

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

LUTSK NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY

СУЧАСНІ
ТЕХНОЛОГІЇ
В
МАШИНОБУДУВАННІ
ТА ТРАНСПОРТІ

ADVANCES
IN
MECHANICAL
ENGINEERING
AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSN 2313-5425

№1 (5)

2016

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

ЛУЦЬК

LUTSK

Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016.– №1(5).– 177 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); **Козачук І.С.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ (відповідальний секретар); **Владут Валентин**, PhD. Eng., Національний інститут проектування машин та обладнання для сільського господарства і харчової промисловості (INMA, Румунія); **Вржещ М.В.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Головачук І.П.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Голячук С.Є.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Заболотний О.В.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Ковальов М.М.**, д.т.н., професор, Всеросійський науково-дослідний інститут механізації льонарства Російської академії сільськогосподарських наук; **Кравченко О.П.**, д.т.н., професор, Житомирський державний технологічний університет; **Ланець О.С.**, д.т.н., доцент, НУ «Львівська Політехніка»; **Максимович О.В.**, д.т.н., професор, 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 національний технічний університет; **Олександренко В.П.**, д.т.н., професор, Хмельницький національний університет; **Рихтер Марцін**, PhD. Eng., Інститут автомобільного транспорту (Польща); **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; **Цизь І.Є.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Хамед Ашраф**, Dr.-Ing., ВАТ «Dornier Consulting» (Німеччина); **Шваб'юк В.І.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ.

Друкується за рішенням Вченої ради
Луцького національного технічного університету
(Протокол №11 від 12.04.2016р.)

ЗМІСТ

Дівеєв Б.М., Дорош І.Р., Коваль Т.Б., Мартин В.Є., Вікович І.А. Багатомасовий ударний демпфер з еластичними бар'єрами	6
Доборйгинидзе Г. Методы оценки эффективности системы поставок	12
Івасенко В.В. Аналіз нормативних вимог до інженерного облаштування та організації дорожнього руху при проектуванні зупинок громадського транспорту з урахування потреб маломобільних груп населення	17
Бажинів А.В., Веселя М.А. Управление силовой установкой электро-мобиля с использованием адаптивного критика	22
Біліченко В.В., Гречаниук М.С. До питання шумового навантаження на місто, що створюється автомобільним транспортом	26
Буда А.Г., Кузель В.П., Юров А.Р. Графічні моделі конструювання форм кузова автомобіля	32
Веліджанашвілі Р., Турманідзе М., Гогиашвілі М. Связь логистических систем и безопасности движения	38
Возный А.В. Робастный подход к расчету и проектированию фрикционных узлов дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств	44
Гелашвілі О.Г., Горшков Т.Ш., Бутхузи Н.Б. Маркетинг в железнодорожной компании	49
Говорун А.Г., Корпач А.О., Філоненко О.Д. Ефективність використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду дизеля	52
Горбай О.З. Оцінка міцності вузлових з'єднань каркаса кузова автобуса	57
Давідич Н.В. Оцінка якості в проектах міського пасажирського транспорту	63
Дембіцький В.М., Сітовський О.П. Застосування систем автоматичного гальмування на транспортних засобах з електричним приводом	68

CONTENT

B. Diveyev, I. Dorosh, T. Koval, V. Martyn, I. Vikovych Many mass elastic buffered impact damper	6
G. Doborjginidze Methods for supply chain performance measurement	12
V. Ivassenko Analysis of the regulatory provisions for engineering, construction and traffic management course for projecting public transport to the needs of people with limited mobility	17
O. Bazhynov, M. Veselaya Control of electric powerplant with using of adaptive critic	22
V. Bilichenko, N. Hrechaniuk On the question of noise pressure to the city, created by road transport	26
A. Buda, V. Kuzhel, A. Yurov Graphic design models of the car body forms	32
R. Velijanashvili, M. Turmanidze, M. Gogiashvili. Relations between logistics systems and road safety	38
A. Voznyi Robust approach to the calculation and design of the friction units of the disk brakes of the vehicles	44
O. Gelashvili, T. Gorshkov, N. Butkhuzi Marketing in a railway company	49
A. Govorun, A. Korpach, O. Filonenko Efficiency of additives hydrogen-containing gas to diesel air charge	52
O. Horbay Assessment the strength of hinges of bus body frame	57
N. Davidich Quality assessment in projects of public passenger transport	63
V. Dembitskyi, O. Sitovskyi The use of automatic braking in vehicles with electric drive	68

Жук М.М., Півторак Г.В.

Оцінка тривалості посадки-висадки пасажирів на зупинці громадського транспорту в залежності від кількості маршрутів 73

Кашканов А.А., Кашканов В.А., Грисюк О.Г.

Автоматизовані системи повідомлення про ДТП та перспективи їх використання 78

Кравченко О.П.

Аналіз експлуатаційної надійності ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS 83

Куш Є.І., Скрипін В.С.

Закономірність зміни витрат на перевезення залежно від вантажопідйомності транспортних засобів 88

Ларін О.О., Потопальська К.Є.

Моделювання коливань двовісної автоцистерни при переїзді через одиничну нерівність 93

Матейчик В.П., Цюман М.П.

Особливості моделювання показників екологічної безпеки транспортного засобу при русі в потоці 99

Мельничук С.В., Вітюк І.В., Бовсунівський І.А.

Розробка методики оцінки стійкості автомобіля з підвіскою на основі чотириланкового важільного механізму в лабораторних умовах 104

Монастирський Ю.А., Потапенко В.В.

Синтез управління технічною експлуатацією автотранспортної системи залізничного кар'єру 110

Мурований І.С., Онищук В.П., Стельмашук В.В.

Підвищення ефективності вантажних автомобільних перевезень 117

Новицький А.В., Барташевський С.Є.

Определение оптимального количества автомобилей-такси по критерию минимальных затрат 122

Подригало М.А., Коробко А.І., Назарько О.О., Радченко Ю.А., Михайлова О.О.

Стенд для випробувань стоянкових гальмівних систем 127

Пустюльга С.І., Придюк В.М., Самостян В.Р.

Метод пріоритетів формування допустимих опорних планів перевезень для транспортних задач 133

M.Zhuk, H.Pivtorak

Estimation of time approach and landing for passengers at public stop depending on the number of routes 73

A. Kashkanov, V. Kashkanov, O. Grysyuk

Automated notification of car accidents and the prospects for their use 78

O. Kravchenko

Analysis of operational reliability of the internal combustion engine of vehicles-trucks Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS ... 83

Ye. Kush, V. Skrypin

The regularity of changes in transportation costs, depending on the load capacity 88

O. Larin, K. Potopalska

The simulation vibration of two-axle semi-trailer tank vehicle when driving across single unevenness 93

V.Mateichyk, M.Tsiuman

The peculiarities of environmental safety indicators simulation for vehicle in the traffic flow 99

S. Melnychuk, I. Vityuk, A. Bovsunivskiy

Development of a methodology for assessing the stability of the car with the suspension on the basis of the four-bar linkage in the lab ... 104

Yu. Monastyrskiy, V. Potapenko

Synthesis of management of technical operation of motor transportation system of iron ore open pit 110

I. Murovanyi, V. Onyshchuk, V. Stelmashchuk.

Improving the efficiency of road freight transportation 117

O. Novytski, S. Bartashevski

Determination of the optimal number of taxis by the criterion of minimum cost 122

M. Podrigalo, A. Korobko, O. Nazarko, Yu. Radchenko, O. Mikhayilova

Stand for the parking brake system tests 127

S. Pustiulha, V. Prydiuk, V. Samostyan

Method of priorities of forming the possible supporting plans of transportations in transport tasks 133

Сахно В.П., Сакно О.П., Лусий О.В.
Визначення рівня технічного стану автопоїздів на базі кваліметричної моделі 139

Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Шарибура А.О., Луб П.М.
Узгодження параметрів транспортних засобів системи централізованої заготівлі сільськогосподарської продукції із виробничими умовами адміністративного району 148

Сисвадзе Г.Б., Тедорадзе Р.Г., Придонашвили Д.Н., Манджгаладзе Б.А.
Подбор автотранспортного средства для грузовых перевозок по критериям качества адаптации его динамических свойств к условиям эксплуатации 154

Таран І.А., Литвин В.В.
Обоснование нецелесобразности эксплуатации автобусов в режиме маршрутного такси на основании моделирования перевозочного процесса пассажиров с помощью программного комплекса «МВК» 157

Форнальчик Є.Ю., Демчук І.А.
Визначення інтервалів руху та наповненості салонів транспортних засобів на міських маршрутах 163

Шевчук О.С.
Порушення при облаштуванні паркувальних місць транспортних засобів на вулично-дорожній мережі міста 167

Матею Яромир, Петр Цтаржичный
Измерение загрязнения воздуха — передвижная лаборатория 172

Перелік зовнішніх рецензентів 176

V. Sakhno, O. Sakhno, O. Lysyi
Determination of the level of the road trailer technical condition on the base of kvalimetric model 139

