці та дороги населених пунктів.
7. ДСТУ 4123 :2006 Пристрій примусового зниження швидкості дорожньо-транспортної техніки на вулицях і дорогах.

REFERENCES

1. Natsionalna politsiia Ukrainy [National Police of Ukraine]. www.npu.gov.ua/uk − Retrieved from: www.npu.gov.ua/uk/ [in Ukrainian].
2. Congiu, M. Child Pedestrians: Factors associated with ability to cross roads safety and development of a training package / Congiu, M., Whelan, M., Oxley, J., Charlton, J., D`Elia, A., Muir, C. / Monash University Accident Research Center. − Australia, 2008. 93 p.
3. Kapskij D.V., S.N. Karasevich, Azemsha S.A. (2015). Ocenka jeffektivnosti primenenija iskusstvennyh nerovnostej dlja povyshenija bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija. [Assessment of the effectiveness of the use of artificial irregularities to improve road safety]. V.I. Senko (Eds.) Problemy bezopasnosti na transporte - Problems of transport security: materials V Int. Scientific-practical. Conf. (pp. 122-123). Gomel': Belorus. Gos. Un-t transp [in Belarus].
4. Peden Metal., eds. World report on road traffic injury prevention. Geneva, World Health Organization, 2004.
5. R. Jel'vik, Annje Borger Mjusen, Trjule Vo. (2001). Spravochnik po bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija [Road Safety Manual], Moscow: MADI (GTU), 754 p. [in Russian].
6. Sporudy transportu. Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv [Constructions of transport. Streets and roads of settlements]. 2018. DBN V.2.3-5:2018 from 6th April 2018. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
7. Prystrii prymusovoho znyzhennia shvydkosti dorozhno-transportnoi tekhniky na vulytsiakh i dorohakh [Device for the forced reduction of speed of road vehicles on streets and roads]. 2006. DSTU 4123:2006 from 3th February 2006. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

Птица Г.Г. **Выбор схемы организации дорожного движения на пешеходном переходе в зоне детских учебных учреждений.**

Определено влияние схемы организации дорожного движения на пешеходном переходе на параметры дорожного движения. Разработаны модели функционирования пешеходного перехода с учетом эффективности дорожного движения и обеспечения безопасности пешеходов-детей. Целесообразность

выбора схемы организации дорожного движения доказана за счет определения интенсивности транспортных и пешеходных потоков с учетом безопасности участников дорожного движения.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, детское образовательное учреждение, пешеходный переход, пешеходное движение, имитационное моделирование.

***H. Ptytsia*. The choice of the scheme of the organization of traffic on the pedestrian crossing in the zone of children's educational institutions.**

The influence of the traffic management scheme at the pedestrian crossing on the traffic parameters is determined. Models for the functioning of the pedestrian crossing have been developed taking into account the efficiency of traffic and ensuring the safety of pedestrians-children. The expediency of choosing the road traffic management scheme is proved by determining the intensity of traffic and pedestrian flows, taking into account the safety of road users.

Keywords: road safety, children's educational institution, pedestrian crossing, pedestrian traffic, simulation modeling.

АВТОРИ:

ПТИЦЯ Геннадій Григорович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Організації та безпеки дорожнього руху», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com

АВТОРЫ:

ПТИЦА Геннадий Григорьевич, к.т.н., доцент кафедры «Организации и безопасности дорожного движения», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com

AUTHORS:

Hennadii PTYTSIA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of the Department of traffic management and safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2018 р.

© Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Головачук І.П., Придюк В.М., Оксенюк В.А. 2018

УДК 514.18
UDC 514.18

Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Головачук І.П., Придюк В.М., Оксенюк В.А.
Луцький національний технічний університет

МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ П'ЯТЕН РОЗПИЛУ ПАЛИВА ФОРСУНКАМИ

У роботі запропоновано новий метод фрактальної діагностики якості розпилу палива форсунками дизельних ДВЗ. Розроблена оригінальна методика, яка дозволяє виділяти кількісні ознаки із зображення розпилу палива форсункою, і за допомогою цих ознак, перевіряти чи дійсно зображена на фотографії точкова множина крапель близька до еталонного зображення п'ятна розпилу еталонною форсункою із еталонною дробовою розмірністю. Зручність такої методики фрактальної діагностики полягає у тому, що вона не потребує застосування спеціальних пристроїв для перевірки та діагностики форсунок, а також використання дорогого фотометричного устаткування

Ключові слова: фрактальна діагностика, кількісні ознаки зображення розпилу, точкова множина крапель, еталонна дробова розмірність, спеціальні пристрої діагностики.

Постановка проблеми. Проблема якісного діагностування паливної апаратури дизельних ДВЗ завжди є і буде актуальною для наукових досліджень спеціалістів, що працюють у галузі технічного обслуговування автомобілів [8, 9]. Один із основних показників такого діагностування, а саме аналіз якості розпилу палива форсунками на сьогодні проводиться або надто складними і дорогими методами, або просто на візуально-досвідному рівні майстра, із визначенням роботоздатний чи ні розпилювач форсунки [3, 7].

З іншого боку, традиційно до останнього часу, моделі різних технічних об'єктів, явищ та процесів будувалися на основі комбінацій простих геометричних фігур: прямих, багатокутників, відомих кривих ліній, багатогранників, елементарних криволінійних поверхонь. Проте очевидно, що цей класичний набір [2] стає погано застосовним для моделювання або аналізу таких геометрично складних об'єктів як: контури берегових ліній материків, форма хмар або сніжинок, розряди блискавки в повітрі, мікрогеометрія оброблених деталей і, найголовніше у контексті цієї роботи – зображень п'ятен розпилу палива дизельними форсунками (рис. 1).

При проведенні діагностики форсунок можна помітити, що сліди палива на папері під час розпилу нагадують дискретний точковий фрактал, який має дробову розмірність [10].

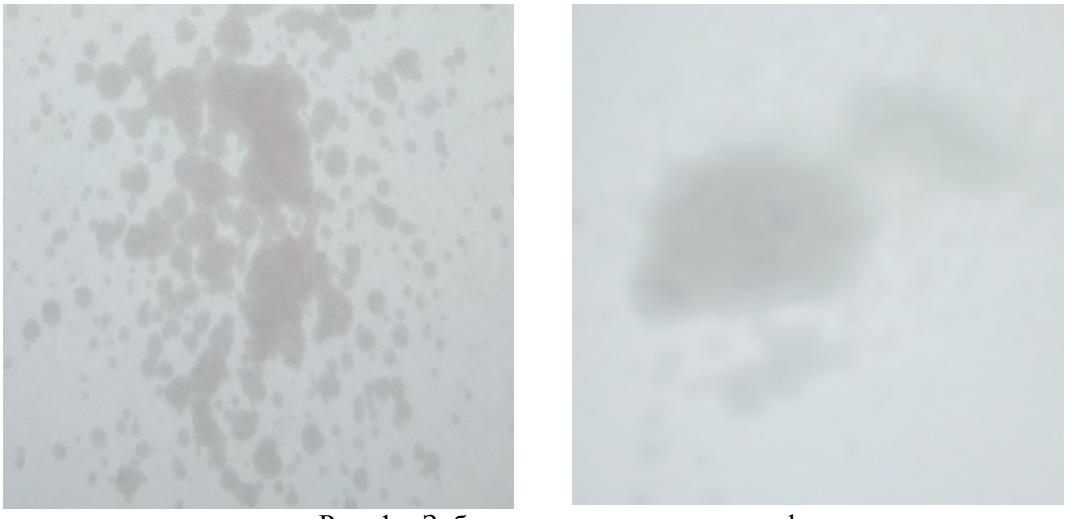


Рис. 1 – Зображення розпилу палива форсунками

Досліджуючи низку фрактальних величин факелу розпилу чи п'ятен суміші, отриманих від роботи розпилювачів різної конструкції, можна миттєво і кількісно оцінити якість розпилу палива форсункою. Однак є проблема із відсутністю методики адекватної ідентифікації фотографій п'ятен розпилу та підготовки таких фотографій до комп'ютерних розрахунків.

Аналіз останніх досліджень. Системи ідентифікації фотографій різних фізичних об'єктів або явищ широко використовуються у різних галузях сучасного виробництва [1, 4]. Із наукової точки зору, достатньо добре вивчені системи, що використовуються для ідентифікації зображення відбитків пальців, ідентифікації осіб, ідентифікації різних органів живих організмів.

Однак, кількісна ідентифікація фотографій із зображенням аерозольних п'ятен розпилу рідини, а тим більше ідентифікація, в основу якої покладена теорія фрактального моделювання та поняття фрактальної розмірності, практично не використовувались.

В силу новизни цього напряму, в літературних джерелах відсутні наукові роботи щодо методів фрактальної ідентифікації зображень нечітких краплинних множин.

Формування цілей роботи. Метою даної роботи є розробка методики, яка дозволяє виділяти кількісні ознаки із зображення розпилу палива форсункою, і за допомогою цих ознак, перевіряти чи дійсно зображена на фотографії точкова множина крапель близька до еталонного зображення п'ятна розпилу еталонною форсункою із еталонною дробовою розмірністю. Зручність такої методики фрактальної діагностики полягає у тому, що вона не потребує спеціальних пристроїв для перевірки та діагностики, і, крім того, для отримання зображення п'ятна розпилу вона не вимагає використання дорогого фотометричного устаткування.

Основна частина. Як і будь-яка інша система розпізнавання зображень, система фрактальної ідентифікації п'ятен розпилу палива форсунками дизельних ДВЗ складається із чотирьох елементів: **отримання зображення п'ятна розпилу палива форсункою, виділення області для фрактального аналізу і підрахунку розмірності, сегментація зображення, генерація ознак і проведення порівняння із еталонним зображенням.**

Початковими даними для даної методики виступають фотографії п'ятен розпилу палива еталонної форсунки із визначеною фрактальною розмірністю п'ятен різними способами комп'ютерної діагностики (рис. 2).

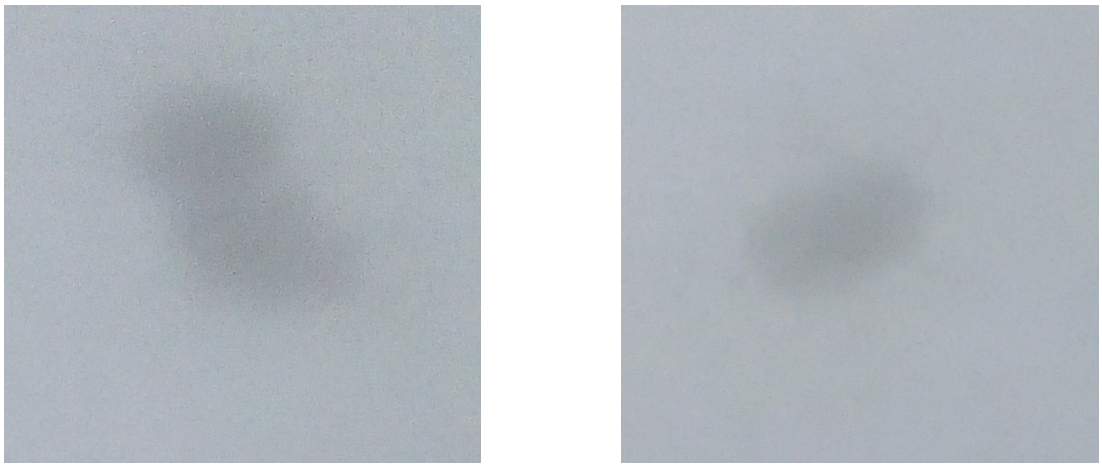


Рис. 2 – П'ятна розпилу еталонної форсунки із фрактальною розмірністю ***D=1.29-1.32***

Передбачається, що існує повноцінна база еталонних зображень п'ятен розпилу різних типів форсунок, де для кожного із типів форсунок зберігається одна або декілька фотографій.

При введенні до системи нового зразка фотографії розпилу форсунки, система повинна визначити фрактальну розмірність п'ятна розпилу і зробити висновок про готовність до експлуатації даної форсунки на двигуні.

Формально постановка завдання виглядає наступним чином: нехай є ***n*** різних п'ятен розпилу еталонних форсунок і ***m*** різних фотографій п'ятен розпилу (рис. 3) ремонтних форсунок, де ***m*** > ***n***. Треба створити алгоритм та методику підрахунку фрактальної розмірності і принципи порівняння кожного нового зображення п'ятна із еталонним зображенням розпилу еталонною форсункою даного типу.

Рис. 3 – П’ятна розпилу ремонтних форсунок

В даній роботі використовується наступний алгоритм для вирішення поставленого завдання:

1. Сегментація зображення п’ятна розпилу.
2. Виконання процедури скелетизації п’ятна. Приклад наведено на рис. 5.
3. Нормалізація зображення п’ятна.
4. Виділення текстурних ознак із нормалізованих зображень п’ятен (рис. 6).

Нижче наведено схему пропонованого алгоритму діагностики розпилу (рис. 4).

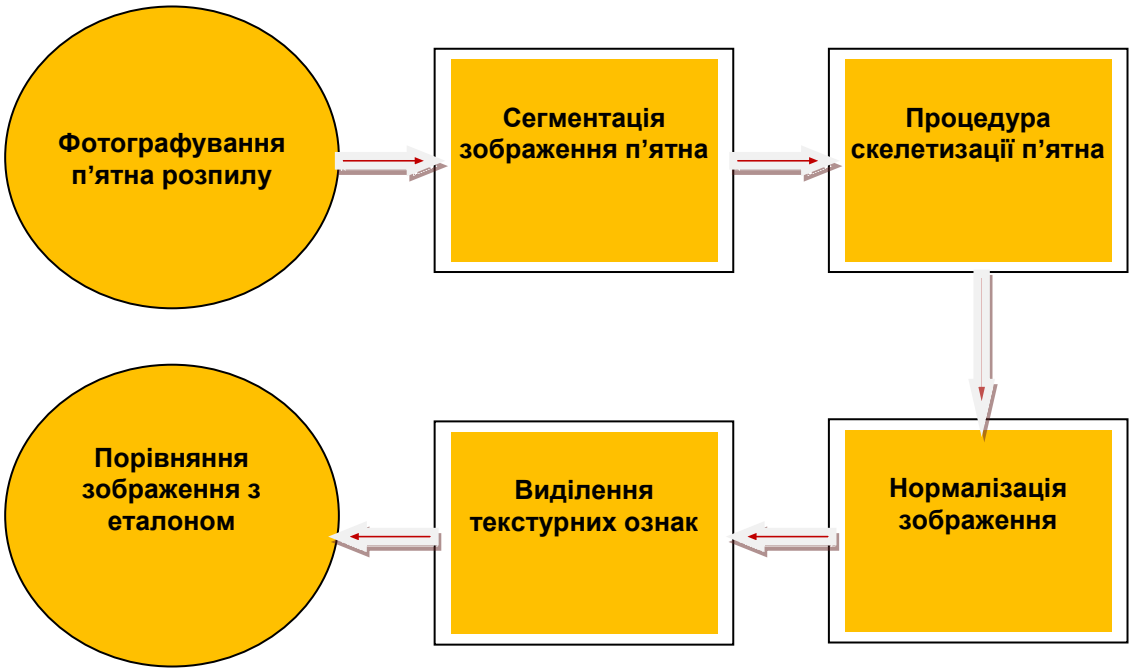


Рис. 4 – Схема ідентифікації зображення п’ятна розпилу

Метод порівняння п’ятен розпилу і визначення їх фрактальної розмірності прямо залежить від однакових умов отримання фотографій потрібних п’ятен, які включають: колір дизпалива, тиск відкриття сопла форсунки, відстань від сопла форсунки до ватману, на якому відображається п’ятно розпилу, кутів нахилу ватману до центрованого сопла форсунки.