O. Sydorchuk, A. Tryguba, A. Sharybura, P. Lub
The concordance of vehicle parameters of the centralized delivery system of agricultural products with productive terms of administrative district 148

G. Sisvadze, R. Tedoradze, D. Pridonashvili, B. Mandzhgaladze
Selection of the vehicle for freight transportation by criteria of quality of adaptation of its dynamic properties to service conditions 154

I. Taran, V. Litvin
Justification of non-rational operation of buses in the minibus taxi mode on the basis of modeling the transportation of passengers by the program complex «MVK» 157

E. Fornalchyk, I Demchuk
Determination of motion intervals and fullness of vehicles on urban routes 163

O. Shevchuk
Irregularities in the arrangement of parking spaces and vehicles on the city road network 167

Mateyu Jaromir, Peter Starzyczny
Measurement of air pollution - mobile laboratory 172

List of invited reviewers 176

Bohdan Diveyev¹, Ihor Dorosh², Taras Koval¹, Viktor Martyn¹, Ihor Vikovych¹
¹Lviv National Polytechnic University
²PE "Dora", Lviv

MANY MASS ELASTIC BUFFERED IMPACT DAMPER

An impact damper is a passive control device which takes the form of a freely moving in the container mass, attached to the structure under control, i.e. the primary structure. The damping results from the exchange of momentum during impacts between the mass and the stops. A many mass elastic buffered impact damper can overcome some limitations of ordinary dynamic vibration absorber (DVA) by using impact masses as the damping medium and inter-masses an barrier interaction as the damping mechanism. In this paper, an efficient numerical approach is proposed to maximize the damping of modes in a prescribed frequency range for general systems. The primary structure is modelled as a spring-mass system. The influence of DVA's and basic design elastic and damping properties is under discussion. A technique is developed to give the optimal DVA's for the elimination of excessive vibration in sinusoidal and impact forced system.

Keywords: dynamic vibration absorber, impact damper, buffered damper, spring-mass system, optimization

Introduction Impact dampers have been extensively studied and investigated to counter vibrations in industrial machinery and structural systems. This is due to the fact that they are simple in design and easy to implement. In the article the methods of calculation and optimization of much of mass shock type DVA's are examined for diminishing of vibration at small frequencies of vibrations of base construction. The algorithms of diminishing of vibration of base construction are got. Absorption of energy is taken into account for an account to the movement of the rolling masses on the curved surface, to the blow of the masses to the resilient elastic barriers and the masses impacts between itself.

The dynamic response and performance of single unit impact dampers has been studied extensively. Pioneering research was conducted in [1]. Further research by [2] determined the existence of the optimal distances between the primary mass and the auxiliary mass for the impact damper. In [3] a piecewise analytical solution for the dynamics of an impact damper, and determined that the most effective damping condition occurred with two symmetric collisions per cycle is presented. In [4,5] further the relation between the coefficient of restitution and damping ratio of the impact and found the optimum damping effect by changing the mass ratio of the damper to the structure are provided. Moreover, many kinds of impact dampers have since been introduced, Among them with resilient buffers [6,7].

An improved scheme for detecting the time of impact has been developed in order to prevent negative collisions, which represent an intolerable scenario for large amplitude vibrations [8]. Detailed experiments with a horizontal impact damper explain the general performance and the resonance vibration of the integrated system, which occurs at a frequency, which is different from the original resonance frequency. The numerical schemes (NS) row for the complex vibro-loaded construction and methods of decomposition and the NS synthesis are considered in our paper on the basis of new methods of modal synthesis [9-13].

Impact masses DVA. Let us consider condensed model of impact masses DVA – primary system. In Fig. 1 the impact mass type DVA is presented: an additional impact mass in container with elastic barrier elements

Consider now the DVA with 3 different impact masses in one container (Fig. 1)

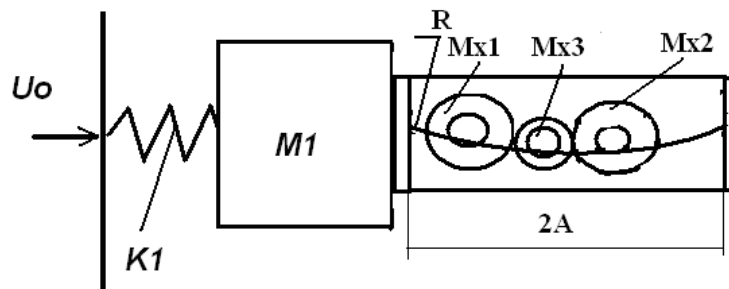


Fig. 1. DVA with 3 different impact masses

The system of equations is now

$$\begin{aligned}
 & m_1 \frac{d^2 u_1}{dt^2} + k_1(u_1 - u_0) + k_A(u_1 - u_A) - \frac{m_{X1}}{R_{X1}}(u_{X1} - u_A) + k_{X1}F_1(u_1 - u_{X1}) \\
 & - \dots - \frac{m_{XN}}{R_{XN}}(u_{XN} - u_A) + k_{XN}F_N(u_1 - u_{XN}) = F(t), \\
 & m_{X1} \frac{d^2 u_{X1}}{dt^2} + \frac{m_{X1}}{R_{X1}}(u_{X1} - u_A) - k_{X1}F_1(u_1 - u_{X1}) + F_{12}(u_{X1}, u_{X2}) + F_{13}(u_{X1}, u_{X3}) = 0, \\
 & m_{X2} \frac{d^2 u_{X2}}{dt^2} + \frac{m_{X2}}{R_X}(u_{XN} - u_A) - k_X F_N(u_1 - u_{X2}) - F_{12}(u_{X1}, u_{X2}) + F_{23}(u_{X2}, u_{X3}) = 0, \\
 & m_{X3} \frac{d^2 u_{X3}}{dt^2} + \frac{m_{X2}}{R_X}(u_{XN} - u_A) - F_{13}(u_{X1}, u_{X3}) - F_{23}(u_{X2}, u_{X3}) = 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Here three DVA's masses are considered. Parameters m_1, k_1 of the prime system may be found by means of FEM or experimentally [12]. The nonlinear functions are

$$F_i = -K_w(x_i - A_i) \quad |x_x| > A_i, \quad F_i = 0 \quad |x_i| < A_i \quad ; \quad F(t) = a \sin(\omega t) \tag{2}$$

Were A – clearance and K_w – boundary elements rigidity. The nonlinear functions $F_{13}(u_{X1}, u_{X3})$, $F_{23}(u_{X2}, u_{X3})$ of DVA's masses interaction may be defined analogously.

$$\begin{aligned}
 F_{13} &= F_{13}(x_1 - x_3) \quad |x_1 - x_3| < R_1 + R_3, & F_{13} &= 0 \quad |x_1 - x_3| > R_1 + R_3 \\
 F_{23} &= F_{13}(x_2 - x_3) \quad |x_2 - x_3| < R_2 + R_3, & F_{23} &= 0 \quad |x_2 - x_3| > R_2 + R_3
 \end{aligned}$$

Let us consider the optimization of this DVA's by criterion

$$CiL = Max(x_1(t)), \quad t > t_P \tag{3}$$

Coordinates x_1, x_2, x_3 of the impact masses and the differences between this coordinates x_1, x_3 and x_2, x_3 are presented in Fig. 2.

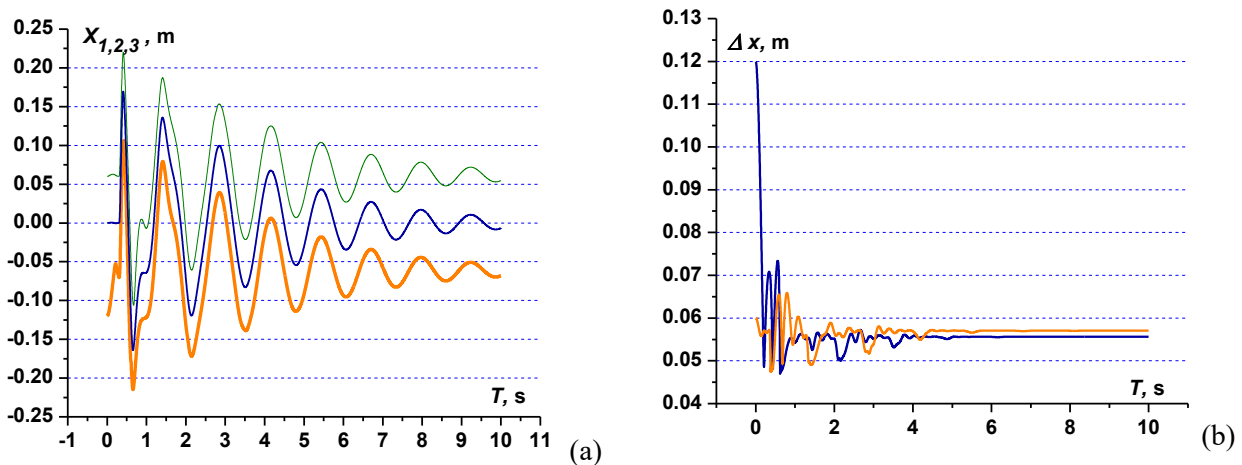


Fig. 2. Coordinates x_1, x_2, x_3 of the impact masses (a); the differences between this coordinates x_1, x_3 and x_2, x_3 (b).

In Fig. 3 the results of DVA's application is shown

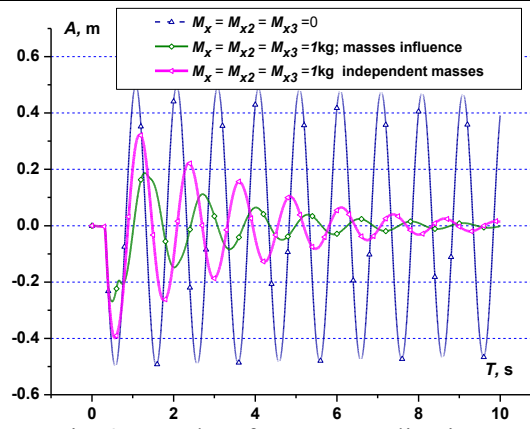


Fig. 3. Results of DVA's application

The 3 mass impacts DVA seems to be better than independent 3 DVA's with the same masses. Here the optimization in the real time is done.

Present research develops the genetic algorithms for optimal design searching by discrete-continuum DVA's system – base system modeling [9-13]. The process of geometrical DVA's parameters evolution for different stage of impulse loading and different base system damping is shown in Fig. 4.

N = 1							
Dx	.317E-01	DG	.192E-01	Mx3	.279E+01	Mx	.107E+00
CiL	.242E-01	fx	.532E+00	fKK	.983E+00	fEkx	.101E+01
Ax	.218E+02						
N = 2874							
Dx	.432E-01	DG	.433E-01	Mx3	.282E+01	Mx	.923E-01
CiL	.161E-01	fx	.456E+00	fKK	.105E+01	fEkx	.101E+01
Ax	.140E+02						
N = 3892							
Dx	.426E-01	DG	.434E-01	Mx3	.282E+01	Mx	.911E-01
CiL	.161E-01	fx	.455E+00	fKK	.105E+01	fEkx	.101E+01
Ax	.140E+02						

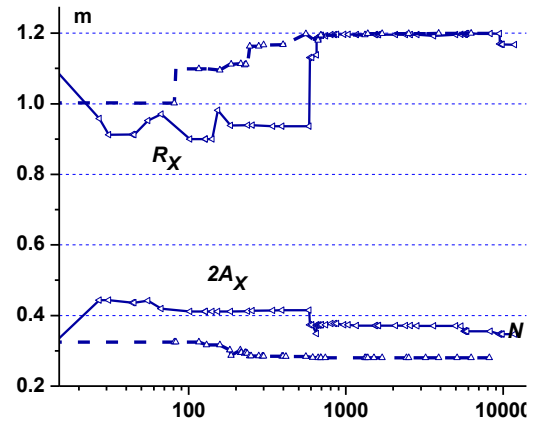


Fig. 4. Process of geometrical DVA's parameters evolution for different stage of impulse loading

Here 8 parameters of optimization are used: fx, fx2 DVA's eigenfrequencies; Dx, DG – proportional viscous damping in container and in barrier (added to all equations terms $k_{Xi} D_{Xi} \frac{du_i}{dt}$), Mx3 – less DVA' mass, fKK – DVA's masses inter-collision and fKx – DVA's masses on barrier collision eigenfrequencies. Ax is clearance half length. The prime system mass is $m_1 = 10\text{kg}$, the prime system eigenfrequency – $f_R = 1\text{Hz} = 6.28 \text{ Rad/s}$, the proportional damping – $D1 = 0.03$.

In Fig. 5 results of one-mass DVA and 3 mass DVA optimization.

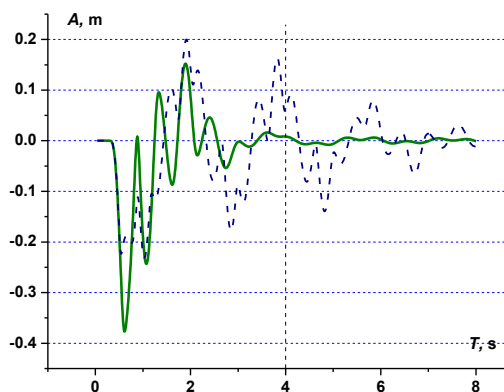


Fig. 5. Results of one-mass DVA (dash line) and 3 mass DVA optimization

The one-mass DVA is worse than 3-mass. The upper results are achieved with the Boltzman approximation for contact forces.

Impact masses DVA with different radiuses of sending plates. Let us consider new 3-mass DVA (Fig. 6).

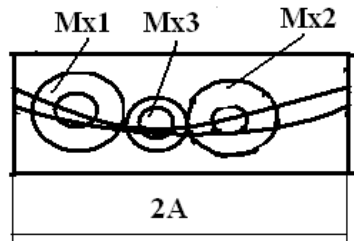


Fig. 6. DVA with 3 different radiuses of sending plates

Here the curvatures of flat springs of DVA's masses are different. That prevents them to move synchronous motion. In Fig. 7 the optimization result are shown

N= 1	
Dx .559E-01	Dx2 .137E+00
fx .819E+00	fx2 .687E+00
DG .277E-01	fEkx .155E+01
Mx3 .425E+00	Ax .231E+02
CiL .143E+00	
N= 16	
Dx .485E-02	Dx2 .120E+00
fx .568E+00	fx2 .188E+01
DG .155E+00	fEkx .327E+00
Mx3 .673E+00	Ax .232E+02
CiL .728E-01	
N= 17	
Dx .483E-02	Dx2 .134E+00
fx .120E+00	fx2 .183E+01
DG .645E-01	fEkx .206E+00
Mx3 .743E+00	Ax .231E+02
CiL .344E-01	
N=23408	
Dx .204E-01	Dx2 .119E+00
fx .161E+00	fx2 .157E+01
DG .106E+00	fEkx .993E-01
Mx3 .222E+00	Ax .232E+02
CiL .682E-02	

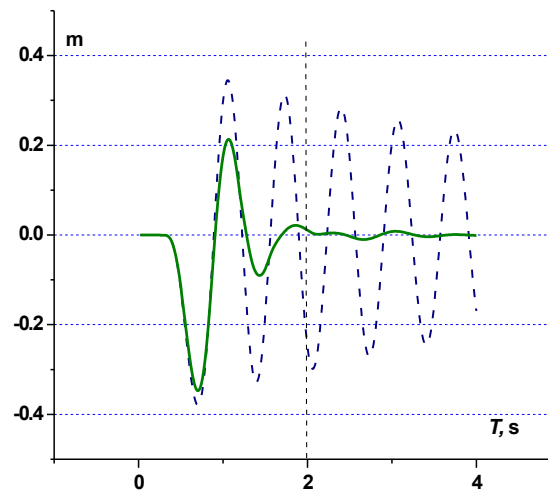


Fig. 7. Optimization results

The evaluation time was 2s. In Fig. 8 comparison of optimization processes for masses contact and without contact are presented .

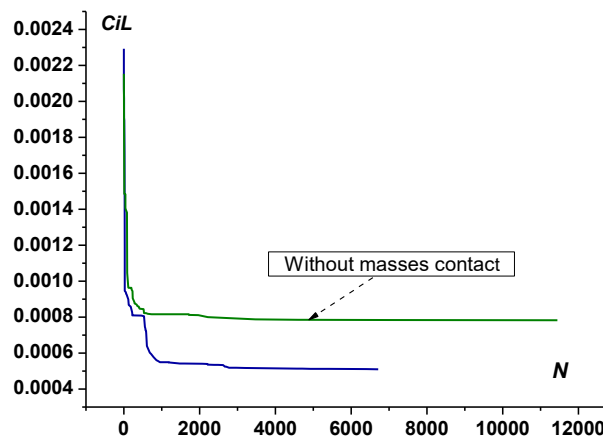


Fig. 8. Comparison of optimization processes for masses contact and without contact

Simultaneous optimization for shock and oscillation loading. Consider now simultaneous optimization by impulse and harmonic loading. Let us now consider the optimization of this DVA's by criterion (3) for simultaneous shock oscillation loading. In Fig. 9 results of optimization for various initial

time are presented. For the optimization the best results are achieved (as was shown by calculations) by high damping in the container and soft highly damping barriers.