Крім того, самі отримані зображення слід привести до єдиного формату. Для цього зображення п’ятен повинні бути перетворені у зображення однакового і фіксованого розміру (ширина 1500п). Цей розмір був вибраний, як максимально ефективний для підрахунку фрактальної розмірності зображень.

Для того, щоб алгоритм фрактальної ідентифікації був стійкішим до умов освітлення, усі кольорові зображення будемо перетворювати у напівтонові.

Інтенсивність пікселя напівтонового зображення обчислюється за наступною формулою:

$$I = 0.29R + 0.58G + 0.13B$$

де ***I*** – інтенсивність пікселя напівтонового зображення, ***R*** – інтенсивність червоного каналу зображення, ***G*** – інтенсивність зеленого каналу зображення, ***B*** – інтенсивність синього каналу зображення.

Перша процедура – це сегментація зображення п'ятна розпилу, тобто встановлення границь інтенсивності крапель на зображенні. Виділення сегменту, який буде далі розглядатись при аналізі і встановленні дробової розмірності, пов'язане із відстанню між окремими частинками п'ятна. Відстань не повинна бути більша за 3п.

Рис. 5 – Сигментовані та локалізовані скелети п'ятен розпилу палива ремонтними форсунками

Щоб нормалізувати зображення п'ятен для підрахунку розмірності необхідно спочатку локалізувати їх на зображенні, тобто обчислити границі. Для локалізації зображення виконується процедура обчислення скелету зображення.

Рис. 6 – Нормалізовані п'ятна розпилу

Рис. 7 – Піксельне представлення скелетів п'ятен розпилу

Дамо визначення скелету зображення п'ятна розпилу.

Визначення 1. Область п’ятна розпилу на площині – непорожня, зв’язана, відкрита множина точок (пікселів).

Визначення 2. Скелетом замкнутої області називається геометричне місце точок області, відстань між якими не перевищує 3п.

Рис. 8 – Текстура п’ятна розпилу зони ***A*** у збільшеному вигляді

Приклади нормалізованих п’ятен розпилу наведені на рисунку 6, піксельне представлення скелетів п’ятен - на рис. 7, а збільшене зображення текстури у зоні А (рис. 7) -на рис. 8.

Для підтвердження роботоздатності розробленої методики діагностики був проведений експеримент для форсунок певного типу.

На стенд монтувалася еталонна форсунка. Створювався необхідний тиск впорскування і на папері були отримані ряд п’ятен дизельного пального від розпилу соплами даної еталонної форсунки. Були заміряні всі базові геометричні параметри: кути нахилу досліджуваного зразка до поверхні нанесення п’ятен, відстані від сопла форсунки до цієї ж поверхні.

Із такими ж фіксованими геометричними параметрами всіх відстаней і кутів, отримувались п’ятна і від роботи ремонтних форсунок. Далі, за допомогою фотокамери, були отримані фотографії всіх експериментальних зразків розпилу еталонних і ремонтних форсунок. За допомогою розробленої методики і створеної комп’ютерної програми фотографії проходили всі етапи попередньої підготовки та ідентифікації зображення, що у підсумку дало можливість підрахувати фрактальну розмірність еталонних і ремонтних форсунок. Отримані кількісні показники дають можливість ефективно визначати придатність до роботи ремонтних форсунок дизельних ДВЗ [5, 6].

Висновки. У роботі запропоновано новий метод фрактальної діагностики якості розпилу палива форсунками дизельних ДВЗ. Розроблена оригінальна методика, яка дозволяє виділяти кількісні ознаки із зображення розпилу палива форсункою, і за допомогою цих ознак, перевіряти чи дійсно зображена на фотографії точкова множина крапель близька до еталонного зображення п’ятна розпилу еталонною форсункою із еталонною дробовою розмірністю. Зручність такої методики фрактальної діагностики полягає у тому, що вона не потребує спеціальних пристроїв для перевірки та діагностики, і, крім того, для отримання зображення п’ятна розпилу методика не вимагає використання дорогого фотометричного устаткування.

1. Захаров Ю. А. Проверка, диагностика и испытание форсунок дизелей / Ю. А. Захаров, Е. Г. Рылякин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера. (Актуальные проблемы и их решения): сборник статей Международной научно-практической конференции / МНИЦ ПГСХА. − Пенза: РИО ПГСХА, 2014. С. 43-47.

2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы: [пер. с англ.] / Б. Мандельброт//. − М.: Ин-т компьютерных исслед., 2002.

3. Маецкий А. В. Обзор приборов и методов исследования качества распыливания топлива дизельной форсункой /А. В. Маецкий, А. А. Гребеньков // Молодой ученый. – 2011. – №10. Т.1. – с. 48-54.

4. Новичков А. В. Исследование изнашивания прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры / А. В. Новичков, Е. В. Новиков, Е. Г. Рылякин, А. В. Лахно, П. И. Аношкин // Международный научный журнал. – 2014. – № 3. с. 108-111.

5. Пустюльга С. І. Дискретне векторне формування фрактальних структур / С. І. Пустюльга, В. М. Придюк, І. В. Прушко // Зб. наук. пр. – Луцьк, 2012. – Вип. 37. с. 275-279.

6. Пустюльга С. І. Дискретне векторне формування геометричних об'єктів / С. І. Пустюльга // Прикладна геометрія та інженерна графіка: Зб. наук. пр. – К., 2011. – Вип. 88. с. 271-278.

7. Туревский И. С. Техническое обслуживание автомобилей. Часть 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей / И. С. Туревский – М.: ИД «Форум» – ИНФРА-М, 2011. – 432 с.

8. Трелин А. А. Основные показатели технического состояния форсунок – давление начала впрыска, качество распыливания топлива, герметичность и пропускная способность / А. А. Трелин, К. В. Трелина // Труды ГОСНИТИ. –2007. Т. 99. – с. 61-63.

9. Филин, И. Н. Устройство для проверки форсунок дизелей / И. Н. Филин // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / Пензенская ГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. с. 204-206.

10. Федер Е. Фракталы: [пер. с англ.] / Е. Федер. – М.: Мир, 1991.

REFERENCES

1. Zaharov Yu. A., & Ryilyakin E. G. (2014). Proverka, diagnostika i ispyitanie forsunok dizeley. Transport. Ekonomika. Sotsialnaya sfera. (Aktualnyie problemyi i ih resheniya): sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 43–47.

2. Mandelbrot B. (2002). Fraktalnaya geometriya prirodyi: [per. s angl.] In-t kompyuternyih issled.

3. Maetskiy A. V., & Grebenkov A. A. (2011). Obzor priborov i metodov issledovaniya kachestva raspyilivaniya topliva dizelnoy forsunkoy. Molodoy uchenyiy, 10, T.1, 48–54.

4. Novichkov A. V., Novikov E. V., Ryilyakin E. G., Lahno A. V., & Anoshkin P. I. (2014). Issledovanie iznashivaniya pretsizionnyih detaley dizelnoy toplivnoy apparaturyi. Mezhdunarodnyiy nauchnyiy zhurnal, 3, 108–111.

5. Pustyul'ga S. I., Pridyuk V. M., & Prushko I. V. (2012) Diskretne vektorne formuvannya fraktalnih struktur. Naukovi notatku, 37, 275–279.

6. Pustyul'ga S. I. (2011) Diskretne vektorne formuvannya geometrichnih ob'ektiv. Prikladna geometrIya ta Inzhenerna grafIka, 88, 271–278.

7. Turevskiy I. S. (2011).Tehnicheskoe obsluzhivanie avtomobiley. Chast 1. Tehnicheskoe obsluzhivanie i tekuschiy remont avtomobiley, 432.

8. Trelin A. A., & Trelina K. V. (2007). Osnovnyie pokazateli tehnicheskogo sostoyaniya forsunok – davlenie nachala vpryiska, kachestvo raspyilivaniya topliva, germetichnost i propusknaya sposobnost. Trudyi GOSNITI, 99, 61–63.

9. Filin, I. N. (2013). Ustroystvo dlya proverki forsunok dizeley. Vklad molodyih uchenyih v innovatsionnoe razvitie APK Rossii: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 204–206.

10. Feder E. (1991). Fraktalyi [per. s angl.], – M.: Mir.

Пустюльга С. И., Самостян В. Р., Головачук И.П., Придюк В. М., Оксенюк В. А. Методика идентификации изображений пятен распыла топлива форсунками

В работе предложен новый метод фрактальной диагностики качества распыла топлива форсунками дизельных ДВС. Разработана оригинальная методика, которая позволяет выделять количественные признаки по изображению распила топлива форсункой, и с помощью этих признаков, проверять действительно ли изображенное на фотографии точечное множество капель близко к эталонному изображению пятна распила эталонной форсункой с эталонной дробной размерностью. Удобство такой методики фрактальной диагностики заключается в том, что она не требует специальных устройств для проверки и диагностики, а также использования дорогого фотометрического оборудования.

Ключевые слова: фрактальная диагностика, количественные признаки изображения распила, точечное множество капель, эталонная дробная размерность, специальные устройства диагностики.

S. Pustiulha, V. Samostian, I. Holovachuk, V. Prydiuk, V. Okseniuk. The method of identifying the images of atomization spots of fuel spraying by nozzles injectors.

A new method of fractal diagnostics of the fuel spraying quality by injectors of diesel engines is proposed. An original method has been developed that allows us to distinguish the quantitative characteristics from the image of the fuel spraying by the injector, and with the help of these characteristics, to check whether the dotted set of drops shown in the photograph is close to the reference image of the spot of spraying by the standard nozzle with a reference fractional dimension. The convenience of this method of fractal diagnostics lies in the fact that it does not require special devices for testing and diagnostics, and besides, for the image of a sprayed spot, cutting also does not require expensive photometric equipment.

Key words: fractal diagnostics, quantitative features of the sprayed image, set of drops, standard fractional dimension, special diagnostic devices.

АВТОРИ:

ПУСТЮЛЬГА Сергій Іванович, доктор технічних наук, професор кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, декан МБФ, Луцький національний технічний університет e-mail: mbf.declutsk@gmail.com.

САМОСТЯН Віктор Русланович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, Луцький національний технічний університет e-mail: cvmbf@ukr.net.

ГОЛОВАЧУК Ігор Павлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, Луцький національний технічний університет.

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет e-mail: pred_mbf@gmail.com.

ОКСЕНЮК Віталій Анатолійович, магістр кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет.

АВТОРЫ:

ПУСТЮЛЬГА Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной и компьютерной графики, декан МБФ, Луцкий национальный технический университет e-mail: mbf.declutsk@gmail.com.

САМОСТЯН Виктор Русланович, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Луцкий национальный технический университет e-mail: cvmbf@ukr.net.

ГОЛОВАЧУК Игорь Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Луцкий национальный технический университет.

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий национальный технический университет e-mail: pred_mbf@gmail.com.

ОКСЕНЮК Виталий Анатолиевич, магистр кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий национальный технический университет.

AUTHORS:

Serhii PUSTIULHA, Doctor of Technical Sciences, Professor of Engineering and Computer Graphics department, Dean of MBF, Lutsk National Technical University e-mail: mbf.declutsk@gmail.com.

Viktor SAMOSTIAN, PhD in Engeneering, associate professor of engineering and computer graphics department, Lutsk National Technical University e-mail: cvmbf@ukr.net.

Ihor HOLOVACHUK, PhD in Engeneering, associate professor of engineering and computer graphics department, Lutsk National Technical University.

Valentyn PRYDIUK, PhD in Engeneering, associate professor of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: pred_mbf@gmail.com.

Vitaliy OCSENIUK, Master of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University.

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2018р.

© Рубан Д.П., Крайник Л.В. 2018

УДК 629.113
UDC 629.113

Рубан[1] Д.П., Крайник[2] Л.В.
[1] ПАТ «Черкаський автобус»
[2] Національний університет «Львівська політехніка»

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОГНОСТИЧНОЇ ОЦІНКИ РЕСУРСНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АВТОБУСІВ

Розглянуто методологічні засади комп'ютерного розрахунку-прогностичної оцінки ресурсу автобусів, зокрема кузова як визначальної ідентифікаційної складової конструкції та залежності від умов експлуатації. Зокрема залежно від експлуатаційного завантаження/пасажиропотоку та типу і стану доріг – формування втомленої міцності несівної основи кузова з урахуванням погіршення міцності металу під впливом корозії.
Ключові слова: автобус, довговічність, кузов, втомна міцність, корозія, мікропрофіль дороги.

Постановка проблеми. Визначальним елементом конструкції автобусів, що обумовлює його державну реєстрацію та ідентифікує власне конкретний автобус (так зв. VIN-код) є кузов, незалежно від забудови на колісному шасі чи несівного типу (так зв. монокок). Двигун та інші агрегати і системи можуть замінюватись (природно на однотипні, згідно ТУ виробника) і піддаватись ремонту без впливу на ідентифікацію конкретного автобуса як учасника руху – об'єкту пасажирських перевезень. Очевидна майбутня гармонізація нормативної законодавчої бази України у сфері автомобільного транспорту з відповідною базою ЄС обумовить докорінні зміни у існуючому регламенті обов'язкового регулярного технічного контролю автобусів [1] з уведенням звичної для ЄС оцінки критичної міцності (тріщин) несівних елементів кузова, як одного з визначальних чинників пасивної безпеки автобуса [2, 3] і, відповідно, проведення відповідального ремонту або списання/утилізації автобуса, заборони його експлуатації на дорогах загального користування. Таким чином уже на етапі проектування актуальною стає і оцінка довговічності (ресурсу) кузова, що формується втомною міцністю металу несівного каркасу/основи кузова під впливом ациклічних навантажень від нерівностей (мікропрофілю) дороги (з урахуванням представленої функції збурень і характеристик підвіски та шин) та впливу у часі корозії (насамперед із-за використання солевих сумішей у зимову пору року) на відповідне погіршення фізико-механічних характеристик металу труб несівної основи каркасу кузова.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема довговічності (ресурсу) кузова автобуса, попри окремі дослідження міцності, ще у часи СРСР проф. Р.А. Акопяна [4, 5], к.т.н. В.М. Хруня [5], к.т.н. І.І. Кельмана [6] та експлуатаційної надійності – к.т.н. В.С. Лукінського та к.т.н. М.І. Веревкина [7, 8] практично впродовж останніх 25 років в Україні не досліджувалась. Розвиток комп'ютерних технологій, роботи по моделюванню-розрахунку кузова з умов рівноміцності і пасивної безпеки [9] дозволяють на якісно новому рівні сформувати методики дослідження і прогностичної оцінки ресурсу довговічності кузова у різних умовах експлуатації.

Тому **метою роботи** є розробка методології прогностичної оцінки ресурсної довговічності автобусів.