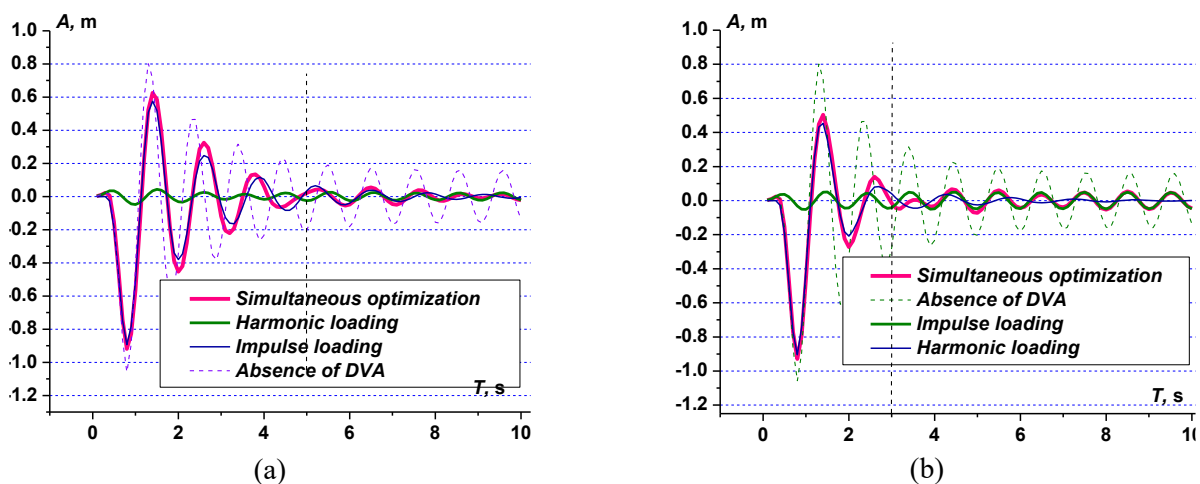


Fig 9. Results of optimization for initial time 5s (a) and 3s (a)

Conclusion. In order to determine the optimal parameters of impact multi-mass DVA the complete modeling of dynamics of devices should be made. Paper deals with the new methods for the explicit determination of the frequency characteristics of dynamic vibration absorbers by impact and narrow frequency excitation. The new vibro-absorbing elements are proposed. Few parameters numerical schemes of vibration analysis are under discussion. The influence of geometric, elastic and damping properties of the basic construction and dynamic vibration absorbers are considered. The algorithms for vibration decreasing are received. The energy dissipation results from the exchange of momentum during impacts between the mass and the stops, mass friction during its motion and masses collegian as the structure vibrates. Finally, present research develops the genetic algorithms for optimal design searching by discrete-continuum DVA's system – base system modeling.

1. Paget, A.L. (1937). Vibration in steam turbine buckets and damping by impacts. *Engineering*, 143, pp. 305-307.
2. Grubin, C. (1956). On the theory of acceleration damper, *Journal of Applied Mechanics. Transactions of the ASME*, 78, pp. 373-378.
3. Masri, S.F. (1968). Analytical and experimental studies of multi-unit impact dampers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 45, pp. 1111-1117.
4. Bagpat, C.N. & Sankar, S. (1985). Single unit impact damper in free and forced vibration. *Journal of Sound and Vibration*, 99, pp. 85-94.
5. Ema, S. & Marui, E. (1994). A fundamental study on impact dampers. *International Journal of Machine Tools and Manufacturers*, 34, pp. 407-421.
6. Chen, C.C. & Wang, J.W. (2003). Free vibration analysis of a resilient impact damper. *International Journal of Mechanical Science*, 45, pp. 589-604.
7. Li, K. & Darby, A.P. (2006). An experimental investigation into the use of a buffered impact damper. *Journal of Sound and Vibration*, 291, pp. 844-860.
8. Park, J., Wang, S. & Crocker, M.J. (2009). Mass loaded resonance of a single unit impact damper caused by impacts and the resulting kinetic energy influx. *Journal of Sound and Vibration*, 323, pp. 877-895.
9. Kernytskyy, I., Diveyev, B., Pankevych, B. & Kernytskyy, N. (2006). Application of variation-analytical methods for rotating machine dynamics with absorber. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Civil Engineering*, Vol. 9, Issue 4. Available Online <http://www.ejpau.media.pl/>
10. Stocko, Z., Diveyev, B. & Topilnyckyj, V. (2007). Diskrete-cotinum methods application for rotating machine-absorber interaction analysis. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. Vol. 20, Iss. 1-2, pp. 387-390.
11. Diveyev, B., Vikovych, I., Dorosh, I. & Kernytskyy, I. (2012). Different type vibration absorbers design for beam-like structures. *Proceeding of ICSV19*, Vilnius, Lithuania, Vol. 2, pp. 1499-1507.
12. Cherchyk, H., Diveyev, B., Martyn, V. & Sava, R. (2014). Parameters identification of particle vibration absorber for rotating machines. *Proceeding of ICSV21*, Beijing, China.
13. Diveyev, B., Vikovych, I., Martyn, V. & Dorosh, I. (2015). Optimization of the impact and particle vibration absorbers. *Proceeding of ICSV21*, Florence, Italy. Vol. 2.

Дивеев Б.М., Вікович І.А., Дорош І.Р., Коваль Т.Б., Мартин В.Є. Багатомасовий ударний демпфер з еластичними бар'єрами.

Ударний демпфер це пасивний контрольний пристрій, який має форму маси, що вільно рухається у контейнері, прикріпленім до підконтрольної конструкції, тобто первинної структури. Демпфування спричиняється обміном імпульсів протягом зіткнень між масою і бар'єрами, оскільки структура вібрує. Багатомасова демпфуюча система, може подолати деякі обмеження звичайного динамічного гасника коливань (ДГК) використовуючи ударні маси як демпфуюче середовище і взаємодію мас з бар'єром як демпфуючого механізму. У статті запропонований ефективний числовий підхід для максимізації демпфування мод коливань в заданому діапазоні частот для первинної структури. Первинна структура моделюється як пружно-масова система. Розглядається вплив динамічних пружних і демпфуючих властивостей ДГК. Розроблено методику для надання оптимальних ДГК для усунення надмірної вібрації при синусоїдальному і ударному навантаженні системи.

Ключові слова: динамічний гасник вібрації, ударний демпфер, пружно-масова система, оптимізація.

Дивеев Б.М., Викович И.А., Дорош И.Р., Коваль Т.Б., Мартин В.Е. Многомассовый ударный демпфер с эластичными барьерами.

Ударный демпфер это пассивное контрольное устройство, которое имеет форму массы, которая свободно двигается в контейнере, прикрепленном к подконтрольной конструкции, то есть первичной структуры. Демпфирование влечется обменом импульсов на протяжении столкновений между массой и барьерами, поскольку структура вибрирует. Многомассовая демпфирующая система, может преодолеть некоторые ограничения обычного динамического гасителя колебаний (ДГК) используя ударные массы как демпфирующую среду и взаимодействие масс с барьером как демпфирующего механизма. В статье предложен эффективный числовой подход для максимизации демпфирования мод колебаний в заданном диапазоне частот для первичной структуры. Первичная структура моделируется как упруго-массовая система. Рассматривается влияние динамических упругих и демпфирующих свойств ДГК. Разработана методика для предоставления оптимальных ДГК для устранения избыточной вибрации при синусоидальной и ударной нагрузке системы.

Ключевые слова: динамический гаситель вибрации, ударный демпфер, упруго-массовая система, оптимизация.

AUTHORS:

Bohdan DIVEYEV, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Transport Technologies Department, Lviv National Polytechnic University, e-mail: divboglviv@yahoo.com

Ihor VIKOVYCH, Doctor of Science in Engineering, Professor of Transport Technologies Department, Head of Automobiles Department, Lviv National Polytechnic University.

Ihor DOROSH, PhD, Head of PE "Dora", Lviv.

Taras KOVAL, PhD student, Lviv National Polytechnic University.

Viktor MARTYN, PhD student, Lviv National Polytechnic University.

АВТОРИ:

ДИВЕЄВ Богдан Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: divboglviv@yahoo.com

ВІКОВИЧ Ігор Андрійович, доктор технічних наук, професор кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка».

ДОРОШ Ігор Романович, кандидат фіз.-мат. наук, директор ПП «Дора», Львів.

КОВАЛЬ Тарас Богданович, аспірант Національного університету «Львівська політехніка».

МАРТИН Віктор Євгенович, аспірант Національного університету «Львівська політехніка».

АВТОРЫ:

ДИВЕЕВ Богдан Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: divboglviv@yahoo.com

ВИКОВИЧ Игорь Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника».

ДОРОШ Игорь Романович, кандидат физ.-мат. наук, директор ПП «Дора», Львов.

КОВАЛЬ Тарас Богданович, аспирант Национального университета «Львовская политехника».

МАРТЫН Виктор Евгеньевич, аспирант Национального университета «Львовская политехника».

Стаття надійшла в редакцію 29.03.2016р.

Giorgi Doborjginidze
Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

METHODS FOR SUPPLY CHAIN PERFORMANCE MEASUREMENT

The supply chain performance is one of the most important factors of company's competitiveness. As an efficient management tool, supply chain performance measurement enables companies to strategically manage and continuously control achieving objectives. In today's modern business world, it is hard to develop standardized criteria to measure performance of the supply chain processes, which enables companies to evaluate a quality of their processes and define target values for performance improvement. In this paper the methodology of Supply Chain Operations Reference Model (SCOR) has been discussed. The paper investigates SCOR framework and its effectiveness as a process measurement tool to improve supply chain efficiency. The study introduces the approach which has been used in the Georgian Supply Chain Industry Research and discusses the main results of the study.

Keywords: Performance Measurement, Supply Chain, Metrics, Supply Chain Operations Reference.

Background for research: Supply Chain Management (SCM) is an important business philosophy that has raised an interest among most active areas of research in the academic operations management community in order to support companies to improve supply chain performance and increase their competitiveness on global market.

Performance measurement is defined as the process of quantifying the efficiency and effectiveness of action. Effectiveness is the extent to which customer's requirements are met, while efficiency measures how economically a firm's resources are utilized to achieve a predetermined level of customer satisfaction. As an important management tool, performance measurement enables supply chain to strategically manage and continuously control achieving of objectives.

Various companies are approaching continuous improvement as an instrument to enhance their core competitiveness using SCM. Many companies couldn't utilize their potential in maximizing their supply chain's potential because they have often failed to develop the performance measures and metrics needed to fully integrate their supply chain to maximize effectiveness and efficiency. One of the main reasons of this failure is different approach for measurement technics and metrics. The performance measurements should be understandable by all participants in the supply chain and should offer minimum opportunity for manipulation.

Performance measurement tools and models should developed to achieve and measure organizational goals. Vast majority of companies realise the importance of financial and non-financial performance measures, however they have failed to represent them in a balanced framework. Kaplan and Norton have observed that companies and researchers have focused on financial performance measures or operational measures, which doesn't lead to metrics that can indicate whole organizational performance.

For a balanced approach it is important to take into consideration that the financial performance measurements are important for strategic decisions, while for supply chain operations like procurement, manufacturing and distribution, non-financial measurements should be used.

It is also important to define number of metrics to be used. Often companies cannot prioritize metrics and use a large number of performance measures. Therefore, the metrics which are used to measure performance should indicate organizational performance. To achieve an effective performance measurement and improvement of supply chain processes, the measurement goals should come up to organizational goals. The performance metrics should create balance between financial and non-financial measures that is related to decision making and control at strategic and operational levels.

Results: In cooperation with Georgian Logistics Association (GLA) and APICS Supply Chain Council the Department of Logistics at the Georgian Technical University has conducted the Supply Chain Industry Study to assess supply chain management practices and capabilities within and across Georgian industries. The study has been focused on supply chain practices and metrics used by global leading manufacturers and distributors, evaluating company maturity across three areas: supply chain management processes, organization, and metrics. Processes span the five Level 1 processes of the APICS Supply Chain Council Supply Chain Operations Reference (SCOR) model to enhance compatibility with international markets by introducing a globally accepted industry standard for supply chain operations: Plan, Source, Make, Deliver, and Return. The research provides quantifiable insight to enable informed decision-making at a corporate, industry, and national levels.

Provided research enabled each company participated in the study to receive an assessment of their operations as compared to their relative competitors. Industry scope for future surveys may change and adjust

according to market developments and trends. Provided benchmarking of performance metrics at local and international levels helped companies in their efforts to identify opportunities to reduce supply chain operational costs and increase service quality, gain insight into relative strengths and weaknesses compared to other companies in the same industry, and combat organizational complacency and the perception that current performance is acceptable. The benchmarking results for companies highlighted cost-saving opportunities in transportation, inventory, forecasting and planning cycles, order-to-cash, and plan-to-make operations. Provided research has catalyzed the Georgian supply chain sector to improve supply chain operations, and hence improve economic competitiveness for the country.

Approach: The Georgian Supply Chain Industry Study has been conducted based on SCOR performance measurement metrics. First version of the SCOR model was created in 1996 by the APICS Supply Chain Council (Former Supply Chain Council). The SCOR model is organized around the six primary management processes of Plan, Source, Make, Deliver, Return and Enable (shown in Figure 1). It is the only integrated cross functional framework that links performance measures, best practices and software requirements to a detailed business process model.

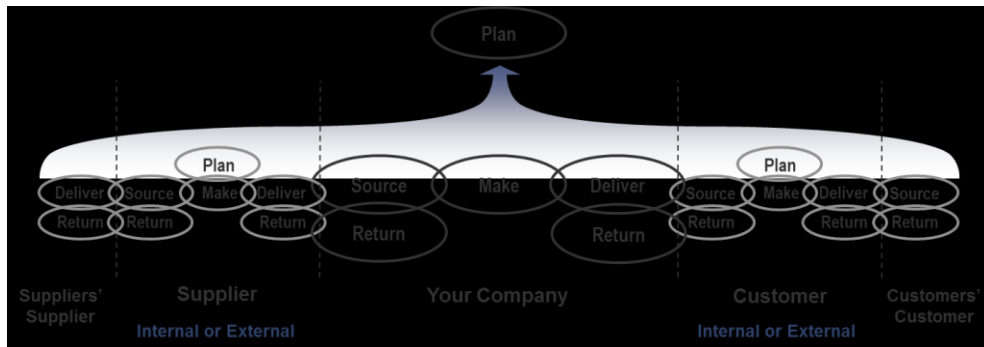


Figure 1: SCOR Reference Model *Source: SCOR 11.0*

Supply chain performance is measured from 5 perspectives: Reliability, Responsiveness, Flexibility, Cost and Asset Management. The model spans the chain from supplier’s supplier to customer’s customer aligned with operational strategy, material, work and information flows. SCOR is considered as an comprehensive system that requires a well-defined infrastructure, sufficient managerial resources and continuous business process re-engineering to align the business with best practices.

The following key objectives have been identified for Georgian Supply Chain Industry Study:

- Determine baseline performance for supply chain processes, skills and performance metrics;
- Establish a repeatable survey process that can be administered on an annual basis;
- Target industries that significantly contribute to economic growth;
- Develop apples-to-apples comparisons across all supply chain process areas;
- Provide relevant industry-specific peer comparisons;
- Introduce leading practices and standards employed by U.S. and EU markets to enhance the competitiveness of Georgian companies.

The study included two stages which have been focused on the analysis of the processes and skills and supply chain performance of survived companies. The following figure illustrates the approach, main objectives, completed tasks and results of the study phases.

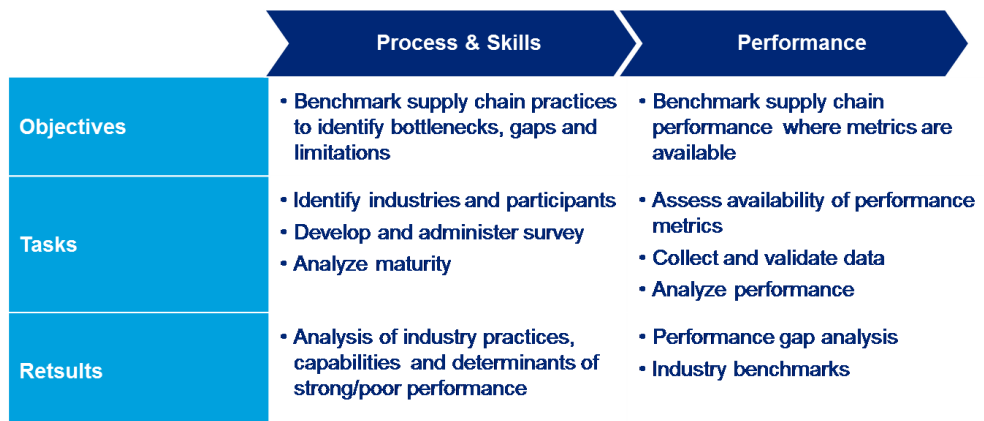


Figure 2: The stages in the Study Approach

One of the important tasks to conduct the study was to select and align the right performance metrics to SCOR processes to establish industry baselines. In total, 35 SCOR metrics have been identified as a measurement tool for supply chain performance in Georgian companies.

To enable industry-specific peer comparisons, it was important to target the industries that significantly contributes to economic growth based on gross domestic product (GDP), relevance of supply chain operations, and competitive market size. Participants included those in the food and beverage, life sciences (pharmaceutical), high technology (electronics), consumer products, and retail industries. This approach enabled each participant company to receive an assessment of their operations as compared to their relative competitors. Industry scope for future surveys may change and adjust according to market developments and trends.

Table 1 shows the main metrics that has been selected by each from five supply chain processes.