Результати досліджень. Очевидно, що окрім потенційних властивостей кузова, закладених на етапі проектування і виробництва (матеріали і технології виробництва, адекватність конструкції умовам рівноміцності), визначальним у формуванні прогностичної оцінки ресурсу (довговічності) кузова є умови експлуатації. Останні формуються трьома основними чинниками, що мають визначальний вплив на залишкову втомну міцність несівної основи каркасу (а, відповідно і на пасивну безпеку конструкції загалом), рис. 1:

– пікові перевантаження (в т. ч. ті, що перевищують номінальну пасажиромісткість автобуса), що ще є характерними для умов експлуатації в Україні та СНД;

– аналогічні навантаження від мікропрофілю дороги з врахуванням передавальних (демпфуючих та пружних характеристик шин і підвіски і, власне, з урахуванням реальних характеристик спектральної густини мікропрофілю доріг (включно і вибоїни), а не тільки ідеалізованих характеристик дороги І категорії згідно будівельних норм [10], під які зазвичай йде проектний розрахунок з умов міцності і ресурсу конструкції);

– погіршення, зниження характеристик міцності металевих труб каркасу кузова у функції часу під впливом як звичної «атмосферної» корозії (в т.ч. конденсату у так зв. точці роси), так і, особливо, у

зимові періоди експлуатації, внаслідок застосування дорожніми службами піщано-соляних сумішей (з відчутною різницею інтенсивності їхнього використання у різних регіонах).

Рисунок 1 – Структура прогностичної оцінки ресурсу кузова автобуса

Для прогностичної оцінки ресурсу-втомної міцності несівної основи каркасу кузова автобуса методами комп'ютерного моделювання-розрахунку достатньо обмежитись двомірною еквівалентною схемою (рис. 2) з умов певної симетрії процесів у поперечній площині, однак з акцентом на праву боковину кузова автобуса як більш критичної з умов:

– меншого запасу міцності з-за дверних пройм і дещо більшого пасажиронавантаження для автобусів 1 і 2 класів за рахунок накопичення стоячих пасажирів у проходах в салон у години пік;

– як правило гіршого стану дорожнього покриття ближче до обочин і частішого заїзду правою стороною автобуса на обочини, насамперед на маршрутах місцевого сполучення.

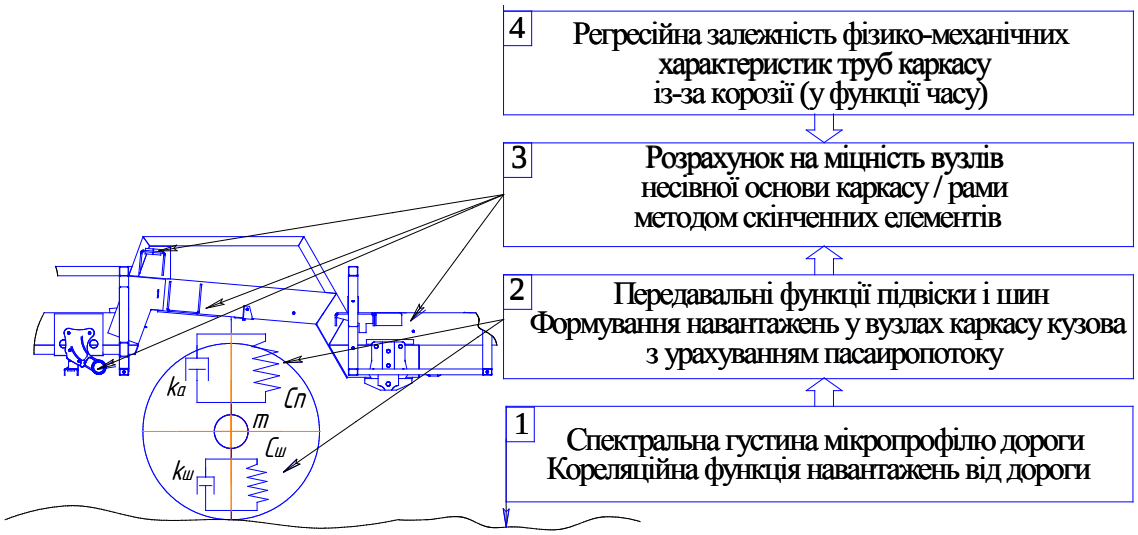


Рисунок 2 – Схема прогностичної оцінки ресурсу комп'ютерного розрахунку та використання математичних методів

Природно, що конкретна еквівалентна модель автобуса відчутно вирізнятиметься як для кузовів, забудованих на рамних шасі, так і для несівних конструкцій. Останні теж слід розділити з умов прийняття навантажень каркасом на 3 основні типи:

– класичний (типи kombi, highdecker) з розвинутою просторовою несівною нижньою фермою, що фактично сприймає домінуючу частину навантажень від дороги і пасажиропотоку;
– низькопідлогові конструкції типу low-floor, де відчутна частина навантажень передається і на несівну верхню ферму (каркас даху) та відповідно навантажені вертикальні зв'язуючі стійки каркасу;
– кузови типу low-entry з комбіновано структурою каркасу – частиною салону з низькою підлогою та фрагментом класичної структури каркасу (сюди ж відносяться і схеми каркасу з низькою площадкою у задньому звисі та каркасу типу kombi з пониженим рівнем підлоги салону при передньомоторній компоновці – типу «Атаман» А092Н6 та інш.).

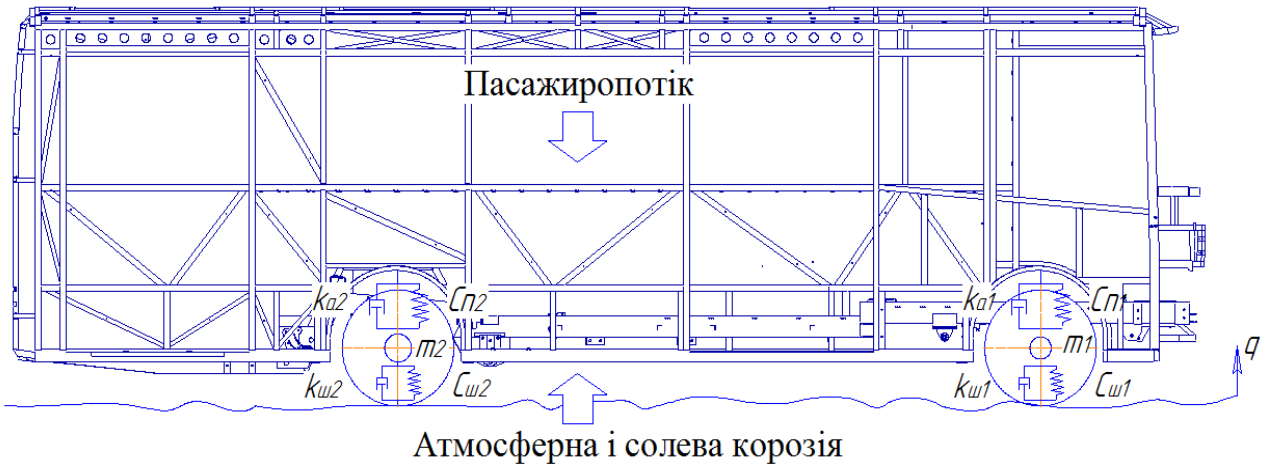


Рисунок 3 – Схема прогностичної оцінки ресурсу каркасу кузова автобуса у зонах передньої і задньої підвісок

В основу структури комп'ютерного моделювання-розрахунку покладено суміщенням навантажень насамперед у критичних вузлах несівної ферми/основи кузова (як правило у зонах передньої і задньої підвісок) від нерівностей дороги, з одного боку, і пасажиронаповненням салону (очевидно з врахуванням ймовірного розподілу значень обох чинників в експлуатації) з другого (рис. 3), при паралельному, послідовному в часі (еквівалентному пробігу) погіршення характеристик міцності труб каркасу під впливом корозії. Таким чином алгоритм оцінки базується на комбінації (суміщенні) методу скінченних елементів для розрахунку напружень у критичних вузлах основи [9] з формуванням навантажень від нерівностей дороги через передатні функції шин/підвіски на базі методів спектрального аналізу [12] і дрейфом у часі зміни фізико-механічних характеристик вузлових з'єднань і труб (лонжеронів) основи під впливом корозії [15]. Методологія приведення навантажень від мікропрофілю дороги – кореляційна функція висот нерівностей [11] базується на уже опрацьованих методах стосовно коливань і вібронавантаження колісних машин [13] і реалізується у системі MATLAB 7.0.1. [14]. Поступова зміна-дрейф фізико-механічних характеристик (міцності) труб каркасу основи прив'язана до тривалості терміну експлуатації (на основі емпіричних залежностей з реальної експлуатації [15, 16]). Природно, що сумарний пробіг і термін експлуатації автобуса є взаємопов'язаними величинами з визначальним коефіцієнтом кореляції. Технічно коректніше у цьому випадку брати пробіг, однак фактично на 3 – 7 році експлуатації встановити фактичний пробіг автобуса в експлуатації вже доволі складно, насамперед в умовах приватних перевізників, можна тільки отримати орієнтовну, статистичну оцінку середнього пробігу за рік експлуатації (що природно зменшується по мірі старіння автобуса з-за збільшення часу простоїв у поточному ремонті). Окрім цього і відомі дослідження стосовно падіння характеристик міцності сталевого прокату під впливом [15, 16] прив'язані до часу експлуатації. Таким чином слід констатувати необхідність певного припущення щодо ступеня кореляції ресурсних результатів кузова по часу експлуатації і результуючому пробігу автобуса, що теж підлягають різній квантифікації залежно від класу призначення (intercity – міжміські, local – місцеві і city – міські маршрути) та домінуючого стану дорожнього покриття і інтенсивності використання піщано-солевих сумішей проти обледеніння доріг у різних місцях експлуатації (від максимальної інтенсивності у м. Києві з падінням рівня до мінімального на провінційних місцевих маршрутах).

Висновки. В умовах переходу від звичної у часи СРСР системи регламентованого, незначного за сучасними мірками терміну експлуатації автобуса до капітального ремонту у 6 – 7 років (9 років з мінімізацією уваги при проектуванні щодо антикорозійного захисту і конструкційних матеріалів) до загальноєвропейської практики регламентованого терміну і практики експлуатації автобусів понад 10 – 15 років без капітального ремонту кузова очевидна об'єктивна необхідність реалізації/оцінки ресурсних характеристик кузова автобуса уже на стадії проектних робіт. Реалізації європейської практики системи державного технічного контролю з оцінкою відповідності стану несівної частини кузова умовам пасивної безпеки руху обумовлює і відповідності реалії акценту на дану проблему.

1. Постанова КМУ № 137 від 30.01.2012 р. Про затвердження Порядку проведення обов'язкового технічного контролю та обсягів перевірки технічного стану транспортних засобів, технічного опису та зразка протоколу перевірки технічного стану транспортного засобу із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 485 від 23.09.2014, № 1138 від 23.12.2015, № 141 від 10.03.2017 / Кабінет Міністрів України. Офіц. Вид. – К.: Парлам. вид-во, 2012. – 37 с.

2. Gebrauchtbusbewertung. / Omnibus Revue TUV Bus-Report, 8(124), 2015. – 38 S.

3. «Критический возраст» - немецкий TUV об автобусах. / Коммерческий транспорт. Вып. 8(124), Москва, 2015. – 48 с.

4. Акопян Р.А. Некоторые принципы оптимизации параметров пневматических подвесок автотранспортных средств на основе современных представлений о критерии плавности хода: монография / Р.А. Акопян, П.Н. Гащук, Я.И. Пидгородецкий // Пневматическое подрессоривание транспортных средств. – Львов: Вища шк., 1984. – Ч. 3.

5. Акопян Р.А. Спектральный анализ напряжений в элементах несущей системы -автобуса ЛАЗ-698 при разных эксплуатационных параметрах // Исследование конструкций и эксплуатационной надежности автобусов. / Труды ВКЭИавтобуспрома, Львов, 1976. С. 3-19.

6. Кельман І.І. Основи забезпечення системної ефективності експлуатаційних властивостей автобусів // Львів, вид. Мета, 2001. – 200 с.

7. Определение эксплуатационной надежности автомобилей в опорных автотранспортных предприятиях / О.В. Гладков, В.С. Лукинский, Н.И. Веревкин и др.; Под ред. В.С. Лукинского. Л.: ЛИСИ, 1976.

8. Лукинский В.С. Оценка усталостной долговечности элементов трансмиссии автобусов ЛАЗ 695Е и ЛАЗ695М с использованием обобщенных нагрузочных режимов / В.С. Лукинский, Н.И. Веревкин, А.Д. Старинский, С.И. Магдыш и др. // Труды ВКЭИавтобуспрома, Львов, 1976, с.21 – 34

9. Горбай О.З. Міцність та пасивна безпека автобусних кузовів: монографія / О.З. Горбай, К.Е. Голенко, Л.В. Крайник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с.

10. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – К.:ДП «Укрархбудінформ», 2015. – 104 с.

11. Хачатуров А.А. Динамика системы «дорога-шина-автомобиль-дорога» / А.А. Хачатарув // Москва, Машиностроение, 1976. – 535 с.

12. Силаев А.А. Спектральная теория подрессоривания транспортных машин: изд. 2-е переработ. и доп. / Силаев А.А. – М.: Машиностроение, 1972 . – 192 с.

13. Житенко О.В. Динаміка коливань і компонування автовоза / Динаміка і міцність машин / О.В.Житенко, Л.В.Крайник // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка» – Львів, 2007. - №588. - С.31 – 35.

14. www.matlab.com

15. Крайник Л.В. Оцінка зміни фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова автобуса в процесі експлуатації / Л.В. Крайник, Д. П. Рубан, Г. Я. Рубан // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця, 2017. – № 1. С. 35 – 40.

16. Похмурский В. И. Коррозионная усталость металлов / В. И. Похмурский. – М.: Металлургия – Автодата, 1985. – 207 с.

REFERENCES

1. CMU Resolution No. 137 dated January 30, 2012 On approval of the procedure for obligatory technical control and volumes of inspection of the technical condition of vehicles, technical description and specimen of the protocol for checking the technical condition of the vehicle, as amended in accordance with the provisions of the CM № 485 dated 23.09. 2014, в "- 1138 from 12/23/2015, № 141 dated March 10, 2017: Cabinet of Ministers of Ukraine (2017). Kiev: Parliamentary Publishing House.

2. Gebrauchtbusbewertung. / Omnibus Revue TUV Bus-Report, 8(124), 2015. – 38 S.

3. "Critical age" - German TUV about buses. (1993). Commercial transport, 8(124), Moscow.

4. Akopyan, R.A., Gashchuk, P.N., Pidgorodetsky, J.I. (1984). Some principles of optimizing the parameters of pneumatic suspension of vehicles based on modern concepts of the smoothness criteria. Pneumatic suspension of vehicles: monograph. [Monograph]. Lviv: High school[in USSR].

5. Akopyan, R.A. (1976). Spectral analysis of stresses in elements of the carrier system of the LAZ-698 at various operational parameters [Investigation of the structures and operational reliability of buses]. Proceedings of VKEhIavtobusproma, 3-19 [in USSR].

6. Kelman, I.I. (2001). Basics of ensuring the system efficiency of the operational properties of buses. Lviv: Meta Publishing House [in Ukrainian].
7. Gladkov, O.V., Lukinsky, V.S., Verevkin, I.I. (1976). Determination of the operational reliability of vehicles in supporting motor vehicles, V.S. Lukinsky (Ed.). Leningrad: LISI [in USSR].
8. Lukinsky, B.S., Verevkin, I.I., Starinskiy, A.D., Magdysh, S.I. (1976). Evaluation of the fatigue life of the transmission elements of the LAZ 695E and LAZ695M buses using the generalized load modes. [Proceedings of VKEIavtobusprom]. Lviv: High school[in USSR].
9. Horbaj, O. & Holenko, K. & Kraynyk, L. (2013) Durability and passive safety of bus baskets. [Monograph. Publishing House of Lviv polytehnyk]. Lviv, 276 p.
10. DBN V.2.3-4: 2015 Motorways. Part I. Design. Part II. Construction (2015): Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. Kiev: DP "Ukrhbudinform".
11. Khachaturov, A.A. (1976). Dynamics of the "road-tire-car-road" system. Moscow: Mechanical engineering [in USSR].
12. Silaev, A.A. (1972). Spectral theory of suspension of transport vehicles. Moscow: Mechanical engineering [in USSR].
13. Zhitenko, A. & Kraynyk, L. (2007) Dynamics of oscillation and lay-out of car transporter. Dynamics and durability of cars. [Bulletin of Lviv Polytechnic National University]. Lviv, 588, pp. 31 – 35.
14. www.matlab.com
15. Kraynyk, L. & Ruban, D. & Ruban, H. (2017) Estimation of change of physical and mechanical properties of the body frame elements of the bus during operation. [Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute]. Vinnytsya, pp. 35 – 40.
16. Pokhmursky, V. (1985) Corrosion fatigue of metals. [Reference book]. Moscow, Metallurgy - Autodata. 207 p.

Рубан Д.П., Крайник Л.В. Методология прогностической оценки ресурсной долговечности автобусов.
Рассмотрены методологические основы компьютерного расчета-прогностической оценки ресурса автобусов, в том числе кузова как определяющей идентификационной составляющей конструкции в зависимости от условий эксплуатации. В частности в зависимости от эксплуатационной загрузки/пассажиропотока, типа и состояния дорог-формирования усталостной прочности несущей основы кузова с учетом ухудшения прочности металла под воздействием коррозии.
Ключевые слова: автобус, долговечность, кузов, усталостная прочность, коррозия, микропрофиль дороги.

D. Ruban, L. Kraynyk. Methodology of predictive estimation of lifetime buses
The methodological bases of computer calculation-prognostic estimation of the buses' resource, in particular the body as the determining identifying component of the design and depending on the operating conditions, are considered. In particular, depending on the operational load / passenger flow and the type and condition of roads, the formation of tired strength of the bearing body base taking into account the deterioration of the strength of the metal under the influence of corrosion.
Keywords: *bus, durability, body, fatigue strength, corrosion, microprofile of the road.*

АВТОРИ:
РУБАН Дмитро Петрович, кандидат технічних наук, доцент, провідний інженер з якості, ПАТ «Черкаський автобус», e-mail: ruban_dimon@ukr.net
КРАЙНИК Любомир Васильович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автомобілебудування», Національний університет *«Львівська політехніка»*, e-mail: l.kraynyk@gmail.com

АВТОРЫ:
РУБАН Дмитрий Петрович, к.т.н., доцент, ведущий инженер по качеству, ПАО «Черкасский автобус», e-mail: ruban_dimon@ukr.net
КРАЙНИК Любомир Васильевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автомобилестроения», Национальный университет*«Львовская политехника»*, e-mail: l.kraynyk@gmail.com

AUTHORS:
Dmytro RUBAN, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, leading quality engineer, PJK «Tcherkasy bus», e-mail: ruban_dimon@ukr.net
Lubomyr KRAYNYK, Doctor of Science in Engineering, Professor, Professor Department of automobiles construction, National University “Lvivska Politehnika”, e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 21.04.2018р.

© Сахно В.П., Мурований І.С., Стельмащук В.В., Онищук В.П., Омельницький О.Є. 2018

УДК 629.113
UDC 629.113

Сахно[1] В.П., Мурований[2] І.С., Стельмащук[2] В.В., Онищук[2] В.П., Омельницький[1] О.Є.
[1]*Національний транспортний університет*
[2]*Луцький національний технічний університет*

ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ МАНЕВРЕНОСТІ МЕТРОБУСА

Проведеними дослідженнями кінематики повороту триланкового метробуса встановлено, що поліпшити показники маневреності триланкового метробуса за рахунок компонувальних параметрів автобуса і причіпних ланок у граничних режимах руху практично неможливо. Наявність керованого причепа показує на досить складні залежності кутів складання від кута повороту керованих коліс автобуса, проте за обраного передаточного відношення приводу управління метробус не вписується у допустиму смугу руху, регламентовану DIRECTIVE 2002/7/EC. Це необхідно враховувати при проектуванні траси для руху триланкових метробусів.

Ключові слова: автопоїзд, причіп, зміщення, траєкторія, габаритна смуга руху, привод управління, передаточне відношення

Постановка проблеми. Метробус або нова система автобусного руху "Швидкісний автобусний транспорт" (Bus Rapid Transport, BRT) має свої, окремі від основного транспорту, смуги руху на вулицях міста [1]. Ця система має ряд незаперечних переваг:

- висока пасажиромісткість і ефективні платіжні системи забезпечують недорогий проїзд;
- висока швидкість пересування дозволяє метробуса перевозити вагому частку пасажиропотоку, що сприяє зменшенню кількості авто на дорогах міста і, відповідно, зменшенню викидів вихлопних газів;
- розширена інформаційна система інформує пасажирів про розклад маршрутів.

У даний час, все більше міст вибирають систему швидкісного автобусного транспорту з таких важливих причин, як вартість і зручність. Вартість будівництва рейкового ширококолійного транспорту, як метро, у 10 разів вище, ніж BRT. Більше того, міста, які вибирають систему BRT, можуть почати її експлуатацію на протязі 2 років, а будівництво метро може затягнутися десятиліттями.

Сьогодні, метробуси працюють в багатьох країнах: США, Бразилія, Венесуела, Колумбія, Гватемала, Канада, Мексика, Австралія, Нова Зеландія, Японія, Іран, Туреччина, Франція, Чехія, Росія, Казахстан та ін. Цей список швидко оновлюється, так як все більше міст приймає рішення на користь системи BRT. Метробус пропонується і в Києві. У різних містах і країнах система може виглядати по-різному: десь будують спеціальні пункти зупинки з платформою, в інших використовують невеликі станції зупинки. Єдиного стандарту ніде немає, кожне місто вирішує свої проблеми за своїм, з огляду на географічне положення міста, рух пасажиропотоку, забудову міста. Але всі сходяться в одному - BRT відмінний спосіб помічник у вирішенні екологічної та транспортної задачі [1].

У роботі [2] розглянута кінематика повороту дво- і триланкових метробусів, визначені габаритні радіуси повороту і габаритна смуга руху, яка при фіксованому внутрішньому габаритному радіусі Rвг=5,3 м склала для дволанкових 8,9 м, а триланкових – 9,9 м, що значно перевищує максимально допустиму за DIRECTIVE 2002/7/EC [3]. Тому метою роботи є поліпшення маневреності метробусів за рахунок керованих причіпних ланок.

Результати досліджень. У роботах [4-10] доведено, що маневреність транспортних засобів на попередньому етапі можна визначати на жорстких у бічному напрямку колесах. При цьому похибка розрахунків габаритної смуги руху (ГСР) не перевищить 10…12%.

Методика розрахунку ГСР базується на визначенні кутів складання ланок автопоїзда і зміщення траєкторій ведених ланок щодо траєкторії автомобіля-тягача. Ця методика може бути застосована і для визначення ГСР метробуса з керованими причіпними ланками.

Траєкторія кожної ланки автопоїзда визначається траєкторією її головної точки, тобто при розгляді питань кінематики повороту триланкового причіпного автопоїзда його можна звести до двовісного автомобіля-тягача і двох одновісних причепів, рис. 2.

У такому випадку триланковий метробус можна розділити на дві пари кінематичних ланок – автобус + перший причіп з некерованими колесами (осями) і перший причіп + другий причіп з керованою задньою віссю. Дволанковий метробус можна отримати із триланкового, якщо знехтувати першим причепом.

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 ці загальнотеоретичні положення по відношенню до першої пари ланок метробуса. При цьому для спрощення викладок приймаємо, що точка зчіпки автобуса з причепом збігається з головною точкою автобуса.

Рух ланок метробуса по відношенню до опорної поверхні (площині XOY) є абсолютним і в кожний даний момент обертання кожна його ланка має свій миттєвий центр обертання: автобус – т. O_0 і перший причіп – т.O_1. Ведена ланка (причіп), здійснюючи абсолютний рух навколо центра O_1, одночасно переміщується відносно ведучої ланки (автобуса) з миттєвим центром швидкостей O'_0 обертання в точці зчеплення, рис. 1.

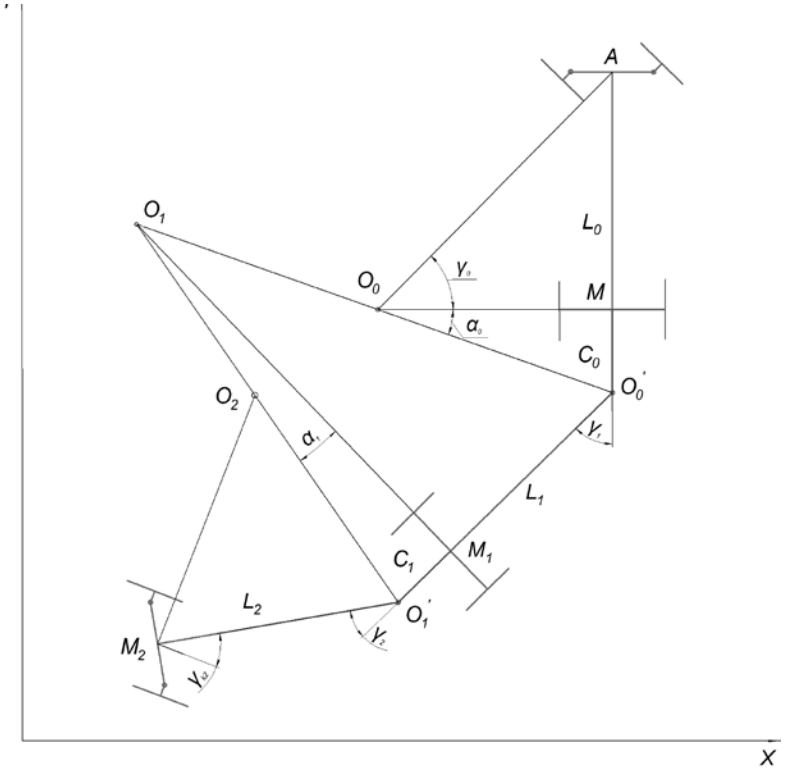


Рисунок 1 – Схема повороту триланкового метробуса з керованим другим причепом

При цьому між поздовжніми осями ланок виникає кут складання γ_1. Рух же автобуса є для причепа переносним з миттєвим центром швидкостей у точці O_0. Таким чином, ведена ланка – причіп здійснює складний рух: переносний з автобусом з кутовою швидкістю ω_C, відносний – з кутовою швидкістю ω і абсолютний – з кутовою швидкістю ω_1 і з відповідними центрами обертання O_0, O'_0, O_1.

При односторонньому криволінійному русі автопоїзд проходить декілька стадій [4]:

- стадія початкового прямолінійного руху (перед поворотом). Абсолютні миттєві центри швидкостей автобуса і причепа знаходяться в нескінченності; відносна кутова швидкість ведучої ланки рівна нулю;

- стадія входження в поворот (рис. 2, *а*). Рух по головній вхідній траєкторії характеризується тим, що кут повороту керованих коліс автобуса збільшується від нуля до деякої заданої водієм величини; в частковому випадку – поворот з місця, без руху по вхідній траєкторії. Абсолютні миттєві центри обертання автобуса і причепа поступово переміщуються (при повороті з ходу) по лінії $\overline{O_0O_0'}$ з нескінченності до положення, що відповідає: для автобуса – поворот керованих коліс на кут γ_{0MAX}

(точка С), а для причепа – деякому значенню кута складання γ_1 ланок. Відстань $\overline{O_0O_0'} \neq 0$, а відносна кутова швидкість обертання причепа $d\gamma_1/dt < 0$.

- стадія кругового повороту. Рух автобуса відбувається по коловій траєкторії з постійним радіусом, коли центр O_0 співпадає з точкою С (рис. 2, *б*). Кут повороту керованих коліс автобуса досягає свого максимального значення на цьому повороті і залишається деякий час постійним. Абсолютний миттєвий центр обертання O_0 автобуса займає положення, яке відповідає мінімальному радіусові R_{0MIN}. Абсолютний миттєвий центр обертання причепа може розташовуватися наступним чином. При першому варіанті, тобто при негранічному повороті, центр O_1 не досягає точки С до кінця стадії кругового повороту і відстань O_0O_1 на цій стадії залишається більшою нуля. Відносна кутова швидкість причепа $d\gamma_1/dt < 0$. Іншими словами, круговий поворот автобуса закінчується до того, як співпадуть переносний і абсолютний центри обертання причепа. Це найбільш поширений випадок повороту метробуса. При другому варіанті, тобто при граничному повороті, круговий рух автобуса закінчується після того, як переносний і абсолютний центри обертання причепа співпадуть з абсолютним центром обертання автобуса (рис. 2, *в*) у точці С. Відносна кутова швидкість $d\gamma_1/dt = \omega_0 = \omega_1$, тобто метробус обертається як єдине ціле навколо центра С;

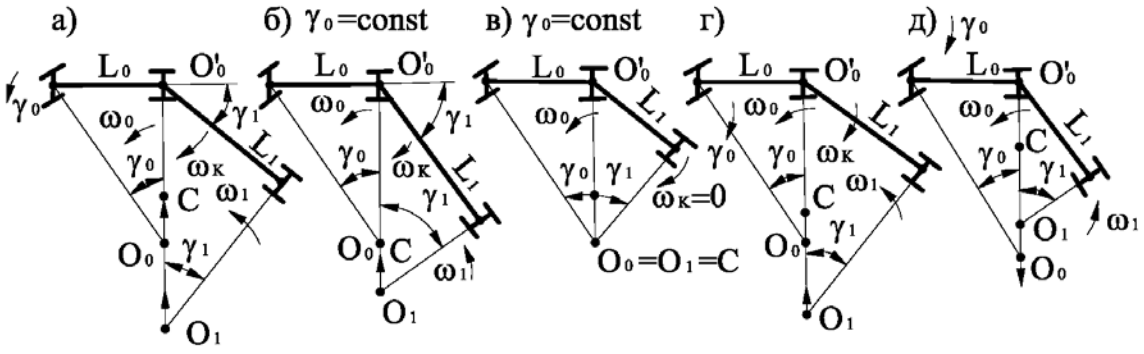


Рисунок 2 – Положення першої пари кінематичних ланок метробуса [4]

- стадія виходу з повороту. Рух автобуса відбувається по головній вихідній траєкторії при поступовому зменшенні кута γ_0 від γ_{0MAX} для даного повороту до нуля при виході на пряму. Так же, як і при вході в поворот, керовані колеса можуть бути повернуті на місці, тобто при режимному параметрі $K_П \to \infty$. При виході з повороту абсолютні миттєві центри обертання автобуса і причепа поступово переміщуються у нескінченність, залишаючись на одній лінії $\overline{O_1O_0'}$, а відстань $\overline{O_1O_0}$ все інтенсивніше збільшується. При найбільш реальному негранічному повороті в початковий період зменшення кута γ_0 від γ_{0MAX} до деякого проміжного значення $0 < \gamma_0 < \gamma_{0MAX}$ кут складання γ_1 продовжує збільшуватися. Це пояснюється тим, що абсолютний центр обертання O_0 автобуса прямує в нескінченність, а абсолютний центр обертання O_1 причепа рухається йому назустріч (рис. 2, *г*) і, значить, відповідно до теореми про складання обертань плоскої фігури, напрями переносного і відносного рухів повинні бути зворотніми і по схемі (рис. 2,*г*) кутова швидкість ω_K повинна бути направлена за годинниковою стрілкою. Збільшення кута складання буде відбуватися, доки обидва абсолютні центри обертання O_0 і O_1 не зустрінуться в одній точці. Цим закінчується перша фаза. З цього моменту кут γ_1 починає зменшуватися і починається друга фаза негранічного повороту. Граничний поворот маловірогідний і вихід з нього практично співпадає за своїми характеристиками з другою фазою виходу з негранічного повороту (рис. 2, *д*). Одразу ж зі зменшенням кута γ_0 кут складання γ_1 ланок починає також зменшуватися, відстань $\overline{O_0O_1}$ стає менше нуля і збільшується, прямуючи до нескінченності;

- вихід автомобіля-тягача на прямолінійну траєкторію. Ця стадія характерна тим, що хоча автобус і рухається прямолінійно ($\gamma_0 = 0$, $\omega_0 = 0$), причіп, як правило, продовжує криволінійний рух асимптотично наближуючись до прямолінійної траєкторії автобуса і кут складання зменшується.