Table 1: Selected Supply Chain Performance Metrics

	Plan	Source	Make	Deliver	Return
Metrics	<ul style="list-style-type: none"> Forecast accuracy as a percent of units Active SKU count (nearest hundred) Percent of revenue from Make to Stock products 	<ul style="list-style-type: none"> Sourcing Cycle Time Contract Cycle Time PO Cycle Time Percentage of direct material spend with domestic suppliers Percentage of direct material spend that is under contract Supplier on-time direct material Percentage of acceptable products received from suppliers Percentage of spend allocated to top 20% of vendors 	<ul style="list-style-type: none"> Manufacturing capacity utilization percentage Schedule adherence Defects per unit 	<ul style="list-style-type: none"> Receive, Configure, Enter and Validate an Order Cycle Time Pick to Ship Cycle Time Ship Cycle Time Percentage of transportation outsourced Transportation cost as a percentage of revenue Fleet Utilization Order fill rate Percentage of Orders Delivered in Full Delivery Performance to Commit Date Documentation Accuracy Perfect Condition 	<ul style="list-style-type: none"> Customer returned product as a percentage of total revenue Returns Cycle Time

The supply chain process and skills analysis as well as competition analysis of the metrics have shown the following results:

- Low level of process automation in supply chain and logistics which results in errors and inefficiency of processes.

- No consistent application of enterprise forecasting practices, which will support the companies to improve Order Fill Rate in line with international benchmarks (next figure shows that the lowest level of Fill Rate¹ in retail and distribution is 65%, while international standards are 97%-99%).

- Low level of inventory management which results in high warehousing and inventory costs and decreases cash-on-hand for investment in growth. In the local companies inventory in days amounts in average 60 days in some cases 120 days (see Figure 3, Inventory Days of Supply).

- Relatively high primary and secondary transportation costs caused by a lack of consolidation and break-bulk operations and low level of truck fleet utilization. According to the study average outbound transportation cost in the companies amount to 7-12% from the total revenue. While international standards of outbound transportation costs is from 3 to 5% as a percentage of total operating revenue.

- Only a few companies (mostly global players operating in Georgia) are able to track holistic performance metrics (KPI). There is a limited use of standardized supply chain processes undermines the consistent application of leading practices across the organizations.

The following figure illustrates the benchmark analysis of key performance metrics of surveyed companies.

¹ Fill rate is a percentage of customer or consumption orders satisfied from stock at hand. It is a measure of an inventory's ability to meet demand.



Figure 3: Benchmark of Key Performance Metrics

Conclusion: This study shows that the supply chain performance measurement is gaining importance and scope. Both academics and practitioners have been looking solutions increasingly to design and implement performance measurement systems for supply chains to manage continuous changes in their structures, nature and requirements. To improve performance of the supply chain and optimize the cost performance measurement benchmarks, improvement studies have to be done. All supply chain participants should be involved and committed to common goals, such as customer satisfaction throughout the supply chain and enhanced competitiveness. The companies should develop their performance measurement and improvement programs, which will help them to improve cross functional and intra-organizational process planning and control and more complete supply chain integration.

This paper explains methodology of one of the most successful performance measurement tool-SCOR. Finally, it explains the approach of the Georgian Supply Chain Industry Study and introduces the main results of the study.

REFERENCES

1. Abu-Suleiman, A., Boardman, B. & Priest, J. W. (2004). "A Framework for an Integrated Supply Chain Performance Management System," *Industrial Engineering Research Conference*, Houston, TX.
2. Ainapour, B., Singh, R. & Vittal, P. R. (2011). "TOC Approach for Supply Chain Performance Enhancement," *International Journal of Business Research and Management*, 2(4), pp. 163-178.
3. Akyuz, G. A. & Erkan, T. E. (2010). "Supply Chain Performance Measurement: A Literature Review," *International Journal of Production Research*, 48(17).

4. Bolstorff, P. & Rosenbaum, R. (2011). *Supply Chain Excellence: A Handbook for Dramatic Improvement Using the SCOR Model*, Third Edition.
5. Cirtita, H. & Glaser-Segura, D. A. (2012). Measuring Downstream Supply Chain Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(3).
6. Gintic Institute of Manufacturing Technology. (2002). *Measuring supply chain performance using a SCOR-based approach*. USA: Gintic Scm Center..
7. Hsin Hsin Chang, Yao-Chuan Tsai, Che-Hao Hsu. (2013). E-procurement and supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 18 Iss. 1, pp.30-52.
8. Lee, H.L., Billington, C. (1992). Managing supply chain inventory: Pitfalls and opportunities. *Sloan Management Review*, 33 (3).
9. Boulter, L., Bendell, T. & Dahlgard, J. (2013). Total quality beyond North America: A comparative analysis of the performance of European Excellence Award winners. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 33 Iss: 2, pp.192-217.
10. Kaplan, R., & Norton, D. (2006). *Strategy-Focused Organization How Balanced Scorecard*.
11. Winter, M. & Knemeyer, M. (2013). Exploring the integration of sustainability and supply chain management: Current state and opportunities for future inquiry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 43 Iss: 1, pp.18-40.
12. Maskell, B.H., (1991). *Performance Measurement for World Class Manufacturing*. Productivity Press, Inc., Portland.
13. Supply-Chain Council (2014). *Supply-Chain Operations Reference-model Overview*.
14. Supply Chain Council (2014). *SCOR Version 11.0, APICS SCC*.
15. Prasnikar, J., Debeljak, Z. & Ahcan, A. (2005). Benchmarking as a tool of strategic management. *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol.16, No.2, pp. 252-280.

გიორგი დობორჯინიძე. Методы оценки эффективности системы поставок.

Работа системы поставок - один из наиболее важных факторов конкурентоспособности компании. Как эффективный инструмент управления, оценка эффективности системы поставок позволяет компаниям стратегически управлять и непрерывно контролировать цели достижения. В современном деловом мире трудно развивать стандартизированные критерии, чтобы определить уровень процессов системы поставок, который позволяет компаниям оценить качество своих процессов и определить целевые значения для повышения производительности. В этой работе была обсуждена методология Операционной Эталонной модели Системы поставок (SCOR). Работа исследует структуру SCOR и ее эффективность как инструмент оценки процесса, чтобы повысить эффективность системы поставок. В исследовании принят подход, который использовался в грузинском промышленном исследовании системы поставок и обсуждаются основные результаты исследования.

Ключевые слова: исполнительное измерение, система поставок, метрики, операционная ссылка системы поставок.

AUTHOR:

Giorgi DOBORJGINIDZE, PhD in Engineering, Professor, Head of Department of Logistics, Georgian Technical University, e-mail: g.doborjginidze@gtu.ge

АВТОР:

გიორგი ДОБОРჯინიძე, доктор философии, профессор, заведующий кафедры логистики, Грузинский технический университет, e-mail: g.doborjginidze@gtu.ge

Стаття надійшла в редакцію 19.03.2016 р.

Victoriya Ivasenko
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

ANALYSIS OF THE REGULATORY PROVISIONS FOR ENGINEERING, CONSTRUCTION AND TRAFFIC MANAGEMENT COURSE FOR PROJECTING PUBLIC TRANSPORT TO THE NEEDS OF PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY

We have analyzed the basic regulatory requirements for construction and traffic public transport engineering to the needs of people with limited mobility. We have investigated public transport placing requirements and their settings. Result is some technical means of traffic management (information security), do not take into account the needs of all road users.

Keywords: groups of people with limited mobility, public transport stops, engineering improvement, traffic management.

The problem. For recent years in different countries work of adapting environment including street and road network to the needs of people with limited mobility is underway. It is aimed at using of street and road network for various categories of people without no restrictions to their rights and freedoms. These groups include not only people with different nosology disability but elderly people, pregnant women, preschool children, adult children in their arms or in wheelchairs and others.

Communication space for groups of people with limited possibilities moving are street and road network in the locality and beyond and one of the most important elements of which are stops of public transport. Basic requirements for the movement for groups of people with limited possibilities concerning barrier-free environment inside buildings and in open spaces and do not include some features of certain categories of persons with disabilities using elements of transport infrastructure. People in wheelchairs for normal moving need next conditions: sufficient size of road, availability for wheelchairs reversal, no extreme elevation or availability of ramps, lifts and elevators for extreme elevations, special tactile indicators for the visually impaired, specialized information support for the deaf and people with mental disorders, etc.

So, **the purpose** is the analysis of current regulatory requirements to the design, construction, reconstruction, construction and engineering of traffic on bus stops that would take into account the needs of people with limited mobility.

Results. We have analyzed the current regulatory requirements for engineering construction and traffic management to the needs of peoples with limited possibilities (table 1) and formulated the task to researching of road network elements.