Розглянуті закономірності криволінійного руху першої пари ланок метробуса, а саме автобус і перший причіп справедливі і для другої пари – перший причіп з некерованими колесами (осями) і другий причіп з керованими колесами задньої осі (поворотною задньою віссю).

Аналіз залежностей криволінійного руху метробуса дає чітку картину процесу повороту. Для визначення положення його причіпних ланок на повороті необхідно знайти величини кутів складання, які визначають положення ведених причіпних ланок автопоїзда на повороті.

Розглянемо рух першої пари ланок метробуса (рис. 3), що складається з двовісного автобуса (тривісний автобус може бути приведений до двовісного) і одновісного причепа (двовісний причіп з центрально розташованими осями може бути приведений до одновісного), що має неповоротну ходову вісь і винос c_0 точки зчеплення автобуса з причепом O'_0, через що виникає кут α_0. Поздовжні осі автобуса і причепа повернуті по відношенню до вихідного прямолінійного положення вздовж осі x відповідно на кути ψ_0 і ψ_1.

З рис. 3 слідує, що $\gamma_1 = \psi_0 - \psi_1$. Диференціювання цього рівняння для першої причіпної ланки – причепа дає рівняння [4]:

$$\frac{d\gamma_1}{dt} = \frac{d\psi_0}{dt} - \frac{d\psi_1}{dt} = \omega_0 - \omega_1. \qquad (1)$$

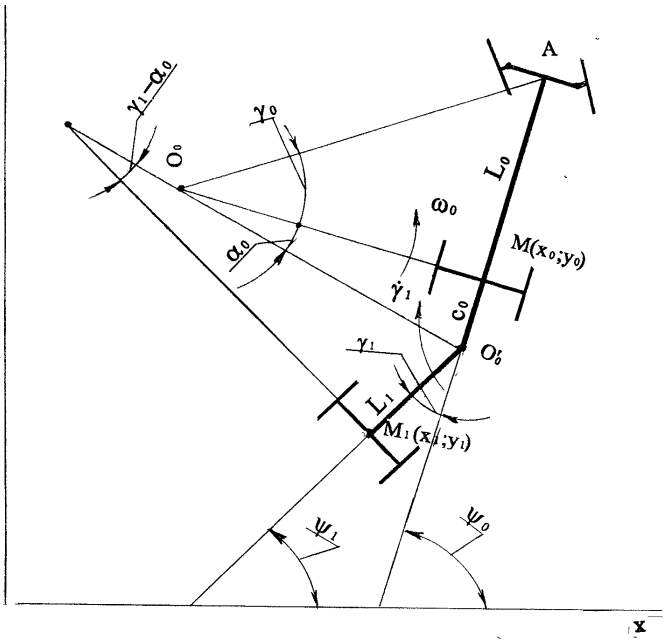


Рисунок 3 – Схема криволінійного руху автобуса і першого причепа

Рівняння (1) для другого причепа:

$$\frac{d\gamma_2}{dt} = \omega_1 - \omega_2, \qquad (2)$$

де γ_2– кут складання між першим і другим причепом;
ω_1 і ω_2 – абсолютні кутові швидкості повороту першого і другого причепа.

Рух триланкового метробуса опишеться системою диференційних рівнянь [4]:

$$\frac{d\gamma_1}{dt} = \omega_0 - \omega_1, \qquad \frac{d\gamma_2}{dt} = \omega_1 - \omega_2 \qquad (3)$$

Записана система рівнянь (3) дає можливість отримати значення кутів складання в залежності від конструктивно-геометричних факторів і режиму руху метробуса. Для цього необхідно розгорнути рівняння (3) і визначити співвідношення $\overline{O_0O_0'}/\overline{O_1O_0'}$, а також $\overline{O_1O_1'}/\overline{O_2O_1'}$.

Згідно до схеми криволінійного руху автопоїзда (рис. 3) маємо:

$$\overline{O_0O_0'} = \frac{O_0M}{\cos(\alpha_0)}. \tag{4}$$

Але з трикутника O_0MA можна отримати вираз:

$$\frac{L_0}{O_0M} = tg(\gamma_0) \Rightarrow O_0M = \frac{L_0}{tg(\gamma_0)}, \tag{5}$$

$$\overline{O_0O_0'} = \frac{L_0}{tg(\gamma_0)\cdot\cos(\alpha_0)}. \tag{6}$$

Тоді з трикутника $O_1O'_0M_1$ отримуємо:

$$\overline{O_1O_1'} = \frac{L_1}{\sin(\gamma_1-\alpha_0)}, \tag{7}$$

$$\frac{\overline{O_1M_1}}{\sin(\pi/2-\gamma_1+\alpha_0)} = \frac{L_1}{\sin(\gamma_1-\alpha_0)}, \quad \overline{O_1M_1} = \frac{L_1\cdot\cos(\gamma_1-\alpha_0)}{\sin(\gamma_1-\alpha_0)}. \tag{8}$$

Згідно отриманих рівнянь невідомими залишаються ще значення двох векторів, зокрема $O_1O'_1$ та $O_2O'_1$. Значення одного з них знайдемо з трикутника $O_1O'_1M_1$:

$$\overline{O_1O_1'} = \frac{\overline{O_1M_1}}{\cos\alpha_1}, \tag{9}$$

Після підстановки виразу (8) у (9) отримаємо:

$$\overline{O_1O_1'} = \frac{L_1\cdot\cos(\gamma_1-\alpha_0)}{\sin(\gamma_1-\alpha_0)}. \tag{10}$$

Після визначення вектора $\overline{O_1O_1'}$ знайдемо вектор $\overline{O_2O_1'}$. З трикутника $O_2M_2O_1'$ отримаємо:

$$\overline{O_2O_1'} = \frac{L_2}{\sin\gamma_2}. \tag{11}$$

Тепер, взявши до уваги (6), можливо переписати рівняння для першого кута складання у розгорнутому вигляді:

$$\frac{d\gamma_1}{dt} = \omega_0\left(1-\frac{L_0}{tg(\gamma_0)\cdot\cos(\alpha_0)}\cdot\frac{\sin(\gamma_1-\alpha_0)}{L_1}\right), \tag{12}$$

.

Як відмічалося раніше, другий причіп метробуса виконаний керованим. Найбільш вживаним на-сьогодні є прямий привід управління колесами (осями) причіпних ланок. При цьому кут повороту повороту керованих коліс (осей) ланок запишеться через відповідне передаточне відношення [4]:

$$\gamma_{K2} = \frac{\gamma_2}{i_1} - \gamma_2 . \qquad (13)$$

)

Прийнявши до уваги два вищезазначені вирази отримуємо:

$$\frac{d\gamma_1}{dt} = \omega_0 \left(1 - \frac{L_0}{tg(\gamma_0)\cdot\cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\gamma_1 - \alpha_0)}{L_1} \right), \qquad (14)$$

$$\frac{d\gamma_2}{d\gamma_0} = \frac{sin\left(\frac{\gamma_1}{i_0} - \alpha_0\right)}{K_П \cdot L_1 \cdot cos\left(\frac{\gamma_1}{i_0} - \gamma_1\right) \cdot cos(\alpha_0)} \cdot \left(1 - \frac{\cos\left(\frac{\gamma_1}{i_0} - \gamma_1\right)}{\cos\left(\frac{\gamma_1}{i_0} - \gamma_1 + \alpha_1\right)} \cdot \frac{L_1 \cdot \cos(\gamma_1 - \alpha_0)}{\sin\left(\frac{\gamma_1}{i_0} - \alpha_0\right)} \cdot \frac{\sin\left(-\frac{\gamma_1}{i_0} + \gamma_1 + \frac{\gamma_2}{i_1} - \alpha_1\right)}{L_2 \cdot \cos\left(\frac{\gamma_2}{i_1} - \gamma_2\right)} \right) \qquad (15)$$

Під час виконання повороту величина кута α_0 повністю залежить від відповідного кута повороту керованих коліс автомобіля-тягача γ_0. Тому перепишемо рівняння (14) і (15), виключивши з них величину α_0. Так за відомими тригонометричними формулами маємо:

$$sin(\gamma_1 - \alpha_0) = sin\,\gamma_1 \cdot cos(\alpha_0) - sin(\alpha_0) \cdot cos\,\gamma_1 = \boldsymbol{cos}\left(\alpha_0\right) \cdot \left[\boldsymbol{sin}\gamma_1 - tg\left(\alpha_0\right) \cdot \boldsymbol{cos}\gamma_1 \right] \qquad (16)$$

Тоді за допомогою нескладних перетворень отримаємо:

$$tg(\alpha_0) = \frac{C_0}{O_0 M} = \frac{C_0 \cdot tg(\gamma_0)}{L_0} . \qquad (17)$$

Використовуючи відому тригонометричну залежність отримаємо:

$$1 + tg^2(\alpha_0) = \frac{1}{\cos^2(\alpha_0)} \Rightarrow \cos(\alpha_0) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{C_0 \cdot tg(\gamma_0)}{L_0} \right)^2}} . \qquad (18)$$

Оскільки значення кута α_0 не може перевищити 90°, то значення косинуса завжди залишатиметься додатнім. Поряд з цим маємо ще ряд виразів:

$$\cos(\gamma_1 - \alpha_0) = \cos(\gamma_1) \cdot \cos(\alpha_0) + \sin(\gamma_1) \cdot \sin(\alpha_0) =$$

$$= \cos(\alpha_0) \cdot \left[\cos(\gamma_1) + tg(\alpha_0) \cdot \sin(\gamma_1) \right]. \qquad (19)$$

Замінивши у рівняннях (15) і (16) відповідні вирази на (17)...(19), отримаємо:

$$\frac{d\gamma_1}{d\gamma_0} = \frac{tg(\gamma_0)}{K_П \cdot L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{tg(\gamma_0)} \cdot \frac{\left(sin\,\gamma_1 - \frac{C_0 \cdot tg(\gamma_0)}{L_0} \cdot cos\,\gamma_1 \right)}{L_1} \right), \qquad (20)$$

$$\frac{d\gamma_2}{d\gamma_0}=\frac{\left(\sin\gamma_1-\frac{C_0\cdot tg(\gamma_0)}{L_0}\cdot\cos\gamma_1\right)}{K_П\cdot L_1}-\frac{\left(\cos(\gamma_1)+\frac{C_0\cdot tg(\gamma_0)}{L_0}\cdot\sin(\gamma_1)\right)}{K_П\cdot\cos\left(\frac{\gamma_2}{i_1}-\gamma_2\right)}\cdot\frac{\sin\left(\frac{\gamma_2}{i_1}-\gamma_2\right)}{L_2} \qquad (21)$$

З формул (20) і (21) видно, що отримані рівняння не складають систему, бо перше рівняння зовсім не залежить від другого. Тобто, коли в автопоїзді немає зворотніх зв'язків, то рух наступних ланок не впливає на рух попередніх ланок. Така схема дуже ідеалізована, але враховуючи, що триланковий метробус не може виконувати поворот з високою швидкістю, на практиці розходження між розрахунковими і дійсними значеннями лежать у допустимих межах.

Оскільки в загальному випадку під час виконання повороту метробус проходить чотири стадії (входження в поворот, рух по колу, вихід з повороту, прямолінійний рух до повернення всіх параметрів у початковий стан), то рівняння (20) і (21) можна застосувати лише для першої стадії виконання повороту.

Під час руху по коловій траєкторії з радіусом R_{0MIN} (якщо є така ділянка) визначальним параметром стає центральний кут φ_K. Прийнявши до уваги співвідношення $d\gamma_0 = R_{0MIN} \cdot K_П \cdot d\varphi_K$, а також умову, що $\gamma_0 = const = \gamma_{0MAX}$ отримаємо:

$$\frac{d\gamma_1}{d\varphi_K}=\left(1-R_{0MIN}\cdot\frac{\left(\sin\gamma_1-\frac{C_0}{R_{0MIN}}\cdot\cos\gamma_1\right)}{L_1}\right), \qquad (22)$$

$$\frac{d\gamma_2}{d\varphi_K}=\frac{\left(\sin\gamma_1-\frac{C_0}{R_{0MIN}}\cdot\cos\gamma_1\right)\cdot R_{0MIN}}{L_1}-\frac{\left(\cos(\gamma_1)+\frac{C_0}{R_{0MIN}}\cdot\sin(\gamma_1)\right)\cdot R_{0MIN}}{L_2\cdot\cos\left(\frac{\gamma_2}{i_1}-\gamma_2\right)}\cdot\frac{\sin\left(\frac{\gamma_2}{i_1}-\alpha_1\right)}{\cos\alpha_1} \qquad (23)$$

При виході з повороту застосовують рівняння (20) і (21), але оскільки рульове колесо обертається у зворотньому напрямку, то коефіцієнт $K_П$ має від'ємне значення.

Остання стадія – прямолінійний рух автобуса до того часу, поки всі вихідні параметри не повернуться у вихідний стан. Так на цій стадії кути складання ланок метробуса вже не залежать від положення керованих коліс, а лише від шляху, який проходить автобус. При цьому $\gamma_0 = 0$. Отже отримаємо:

$$\frac{d\gamma_1}{dS_0}=-\frac{\sin\gamma_1}{L_1}, \qquad (24)$$

$$\frac{d\gamma_2}{dS_0}=\frac{\sin\gamma_1}{L_1}-\frac{\cos(\gamma_1)}{\cos\left(\frac{\gamma_2}{i_1}-\gamma_2\right)}\cdot\frac{\sin\left(\gamma_1+\frac{\gamma_2}{i_1}\right)}{L_2\cdot\cos\left(\frac{\gamma_2}{i_1}-\gamma_2\right)}. \qquad (25)$$

Отримана система рівнянь описує залежності кутів складання триланкового метробуса для різних стадій його повороту. Для її практичного застосування необхідно виконати ще ряд перетворень.