Table 1. Regulatory requirements for the construction and traffic organization of public transport stops (PTS)

<i>Parameters and elements of public transport stops</i>	<i>Requirements for public transport design</i>	
	<i>Ukraine</i>	<i>Aboard</i>
<i>PTS placing</i>	<p>Stops should be placed and arranged in such a way:</p> <ul style="list-style-type: none"> – that buses and pavilions, located on the stops are visibility for drivers of other vehicles; – that pedestrians (passengers) could smoothly be coming to landing pad, moving beyond the roadway on the sidewalk or footpath; – that passengers' route to other transport transfer should be fast and safe way; – that passengers in wheelchairs can move freely from the stop to the pavement or pedestrian paths [1]. <p>Intermediate stops are recommended to arrange on the road outside settlements no more than 0.6 km in resort areas and densely populated areas – after 0.3 km in settlements – 0.2 km [2, 3].</p>	<p>Bus stops should be located for passenger's comfort to leave public transport. Ideally, they should be located near places of special need, such as shops, libraries, clubs and medical facilities. Location determined after consultation with local authorities and the police. Important in the distribution of public transport is its accessibility for people in wheelchairs</p> <p>This requires additional reduction at intersections and roadsides.</p> <p>The ideal interval for the bus stop is about 400 m., but a shorter interval in the city center and residential areas may be required to provide specific passenger requirements [4, 5, 6].</p>

<i>Information support</i>	The information system about direction of movement of objects on the road network of the state and abroad created using established local recreation information and additional information boards (if necessary) [9].	Public transport stops should contain the following traffic signs: the sign «Bus Stop» and / or «bus» icon; stop's name; list of service numbers; phone's number of information center and website address; bus timetable; information of fares; maps or diagrams of bus routes [4].
<i>Landing pad</i>	Landing pads at stops of passenger transport should be raised to 0.2 m above the ground stops. The surface of the landing pads should have hard surface with length more than landing pad length, and width more than 2m. The distance from construction of the pavilion for passengers to the edge of the platform stops must be more than 2 m [7, 8, 9].	The width of the landing sites receiving at least 2.5 m, and length depending on the type of stop. Landing sites at public transport stops should be at 0.14 m higher than stops ones. The surface coating should be homogeneous which makes it possible to quickly and smoothly move for people with disabilities [5, 6].
<i>Stopping pad</i>	Width of stopping pad should be more than 3 m, width of half-stopping pad should be more than 2m. The length of the platforms (pads) should be: one bus a stop to –13 m, two – 25 meters, three – 37 m [1].	The length of stops areas depend on the vehicle is 20 m for a bus or trolley, but no more than 60 m [5].
<i>Islets of safety</i>	Safety islands should be organized by the width of the roadway 15 meters width equal to the central dual carriageway, in the case of its absence – a width of at least 2 m by narrowing lanes to 3,25 m on main streets and city roads citywide and regional importance, and by planting strips and sidewalks. The length of the islands should be taken as equal the width of a pedestrian crossing [1, 3].	Safety islands should be placed of transition roadway street, where possible. It is important that their placement was at a sufficient distance from public transport that will make their use safer passengers and pedestrians and convenient for drivers. Width of safety islands should be at least 2 m [4, 6].
<i>The width of the pavement and walkways</i>	The width of the sidewalks should be determined taking into account the category and functionality streets (roads), depending on the intensity of foot traffic and placement within them towers, poles, trees and etc. The width of one lane of pedestrian traffic should be multiples of 0.75 m [8]. The minimum width of sidewalks should be 1.8 m [1, 8].	The recommended width of sidewalks near public transport is 3 m, which allows to freely move passengers leaving the vehicle and passengers who sit in it and is convenient for people in wheelchairs. In places where passenger traffic is low, pavement width may be reduced to 1.8 m [4].

Based on the analysis and infrastructure research developed proposals for public transport to the needs of people with limited mobility in the village, which includes 3 main options: 1) on streets with limited dimensions (fig.1); 2) on main and residential streets with the new buildings (fig.2); 3) on the final stops (fig.3).

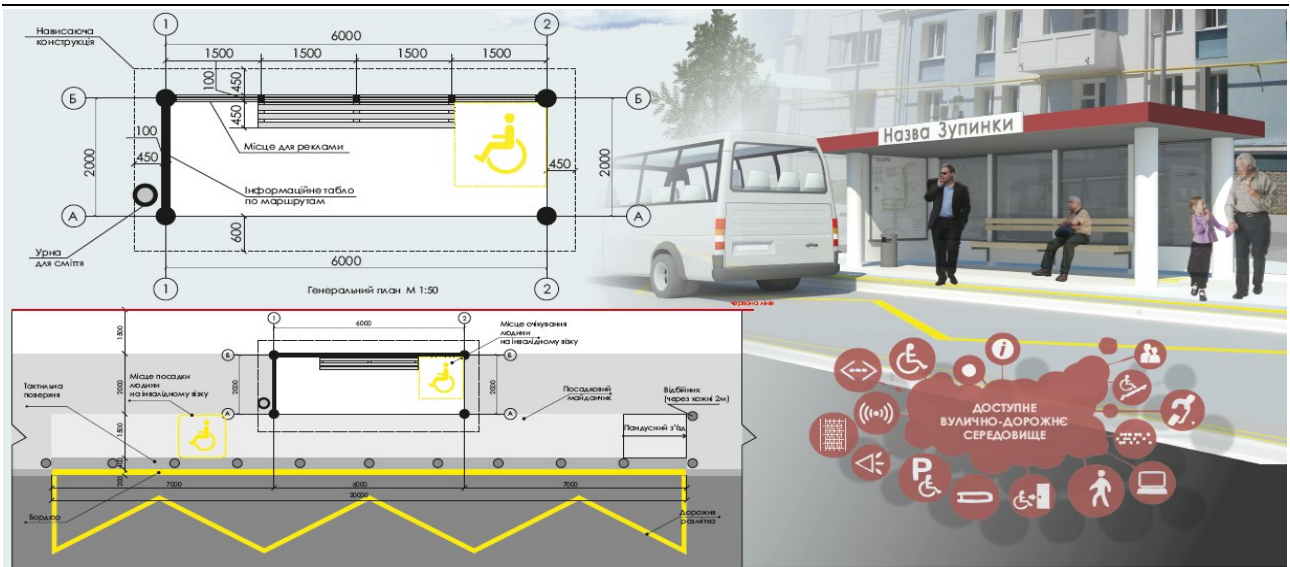


Figure 1. The scheme of public transport plan to the needs of people with limited mobility (on streets with limited dimensions)

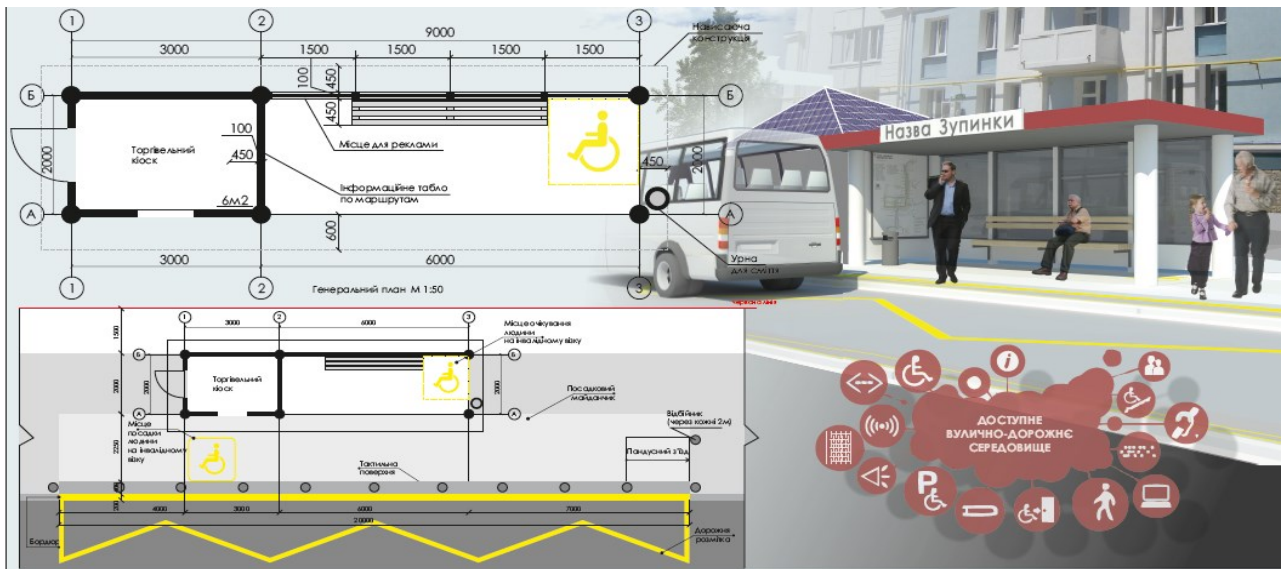


Figure 2. The scheme of public transport plan to the needs of people with limited mobility (on main and residential streets with the new buildings)