Отже, якщо прийняти, що точка O'_0 рухається зі сталою швидкістю V_0, то, відповідно, усі точки метробуса обертатимуться навколо миттєвого центра швидкостей O_0 з кутовою швидкістю ω_0, яка в свою чергу може бути знайдена:

$$\omega_0 = \frac{V_0}{\overline{O_0M}} = \frac{V_0 \cdot tg(\gamma_0)}{L_0}. \quad (26)$$

Тоді перший причіп обертатиметься навколо миттєвого центра швидкостей O_1 з кутовою швидкістю ω_1:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0 \cdot \overline{O_0'O_0}}{\overline{O_1O_0'}} = \frac{V_0 \cdot \sin(\gamma_1 - \alpha_0)}{L_1 \cdot \cos(\alpha_0)}. \quad (27)$$

Тепер систему диференційних рівнянь можна представити у вигляді:

$$\frac{d\gamma_1}{dt} = \frac{V_0 \cdot tg(\gamma_0)}{L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{tg(\gamma_0) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\gamma_1 - \alpha_0)}{L_1}\right), \quad (28)$$

$$\frac{d\gamma_2}{dt} = \frac{V_0 \cdot sin(\gamma_1 - \alpha_0)}{L_1 \cdot cos(\alpha_0)} \cdot \left(1 - \frac{L_1 \cdot cos(\gamma_1 - \alpha_0)}{sin(\gamma_1 - \alpha_0)} \cdot \frac{sin\left(\frac{\gamma_2}{i_1} - \gamma_2\right)}{L_2}\right) \quad (29)$$

Але у лівій частині рівнянь присутній вираз dt, що є не зручним для використання, тому перепишемо їх інакше.

Відомо, що $\gamma_0 = K_П \cdot V_0 \cdot t$. Тоді, якщо швидкість залишається незмінною, $d\gamma_0 = K_П \cdot V_0 \cdot dt$. Звідси маємо:

$$\frac{d\gamma_1}{d\gamma_0} = \frac{tg(\gamma_0)}{K_П \cdot L_0} \cdot \left(1 - \frac{L_0}{tg(\gamma_0) \cdot \cos(\alpha_0)} \cdot \frac{\sin(\gamma_1 - \alpha_0)}{L_1}\right), \quad (30)$$

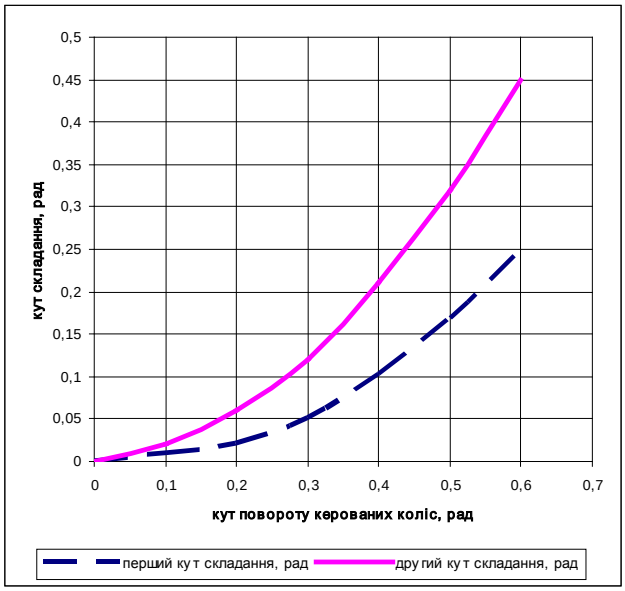
$$\frac{d\gamma_2}{d\gamma_0} = \frac{sin(\gamma_1 - \alpha_0)}{K_П \cdot L_1 \cdot cos(\alpha_0)} \cdot \left(1 - \frac{L_1 \cdot cos(\gamma_1 - \alpha_0)}{sin(\gamma_1 - \alpha_0)} \cdot \frac{sin\left(\frac{\gamma_2}{i_1} - \gamma_2\right)}{L_2}\right) \quad (31)$$

Отримані диференційні рівняння у загальному вигляді не інтегруються. Тому для їх вирішення було застосовано прикладне програмне забезпечення Mathcad.

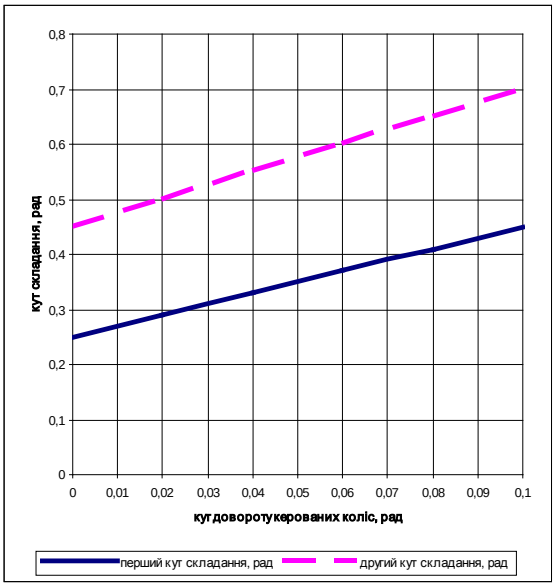
На рис. 2.19 – 2.20 наведені результати розрахунку кутів складання триланкового метробуса із задньою керованою віссю другого причепа за прямого приводу на цю вісь і передаточного відношення приводу управління 0,5. За знайденими кутами складання були визначені зміщення траєкторій ланок триланкового метробуса і габаритна смуга руху необхідна для повороту метробуса на 90^0, 180^0 і за колового руху, табл. 1. У цій же табл.1 наведені значення зміщення траєкторії ланок метробуса і його ГСР за некерованих причепів.

Висновки. Проведеними дослідженнями кінематики повороту триланкового метробуса встановлено:

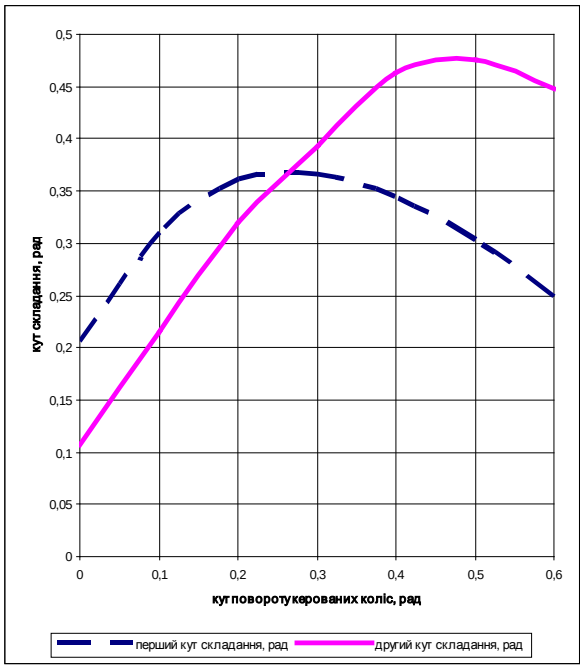
- при неграничному повороті поворот усіх елементарних кінематичних ланок здійснюється на першій стадії послідовно, причому друга ланка забігає більш інтенсивно у внутрішню сторону повороту, збільшуючи другий кут складання у порівнянні з першим. Аналогічні змінюються і швидкості обертання ланок метробуса незалежно від режиму його повороту. Співвідношення кутів γ_0 і γ_1 в кінці першої стадії повороту складає біля 0,5, у той час як співвідношення кутів γ_2 і γ_1 становить більше одиниці;
- поліпшити показники маневреності триланкового метробуса за рахунок компонувальних параметрів автобуса і причіпних ланок у граничних режимах руху практично неможливо;
- кути складання суттєво залежать від режиму криволінійного руху автопоїзда. Зі зменшенням режимного коефіцієнта повороту зменшуються і кути складання ланок автопоїзда γ_1 і γ_2 при одному і тому ж значенні приведеного кута повороту γ_0 керованих коліс автобуса, так як метробус займає при цьому менш "складене" положення;



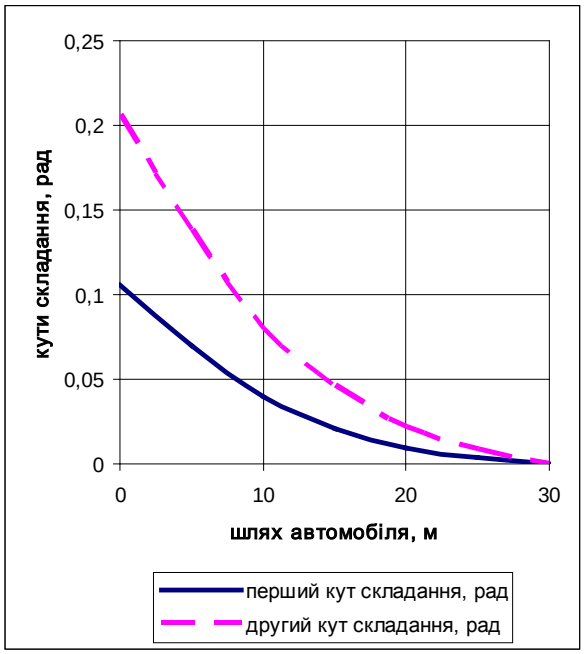
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4 – Залежність кутів складання ланок метробуса від кута повороту керованих коліс автобуса: а) вхід в поворот; б) коловий рух; в) вихід із повороту; г) прямолінійний рух автобуса

Таблиця 1 - Габаритна смуга руху триланкового метробуса

Габаритна смуга руху триланкового метробуса, м					
Поворот 90^0		Поворот 180^0		Коловий рух	
некерований	керований	некерований	керований	некерований	керований
6,8	6,1	8,2	7,5	9,9	8,1

- кут складання γ_2 в початковий період повороту автопоїзда може приймати від'ємні значення. Це явище спостерігається тільки при повороті з відносно великими значеннями режимного коефіцієнта повороту $К_П$ і пояснюється тим, що при різкому повороті автобуса точки зчеплення виходять за лінію початкового прямолінійного руху метробуса;

- при односторонньому повороті траєкторії причіпних ланок зміщуються по відношенню до траєкторії автобуса до центра повороту, збільшуючи при цьому габаритну смугу руху, причому зміщення траєкторій і габаритної смуги руху збільшуються зі збільшення бази причепів;

- нормоване значення габаритної смуги руху за реальних конструктивних параметрів триланкового метробуса з урахування усіх його можливих обмежень (бази автобуса, розташування точок зчеплення, бази причепа тощо) не може забезпечити триланковий метробус, що розглядається;

- наявність керованого причепа показує на досить складні залежності кутів складання від кута повороту керованих коліс автобуса, проте за обраного передаточного відношення приводу управління метробус не вписується у допустиму смугу руху, регламентовану DIRECTIVE 2002/7/EC. Це необхідно враховувати при проектуванні траси для руху триланкових метробусів.

1. Метробус или новая система автобусного движения. URL: https://econet.ru/articles/4435-metrobus-ili-novaya-sistema-avtobusnogo-dvizheniya

2. Сахно В.П. Маневреність метробусів /В.П.Сахно, В.В.Біліченко, В.М.Поляков, О.Є.Омельницький//Вісник машинобудування та транспорту. Вінницький національний технічний університет. – 2018. – №2.

3.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.

4. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда /Я.Х. Закин - М.: Транспорт, 1986. - 137 с.

5. Трехзвенные автопоезда /Я.Е.Фаробин, А.М.Якобашвили, А.М.Иванов и др. Под общ. ред. Я.Е.Фаробина – Машиностроение, 1993. – 224 с.: ил.

6. Перспективные большегрузные автопоезда для евроазиатских перевозок. Топалиди В.А. (УНЦ AIRCUZ "BILIMINTETRANS"). // www.iru-cis.ru/iru-moscow/ 2007/02_sr/doc/21/Topalidi_Uzbekistan_-Rus.pdf/.

7. Сахно В.П. До визначення показників маневреності триланкового причіпного автопоїзда /В.П.Сахно, А.Є.Бондаренко, В.М. Глінчук, І.С Мурований //Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник Північного наукового центру ТАУ. – 2006. – Випуск 9. – С.102-108.

8. Сахно В.П. До визначення показників маневреності трьохланкових автопоїздів /В.П. Сахно, І.Ф.Вороніна , В.В.Стельмащук // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В.Даля. - 2003. №11 (57). –с.213-218.

9. Сахно В.П. Маневреність триланкових автопоїздів /В.П.Сахно, І.Ф.Вороніна, С.С. Угляниця, В.В.Стельмащук // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ЦНЦ ТАУ. –2004. Окремий випуск №7. С.118-124.

10. Вороніна І.Ф. Порівняльна оцінка показників маневреності три ланкових автопоїздів різних компонувальних схем /І.Ф.Вороніна, К.В.Шкварко, В.В.Стельмащук // Вісник Національного транспортного університету. – К., 2004. – Вип. 9. – С.165-170.

REFERENCES

1. Metrobus ili novaya sistema avtobusnogo dvizheniya [A metrobus or a new bus system] Retrieved from https://econet.ru/articles/4435-metrobus-ili-novaya-sistema-avtobusnogo-dvizheniya [in Russian].

2. Sakhno V.P., Bilichenko V.V., Polyakov V.M., Omelnytsky O.E. (2018) Manevrenist metrobusiv [Maneuverability of Metrobus] Visnyk mashynobuduvannia ta transport – Journal of Mechanical Engineering and Transport. (Vol. 2) Vinnytsia: Vinnytsia National Technical University [in Ukrainian].

3. Amending Council Directive 96/53 / EC (2002) of 25 July 1996 laying down certain road vehicles vehicles circulating within the Community maximum permitted dimensions for national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. Official Journal of the European Communities. L67/47-49.

4. Zakin Ya.H. (1986) Manevrennost avtomobilya i avtopoezda [Maneuverability of the car and the trailer]. Moscow: Transport. 137 p.

5. Ya.E.Farobin, A.M. Yakobashvili, A.M. Ivanov, etc. (1993) Trehzvennyie avtopoezda [Three-axle road trains]. Moscow: Mechanical Engineering. 224 p.

6. Topalidi V.A. Perspektivnyie bolshegruznyie avtopoezda dlya evroaziatskih perevozok [Promising heavy truck trains for Euro-Asian transportation]. URL: www.iru-cis.ru/iru-moscow/2007/02_sr/doc/21/Topalidi_Uzbekistan-Rus.pdf/.

7. Sakhno V.P., Bondarenko A.E., Glinchuk V.M., Murovanyj I.S. (2006) Do vyznachennia pokaznykiv manevrenosti trylankovoho prychipnoho avtopoizda [To determination of indicators of maneuverability of a three-lane trailer carriage]. Avtoshliakhovyk Ukrainy. Okremyi vypusk. Visnyk Pivnichnoho naukovoho tsentru TAU – Roadster of Ukraine. Installment. Bulletin of the Northern Scientific Center of TAU. Issue 9. P.102-108 [in Ukrainian].

8. Sakhno V.P., Voronina I.F., Stelmashchuk V.V. (2003) Do vyznachennia pokaznykiv manevrenosti trokhlankovykh avtopoizdiv [To determination of indicators of maneuverability of three-lane road trains] Visnyk

Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V.Dalia. – Bulletin of East-Ukrainian National University named after V. Dahl. Vol. 11 (57). pp.213-218 [in Ukrainian].

9. Sakhno V.P., Voronin I.F., Ugllyanitsa S.S., Stelmashchuk V.V. (2004) Manevrenist trylankovykh avtopoizdiv [Maneuverability of three-axle road trains] Avtoshliakhovyk Ukrainy. Okremyi vypusk. Visnyk TsNTs TAU. – Roadster of Ukraine. Installment. Bulletin of TsNTS TAU. Separate Issue №7. pp.118-124 [in Ukrainian].

10. Voronina I.F., Shkvarko K.V., Stelmashchuk V.V. (2004) Porivnialna otsinka pokaznykiv manevrenosti try lankovykh avtopoizdiv riznykh komponuvalnykh skhem [Comparative estimation of maneuverability of three-link auto-trains of different layout schemes] Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu – Bulletin National Transport University. Vol.9. pp.165-170 [in Ukrainian]..

Сахно В.П., Мурованый И.С., Стельмащук В.В., Оныщук В.П., Омельницкий О.Е. **Пути улучшения маневренности метробуса**

Проведенными исследованиями кинематики поворота трехзвенного метробуса установлено, что улучшить показатели маневренности трехзвенного метробуса за счет компоновочных параметров автобуса и прицепных звеньев в предельных режимах движения практически невозможно. Наличие управляемого прицепа показывает на довольно сложные зависимости углов складывания от угла поворота управляемых колес автобуса, однако выбранные передаточные отношения привода управления метробусом не вписывается в допустимую полосу движения, регламентированную DIRECTIVE 2002/7 / ЕС. Это необходимо учитывать при проектировании трассы для движения трехзвенных метробусов.

Ключевые слова: автопоезд, прицеп, смещение, траектория, габаритная полоса движения, привод управления, передаточное отношение.

Sakhno V.P., Murovanyi I.S., Stelmashchuk V.V., Onyshchuk V.P., Omelnitsky O.E. **Ways to improve the maneuverability of the metro bus**

The conducted studies of the kinematics of the turning of the three-axle metro bus have established that it is almost impossible to improve the maneuverability of the three-axle metro bus due to the layout parameters of the bus and the trailer units in the limiting modes of motion. The presence of a managed trailer shows the relatively complex dependencies of the compilation angles on the angle of rotation of the steering wheels, but the selected transmission ratio of the drive control of the metro bus does not fit into the permissible traffic lane, as regulated by DIRECTIVE 2002/7 / EC. This should be taken into account when designing the route for the three-way metro bus.

Keywords: train, trailer, displacement, trajectory, overall traffic lane, control drive, gear ratio

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

МУРОВАНИЙ Ігор Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

СТЕЛЬМАЩУК Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: val.stelmashchuk@gmail.com

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

ОМЕЛЬНИЦЬКИЙ Олег Євгенович, аспірант кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: oleg@autoconsulting.com.ua

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

МУРОВАНЫЙ Игорь Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

СТЕЛЬМАЩУК Валерий Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

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

ОМЕЛЬНИЦКИЙ Олег Евгеньевич, аспирант кафедры «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: oleg@autoconsulting.com.ua

© Сахно В.П., Мурований І.С., Стельмащук В.В., Онищук В.П., Омельницький О.Є. 2018

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Igor MUROVANYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Head of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: igor_lntu@ukr.net

Valeriy STELMASHCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

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

Oleg OMELNITSKY , Postgraduate Student of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: oleg@autoconsulting.com.ua

Стаття надійшла в редакцію 20.04.2018р.

© Шраменко Н.Ю. 2018

УДК 656.025.4
UDC656.025.4

Шраменко Н.Ю.
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ПОСТАВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ МЕЛКИМИ ПАРТИЯМИ

Проведен анализ особенностей формирования развозочных маршрутов при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями и выявлены основные препятствия и недостатки. Определены законы распределения параметров процесса поставки сельскохозяйственных грузов мелкими партиями.

Ключевые слова: транспортное обслуживание, сельскохозяйственные грузы, мелкие партии груза, технологические особенности, развозочные маршруты, закон распределения

Постановка проблемы. Основной задачей транспорта было и остается своевременное и качественное удовлетворения нужд как предприятий и организаций, так и населения. В современных условиях целью организации транспортного процесса при поставке грузов является доставка груза необходимого качества и количества в заданное место, в назначенное время и с минимальными затратами.

С развитием мелкого и среднего предпринимательства в торговой сфере возникает все большая потребность в перевозках мелких партий грузов широкой номенклатуры большому количеству потребителей. Задача маршрутизации является одной из основных задач, которые решаются при планировании перевозок грузов мелкими партиями, от рационального решения которой во многом зависят эффективность использования подвижного состава и расходы на перевозку.

Для перевозок сельскохозяйственных грузов на короткие расстояния чаще всего используется грузовой автомобильный транспорт, который обеспечивает перевозку грузов с полей и сельскохозяйственных предприятий на склады предприятия и с этих складов на тока или объекты торговой сети.

Анализ практического опыта доказывает, что на мировом рынке сложилась тенденция к уменьшению размера партии отправки груза, поэтому для эффективного использования транспортных средств при осуществлении перевозок мелкими партиями, когда размер отправленной или полученной партии груза значительно меньший грузоподъемности автомобиля, целесообразно формировать развозочные маршруты.

Анализ последних исследований. В последнее время внимание исследователей привлекают задачи управления поставками сельскохозяйственных грузов автомобильным транспортом в условиях нестационарности спроса [1].

В современных условиях предоставления транспортных услуг существенное внимание отводится анализу влияния технико-эксплуатационных показателей работы транспорта на качество транспортного обслуживания [2]. Таким образом, не вызывает сомнения, что ухудшение характеристик работы транспорта приводит к снижению производительности транспортных средств и повышению затрат на перевозку [3-5].

Авторы в [6] отмечают, что оперативное планирование развозочных маршрутов усложняется наличием неравномерного распределения спроса на специфические грузы, к которым можно отнести и сельскохозяйственную продукцию.

Анализ литературных источников свидетельствует, что большинство существующих моделей организации транспортного процесса практически не учитывают необходимость достижения компромисса и равновесия экономических интересов всех участников транспортного процесса [7, 8]. В связи с этим, нуждается в дальнейшем исследовании вопрос повышения эффективности планирования и организации развозочных маршрутов для сокращения использования ресурсов автотранспортного предприятия и повышения уровня качества транспортного обслуживания грузовладельцев.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является анализ технологических особенностей транспортного обслуживания потребителей при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями.

Задачи исследования:

- анализ особенностей формирования развозочных маршрутов при поставке

сельскохозяйственных грузов мелкими партиями;

- определение законов распределения параметров процесса поставки сельскохозяйственных грузов мелким потребителям.

Особенности формирования развозочных маршрутов при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями.

Особенностью перевозок грузов мелкими партиями является большое количество пунктов реализации на территории населенных пунктов, а также широкие ассортименты продукции пунктов торговой сети, для поддержки которых завоз осуществляется от разных производителей. Население имеет потребность в регулярных поставках сельскохозяйственных грузов, требует доставки широкой номенклатуры продуктов питания, хлебобулочных и молочных изделий небольшими партиями, так как потребление их ограничено, а накопление и хранение требует значительных затрат.

Особенностями организации перевозок сельскохозяйственных грузов являются резкие сезонные колебания их объемов; разнообразие дорожных условий; жесткие требования к срокам перевозок; наличие мелких разгрузочных точек, расположенных на значительной территории при относительно небольших количествах заготовительных и погрузочных пунктов.

Технологические особенности формирования развозочных маршрутов при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями в транспортной сети городов заключаются, прежде всего, в следующем:

- перевозки большей частью приходятся на транспортные системы больших и средних городов, которые накладывают ряд серьезных технологических ограничений, усложняющих процесс организации перевозок: ограничение по скорости и направлению движения, ограничение по времени, требование доставки «точно в срок» и др.;

- перевозку грузов широкой номенклатуры, которые предназначены для удовлетворения потребностей большого количества заказчиков, отличающихся разным уровнем спроса и его постоянными колебаниями, организовать значительно сложнее, чем перевозку массовых грузов в условиях стабильных и мощных грузопотоков, которые сформировались, между отправителями и получателями. При доставке такой многономенклатурной продукции появляется необходимость более широкого использования развозочных и сборных маршрутов автомобильным транспортом. Однако при большом количестве обслуживаемых грузовладельцев большей частью формируются нерациональные маршруты, что приводит к дополнительным затратам времени, ухудшению технико-экономических показателей работы транспорта;

- организация перевозок мелких партий груза в транспортных системах городов связана с анализом больших массивов данных (количество поставщиков, количество перевозчиков, количество грузополучателей, количество и грузоподъемность автомобилей, объем партии по каждому грузополучателю, требования относительно времени завоза груза, дислокация участников перевозки, особенности улично-дорожной сети и организации движения на ней). Таким образом, планирование развозочных маршрутов связано с необходимостью учета большого количества технологических ограничений и обработки исходной информации значительного объема. В результате, доставка сельскохозяйственных грузов мелкими партиями становится значительно более дорогой, чем доставка массовых грузов;

- в транспортных системах городов большая роль случайных факторов внешней среды, которые очень сложно учитывать заранее при планировании грузоперевозок, например: аварии, автомобильные пробки, дорожные условия, интенсивность движения и т.п.;

- необходимость учета требований относительно времени завоза груза получателю, что приводит к увеличению общего пробега автомобилей на сформированных маршрутах, и как следствие, к повышению себестоимости перевозок. В свою очередь, пренебрежение требованиями потребителя приводит к ухудшению качества сервиса, имиджа фирмы, оттоку клиентуры;

- необходимость обоснования целесообразности применения на развозочных маршрутах автомобилей рациональной грузоподъемности для сокращения использования ресурсов автотранспортного предприятия. Произвольное закрепление автомобилей за сформированными маршрутами приводит к высокой себестоимости перевозок, необходимости привлечения дополнительного подвижного состава, наличию доли не обслуженных потребителей;

- в случае выполнения перевозок сельскохозяйственных грузов «точно в срок» полностью удовлетворяются интересы потребителей, но перевозчик несет большие временные и финансовые затраты, поскольку производительность подвижного состава уменьшается, а количество необходимых для перевозки автомобилей возрастает, что обуславливает применение повышенных тарифов, а следовательно, влияет на конкурентоспособность предприятия.

Решение задач организации рационального взаимодействия процессов систем производства, материально-технического снабжения и потребления с процессами на транспорте и взаимодействии отдельных видов транспорта вызывает необходимость рассмотрения целостных интегрированных транспортно-технологических систем. При этом обеспечивается большая общая эффективность по сравнению с суммарной эффективностью частей, взятых отдельно [9].

Для моделирования объекта исследования выбрано имитационное моделирование, поскольку преобладающее количество параметров перевозки сельскохозяйственных грузов мелкими партиями в городском сообщении являются случайными величинами. Этот метод моделирования позволит более точно учесть характер внутренних процессов, рассмотреть состояние системы в различных условиях.

В качестве критерия эффективности выбраны минимальные общие затраты на развоз грузов за сутки, которые учитывают эксплуатационные затраты на развозочную деятельность и затраты на содержание автотранспортных средств.

Большинство показателей транспортного процесса являются случайными величинами. Процесс поставки сельскохозяйственных грузов характеризуется такими случайными величинами: размер партии груза, время на погрузку 1 т груза, время на разгрузку 1 т груза.

На основе статистических данных построена гистограмма распределения размера партии груза (рис. 1), определены параметры законов распределения и значения критериев χ^2 Пирсона (табл. 1). Поскольку $\chi^2 < \chi^2_{кр}$ для нормального закона, то нет оснований отвергать гипотезу о том, что случайная величина «размер партии груза» подчиняется нормальному закону распределения с параметрами a = 0,491 т, σ = 0,2 т.

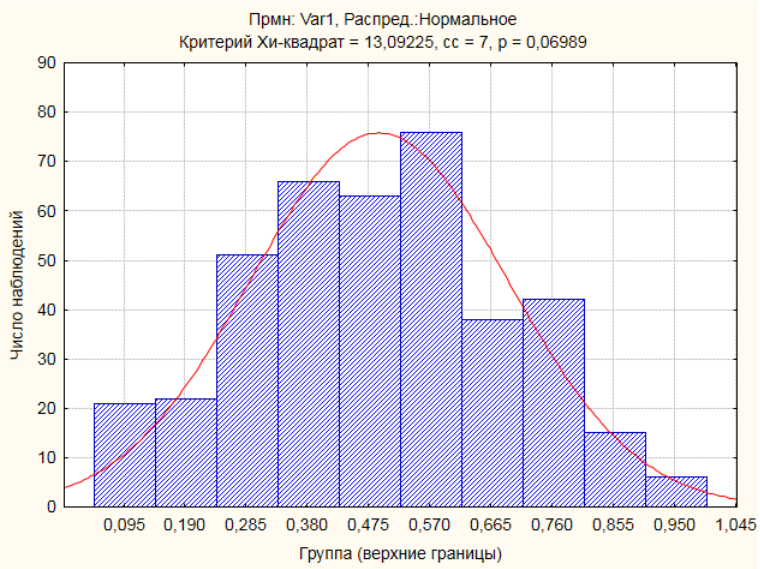


Рисунок 1 - Гистограмма распределения размера партии груза

Таблица 1 − Результаты расчетов параметров законов распределения и значения критериев χ^2 Пирсона для размера партии груза

Закон распределения	Параметры закона распределения	Критерий χ^2 Пирсона	
		χ^2	$\chi^2_{кр}$
Равномерный	a = 0,145 т, b = 0,693 т.	127,4	14,1
Экспоненциальный	b = 0,491 т.	368,05	15,5
Нормальный	a = 0,491 т, σ = 0,2 т.	13,09	14,1
Логнормальный	m = -0,823 т, $\widehat{\sigma}$ = 0,53 т.	108,59	14,1
Гамма	λ = 0,107 т, α = 4,615 т.	58,41	14,1
Хи-квадрат	k = 0,491 т.	1407,62	15,5

Аналогично, на основе статистических данных построены гистограммы распределения времени погрузки 1т груза (рис. 2) и времени разгрузки 1т груза (рис. 3). Результаты расчетов параметров законов распределения и значения критериев χ^2 Пирсона представлены соответственно в таблице 2 и таблице 3.

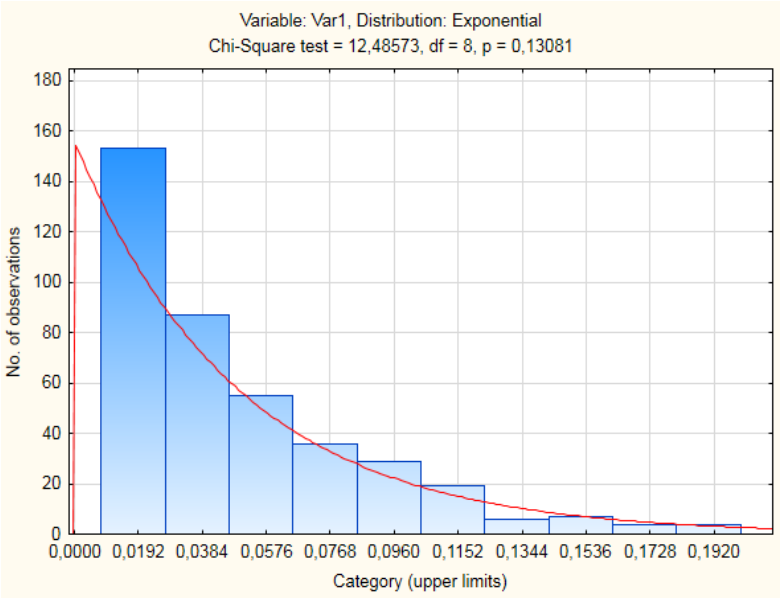


Рисунок 2 - Гистограмма распределения времени погрузки 1т груза

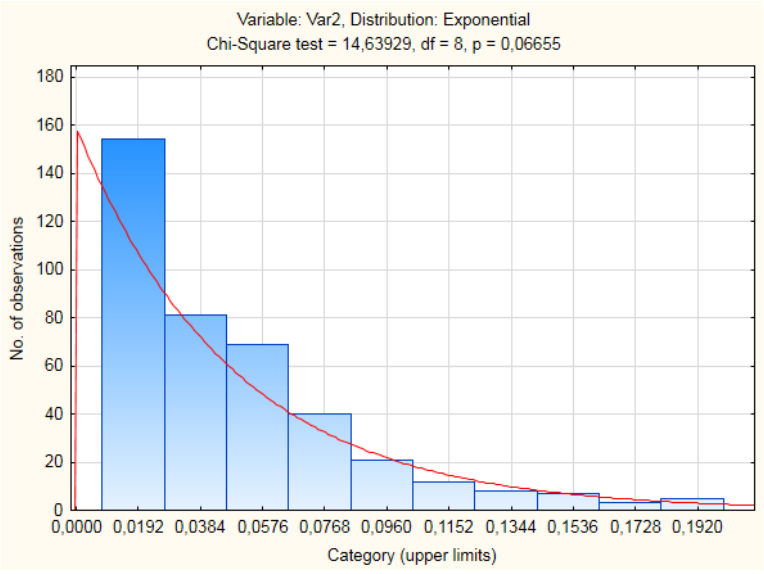


Рисунок 3 - Гистограмма распределения времени разгрузки 1т груза

Таблица 2 − Параметры законов распределения и значения критериев χ^2 Пирсона для времени погрузки 1т груза

Закон распределения	Параметры закона распределения	Критерий χ^2 Пирсона	
		χ^2	$\chi^2_{кр}$
Равномерный	a = -0,019 ч., b = 0,135 ч.	515,45	14,1
Экспоненциальный	b = 0,049 ч.	12,48	15,5
Нормальный	a = 0,049 ч., σ = 0,039 ч.	142,33	14,1
Логнормальный	m = -3,324 ч., $\widehat{\sigma}$ = 0,663 ч.	15,07	14,1
Гамма	λ = 0,029 ч., α = 0,663 ч.	668,78	14,1
Хи-квадрат	k = 0,049 ч.	3609,85	15,5

Таблица 3 − Параметры законов распределения и значения критериев χ^2 Пирсона для времени разгрузки 1т груза

Закон распределения	Параметры закона распределения	Критерий χ^2 Пирсона	
		χ^2	$\chi^2_{кр}$
Равномерный	a = -0,018 ч., b = 0,132 ч.	534,25	14,1
Экспоненциальный	b = 0,048 ч.	14,64	15,5
Нормальный	a = 0,048 ч., σ = 0,038 ч.	308,62	14,1
Логнормальный	m = -3,314 ч., $\widehat{\sigma}$ = 0,587 ч.	14,47	14,1
Гамма	λ = 0,025 ч., α = 0,587 ч.	1343,64	14,1
Хи-квадрат	k = 0,048 ч.	3818,59	15,5

Поскольку $\chi^2 < \chi^2_{кр}$ для экспоненциального закона, то нет оснований отвергать гипотезы о том, что время погрузки 1т груза подчиняется экспоненциальному закону распределения случайной величины с параметром b = 0,049 ч. и время разгрузки 1т груза подчиняется экспоненциальному закону распределения случайной величины с параметром b = 0,048 ч.

Таким образом, при выборе стратегии формирования развозочных маршрутов в условиях неопределенности и риска с постоянно изменяющимся спросом необходимо учитывать интересы грузовладельцев относительно времени завоза груза.

Выводы

1. Анализ теоретических разработок в области перевозок грузов мелкими партиями свидетельствует, что большинство существующих моделей организации транспортного процесса не учитывают интересы грузоотправителей и грузополучателей относительно времени завоза груза, что приводит к ухудшению качества транспортного обслуживания.
2. В результате анализа процесса организации перевезок сельскохозяйственных грузов мелкими партиями в городах определены и проанализированы технологические особенности, среди которых: необходимость учета большого количества технологических ограничений; наличие больших массивов входных данных и необходимость обработки исходной информации значительного объема; необходимость учета требований получателей относительно времени завоза груза; необходимость применения на развозочных маршрутах автомобилей рациональной грузоподъемности.
3. Проанализированы статистические данные процесса поставки сельскохозяйственных грузов мелкими партиями: размер партии груза, время погрузки и разгрузки 1т груза. Определено, что размер партии груза подчиняется нормальному закону распределения случайной величины с параметрами a = 0,491 т, σ = 0,2 т; время погрузки 1т груза − экспоненциальному закону распределения случайной величины с параметром b = 0,049 ч.; время разгрузки 1т груза − экспоненциальному закону распределения случайной величины с параметром b = 0,048 ч. Оценку степени соответствия случайной величины законам распределение проведено с помощью критерия χ^2 Пирсона.

Перспективные направления исследования: разработка методики выбора рациональной технологии обслуживания потребителей при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями; формирование гибкой тарифной политики транспортных предприятий, направленной на более полное удовлетворение требований грузовладельцев.

1. Коцюк М.О. Дослідження процесу зберігання і реалізації швидкопсувної продукції / М.О. Коцюк // Вісник НТУ. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 31. – С. 275-284.
2. Горяинов А.Н. Группы недостатков и симптомы при транспортном обслуживании грузовых потоков [Текст] / А.Н. Горяинов // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: ХНТУСГ ім. П.Василенка, 2016. – №4. - С.16-22.
3. Шраменко Н. Ю. Вплив технологічних параметрів процесу функціонування транспортно-складського комплексу на собівартість переробки вантажу / Н. Ю. Шраменко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. – Х., 2015. – Вип. 5/3 (77) – С. 43–47.
4. Шраменко Н. Ю. Комплексний підхід до вибору стратегії транспортного обслуговування вантажовласників в містах / Н. Ю. Шраменко // Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура : наук.-техн. зб. – Х. : ХНУМГ, 2015. – Вип. 121. – С. 65–68.
5. Шраменко Н.Ю. Аналіз рівня конкурентноздатності транспортного підприємства за допомогою комплексної оцінки якості обслуговування/ Є. В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко, О.В. Шраменко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 2/2006 (37) частина 1. – С. 105 – 108.

6. Музылев Д. А. Стратегия формирования городских развозочных маршрутов на оперативный период с учетом неравномерности распределения спроса на специфические грузы / Е. В. Нагорный, Д.А. Музылев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 6/4(42). — С. 27−30.

7. Шраменко Н. Ю. Методи маршрутизації при дрібнопартіонних перевезеннях в транспортних системах міст та шляхи їх удосконалення / Н. Ю. Шраменко // Комунальное хазяйство городов : науч.-техн. сб. – 2009. – № 86. – С. 364−367.

8. Шраменко Н.Ю. Вибір оптимальної стратегії обслуговування вантажовласників на розвізних маршрутах / Н.Ю. Шраменко, А.В. Галаган // Вестник ХНАДУ. – 2009. – № 44. – С. 78−82.

9. Шраменко Н. Ю. Методологія оцінювання синергетичного ефекту при термінальній системі доставки вантажів / Н.Ю.Шраменко / Актуальні проблеми економіки : наук. економічний журн. — Київ : ВНЗ «Національна академія управління», 2016. — № 8(182) — С. 439-444.

REFERENCES

1. Kotsiuk, M. (2015). Investigation of the process of storage and sale of perishable products. [Doslidzhennia protsesu zberihannia i realizatsii shvydkopsuvnoi produktsii]. *Bulletin of the NTU*. Vol. 31. Kyiv, pp. 275-284.

2. Goryainov, A. (2016). Groups of deficiencies and symptoms when transporting freight flows. [Gruppyi nedostatkov i simptomyi pri transportnom obsluzhivanii gruzovyih potokov]. *Tehnichnyi servis agropromyslovogo, lisovogo and transport complexes*. Vol. 4. Kharkiv, pp. 16-22.

3. Shramenko, N. (2015). Effect of process-dependent parameters of the handling-and-storage facility operation on the cargo handling cost. [Vplyv tekhnolohichnykh parametriv protsesu funktsionuvannia transportno-skladskoho kompleksu na sobivartist pererobky vantazhu]. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5/3 (77). Kharkiv, pp. 43-47.

4. Shramenko, N. (2015). Complex approach near choice of strategy of maintenance of owners of goods in cities. [Kompleksnyi pidkhid do vyboru stratehii transportnoho obsluhovuvannia vantazhovlasnykiv v mistakh]. *Communal economy of cities. Series: Technical Sciences and Architecture*. Vol. 121. Kharkiv, pp. 65-68.

5. Shramenko, N., Nagorny, Ye. & Shramenko, O. (2006). Analysis of hauler competitiveness using integrated assessment of service quality. [Analiz rivnia konkurentnozdatnosti transportnoho pidpryiemstva za dopomohoiu kompleksnoi otsinky yakosti obsluhovuvannia]. *Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University*. Vol. 2/2006 (37), Part 1. Kremenchuk, pp. 105 - 108.

6. Muzylev, D. & Nagorny, Ye. (2009). The strategy for the formation of urban transport routes for the operational period, taking into account the uneven distribution of demand for specific goods. [Strategiya formirovaniya gorodskih razvozochnyih marshrutov na operativnyiy period s uchetom neravnomernosti raspredeleniya sprosa na spetsificheskie gruzyi]. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 6/4 (42). Kharkiv, pp. 27-30.

7. Shramenko, N. (2009). Methods of routing in small-carriage traffic in urban transport systems and ways to improve them. [Metody marshrutyzatsii pry dribnopartionnykh perevezenniakh v transportnykh systemakh mist ta shliakhy yikh udoskonalennia]. *Communal economy of cities*. Vol. 86. Kharkiv, pp. 364-367.

8. Shramenko, N. & Galagan, A. (2009). The choice of optimal strategy of forming of convey routes. [Vybir optymalnoi stratehii obsluhovuvannia vantazhovlasnykiv na rozviznykh marshrutakh]. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*. Vol. 44. Kharkiv, pp. 78-82.

9. Shramenko, N. (2016). Methodology for evaluation of synergy effect in terminal cargo delivery system. [Metodolohiia otsiniuvannia synerhetychnoho efektu pry terminalnii systemi dostavky vantazhiv]. *Actual Problems of Economics*. Vol. 8 (182). Kyiv, pp. 439-444.

Шраменко Н. Ю. **Технологические особенности транспортного обслуживания потребителей при поставках сельскохозяйственных грузов мелкими партиями.**

Проведен анализ особенностей формирования развозных маршрутов при поставке сельскохозяйственных грузов мелкими партиями и выявлены основные препятствия и недостатки. Определены законы распределения параметров процесса развозки сельскохозяйственных грузов мелкими партиями.

Ключевые слова: транспортное обслуживание, сельскохозяйственные грузы, мелкие партии груза, технологические особенности, развозные маршруты, закон распределения

N. Shramenko. **Technological features of traffic service of consumers for the delivery of agricultural cargoes by driving parties.**

The analysis of the peculiarities of the development of transit routes during the supply of agricultural cargoes by small batches has been carried out and the main obstacles and drawbacks have been identified. The laws of the distribution of parameters of the process of import of agricultural cargoes by small lots are determined.

Keywords: transport service, agricultural cargoes, small consignments, technological features, transit routes, distribution law.

АВТОР:

ШРАМЕНКО Наталя Юріївна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних технологій і логістики, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, e-mail: nshramenko@gmail.com

© Шраменко Н.Ю. 2018

АВТОР:
ШРАМЕНКО Наталья Юрьевна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры транспортных технологий и логистики, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко, e-mail: nshramenko@gmail.com.

AUTHOR:
Natalya SHRAMENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Professor of the Department of transport technologies and logistics, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, e-mail: nshramenko@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 10.04.2018р.

ПЕРЕЛІК ЗОВНІШНІХ РЕЦЕНЗЕТІВ

Анісімов В.Ф., доктор технічних наук, професор, Вінницького національного аграрного університету, завідувач кафедри «Трактори, автомобілі та електротехнічні системи в АПК», Вінниця, Україна.

Горбай О.З., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри автомобілебудування, Львів, Україна.

Горбачов П.Ф., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харків, Україна.

Крайник Л.В., доктор технічних наук, професор кафедри «Автомобілебудування», Національний університет «Львівська політехніка, e-mail: lkraynyk@polynet.lviv.ua

Кравченко О.П., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедрою автомобілів і транспортних технологій, Житомир, Україна, e-mail: avtoap@ukr.net

Ланець О.С., доктор технічних наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», директор Інституту інженерної механіки та транспорту, Львів, Україна.

Лебедев А.Т., доктор технічних наук, професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, завідувач кафедри «Трактори і автомобілі», Харків, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету Національного транспортного університету, Київ, Україна.

Наглюк І.С., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харків, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, Київ, Україна.

Ткаченко В.П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць», Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

Форнальчик Є.Ю., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри транспортних технологій, Львів, Україна.

LIST OF INVITED REVIEWERS

Victor Anisimov, Doctor of Science in Engineering, Professor, Vinnitsa National Agrarian University, Head of Tractors, automobiles and electrical engineering systems in the agro-industrial complex, Vinnitsa, Ukraine.

Orest HORBAY, Doctor of Science in Engineering, Professor, National University «Lvivska Politehnika», Head of automobiles construction Department, Lviv, Ukraine.

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.

KRAYNYK Lubomir, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automobile Engineering, National University "Lviv Polytechnic", e-mail: lkraynyk@polynet.lviv.ua

Alexander KRAVCHENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Zhytomyr State Technological University, Head of Department «Cars and transport technologies», Zhytomyr, e-mail: avtoap@ukr.net

Alexey Lanets, Doctor of Science in Engineering, Assoc. Professor, Lviv Polytechnic National University, Director of Mechanical Engineering and Transport Institute, Lviv, Ukraine.

Anatoly LEBEDEV, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko, Professor of Department of “Tractors and cars”, Kharkov, Ukraine.

Mateichyk V.P., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Dean of the Automechanical Faculty, Kyiv, Ukraine.

Ivan Nagliuk, Doctor of Science in Engineering, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Head of Organization and Road Safety Department, Kharkov, Ukraine.

Volodymyr Sakhno, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, Kiev, Ukraine.

Viktor Tkachenko, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of the department "Traction rolling stock of railways", State University of Infrastructure and Technologies, Kiev, Ukraine

Yeugen Fornaltchyk, Doctor of Science in Engineering, Professor, Lviv Polytechnic National University, Head of Transportation Technologies Department, Lviv, Ukraine.

Ціна договірна

Колектив авторів

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТІ

ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ *SCIENTIFIC JOURNAL*

Випуск 2 (11), 2018 **Volume 2 (11), 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. 16,5. Обл. вид. арк. 15,57. 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. № 63.
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.