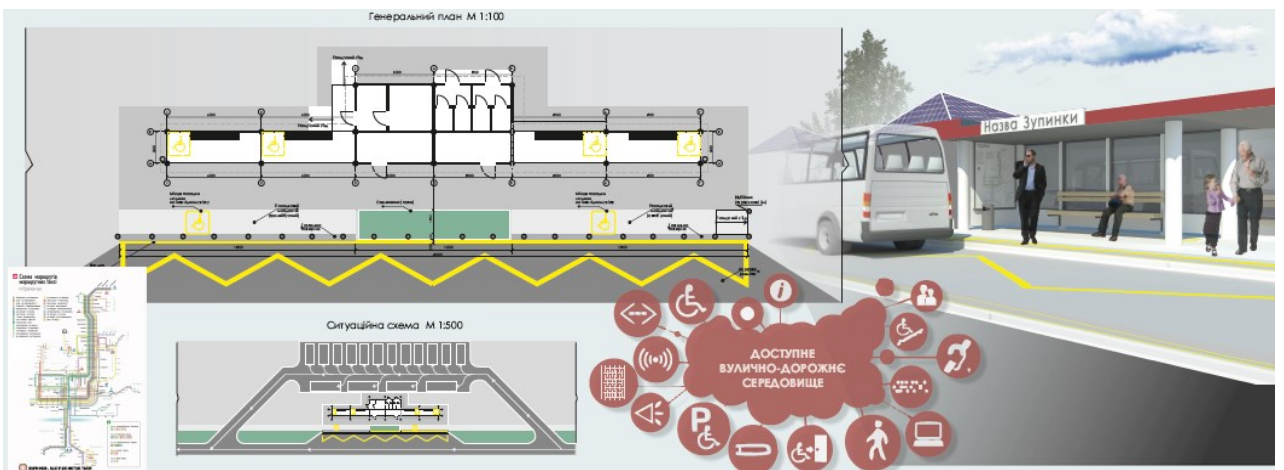


Figure 3. The scheme of public transport plan to the needs of people with limited mobility (on the final stops)

Summary. Requirements to the engineering construction of public transports traffic for the needs of people with limited mobility is analyzed. Proved tasks of supplement statutory requirements to designing public transport for the needs of people with limited mobility with: placing reasonable distance of public transport; establishing the required common elements of information support for all road users; height and width of the landing pad; parameters area stops; the width of the pavements. Public transport options are developed for different urban conditions and needs of people with limited mobility.

1. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво: Зміна №3 ДБН В.2.3-4:2007.- К.: Мінрегіон України, 2013.
2. Безпека дорожнього руху. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092-2002.- [Чинний від 2002.06.03].- К.: Держстандарт України, 2002.
3. Споруди транспорту. Перехрещення та примикання автомобільних доріг в одному рівні. Методи проектування та організації дорожнього руху: ВБН В.2.3-218-192-2005. – [Чинний від 2006.05.26]. – К.:Укравтодор, 2005. – (Відомчі будівельні норми України).
4. Доступність в місцях громадського користування. 581: Відкритий контрольний список норм. Керівництво з дотримання, США, видавництво Томпсон, 1991. - с. 113-119.
5. Автобусна зупинка. Дизайн. Керівництво, Белфаст BT2 8GB, жовтень 2005, Лондон. – с. 46.
6. Транспорт для Лондона. Зручний доступ до зупинки автобуса. Дизайн. Керівництво, січень 2006 р, Лондон. – с.33
7. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування: ГБН В.2.3-218-550:2010. - [Чинний від 2010.24.10]. - К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2010. – (Галузеві будівельні норми України).
8. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В. 2. 3 – 5 – 2001.- [Чинний від 2001.10.01]. – К.: Держбуд України, 2001. – (Державні будівельні норми).
9. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Стоянки і майданчики для відпочинку та короткочасної зупинки автомобілів. Загальні вимоги проектування: ГБН В.2.3-218-549:2010.- [Чинний від 2010.24.12]. - К.: Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор), 2010. – (Галузеві будівельні норми України).

REFERENCES

1. *DBN B.2.3-4: 2007.* [State Construction Standard B.2.3-4: 2007]. *Highways. Part I: Design. Part II: Construction.* Kyiv, 2013. (In Ukrainian).
2. *DSTU 4092-2002.* [State Standard 4092-2002]. *Road Safety. General specifications, rules and application security requirements.* Kyiv, Derzhstandart Ukrainy Publ., 2002. (In Ukrainian).
3. *VBN B.2.3-218-192-2005.* [Construction Standard B.2.3-218-192-2005]. *Transport facilities. Contiguity and intersection of roads in one level. Methods of design and traffic management.* Kyiv, Ukravtodor Publ., 2005. (In Ukrainian).
4. Accessibility in Public Accommodations. 581: Readily Achievable Checklist. *ADA Compliance Guide, USA,* Thompson Publishing Group, December 1991. pp. 113-119.
5. *Bus Stop Design Guide.* Belfast BT2 8GB, October 2005, London, pp.46.
6. *Transport for London. Accessible bus stop design guidance.* January 2006, London, pp. 33.
7. *HBN B.2.3-218-550: 2010.* [Construction Standard B.2.3-218-550: 2010]. *Transport facilities. Highways. Bus stop. General requirements for the design.* Kyiv, 2010. (In Ukrainian).
8. *DBN B. 2.3-5 – 2001.* [State Construction Standard B. 2.3-5 – 2001]. *Transport facilities. Streets and roads settlements.* Kyiv, 2001. (In Ukrainian).
9. *HBN B.2.3-218-549: 2010.* [Construction Standard B.2.3-218-549: 2010]. *Transport facilities. Highways. Parks and playgrounds for recreation and short stopping cars. General requirements for the design.* Kyiv, 2010. (In Ukrainian).

Івасенко В.В. Аналіз нормативних вимог до інженерного облаштування та організації дорожнього руху при проектуванні зупинок громадського транспорту з урахування потреб маломобільних груп населення.

Проаналізовано основні нормативні вимоги до інженерного облаштування та організації дорожнього руху зупинок громадського транспорту з урахуванням потреб маломобільних груп населення. Досліджені вимоги до розміщення зупинок громадського транспорту та їх основні параметри. Визначено, що окремі технічні засоби організації дорожнього руху (інформаційне забезпечення), не враховують потреби всіх учасників дорожнього руху.

Ключові слова: маломобільні групи населення, зупинки громадського транспорту, інженерне облаштування, організація дорожнього руху.

Ивасенко В.В. Анализ нормативных требований к инженерному обустройству и организации дорожного движения при проектировании остановок общественного транспорта с учетом потребностей маломобильных групп населения.

Проанализированы основные нормативные требования к инженерному обустройству и организации дорожного движения остановок общественного транспорта с учетом потребностей маломобильных групп населения. Исследованы нормативные требования к размещению остановок общественного транспорта и их

основные параметры. Определенно, что некоторые технические средства организации дорожного движения (информационное обеспечение), не учитывают потребности всех участников дорожного движения.

Ключевые слова: маломобильные группы населения, остановки общественного транспорта, инженерное обустройство, организация дорожного движения.

АВТОР:

ІВАСЕНКО Вікторія Вікторівна, аспірант кафедри автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, e-mail: tikhovika@yandex.ru

АВТОР:

ІВАСЕНКО Вікторія Вікторівна, аспірант кафедри автомобільних дорог, геодезии, землеустройства и сельских зданий, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, e-mail: tikhovika@yandex.ru

AUTHOR:

Victoriya IVASENKO, post-graduate, Department of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine, e-mail: tikhovika@yandex.ru

Стаття надійшла в редакцію 21.03.2016 р.

Бажинов¹ А.В., Веселая² М.А.*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет***УПРАВЛЕНИЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОГО КРИТИКА**

Рассмотрено перспективный подход к реализации адаптивного управления силовой установкой электромобиля с использованием адаптивного критика. Адаптивный критик содержится в специальном блоке, оценивающий качество работы систем управления силовой установкой электромобиля

Ключевые слова: адаптивный критик, электромобиль, силовая установка, система управления

Постановка проблемы. Эффективность работы силовой установки электромобиля в значительной степени определяется характеристиками системы управления (САУ), которая обеспечивает перераспределение потоков мощности между ходовой частью автомобиля, электродвигателем и контуром рекуперации энергии. Применяемые методы анализа и синтеза САУ не уделяют достаточно внимания многокритериальности возникающих оптимизационных задач. Данные обстоятельства не позволяют в полной мере раскрыть потенциальные возможности электромобилей.

Одним из наиболее перспективных и неисследованных подходов к реализации адаптивного управления ГСУ является управление с использованием нейросетевого адаптивного критика (Adaptive Critic), известный также как «Приближенное динамическое программирование» (Approximated Dynamic Programming) [1,2]. В этом случае в структурной схеме САУ содержится специальный блок – Критик, оценивающий качество работы всей системы управления. Данный подход предполагает адаптацию стратегии управления расходом электроэнергии на основе концепции обучения с подкреплением.

В связи с этим **целью работы** является создание рациональной системы управления силовой установкой электромобиля с использованием нейросетевого адаптивного критика, который предполагает управление расходом электроэнергии на основе обучения.

Результаты исследования. В процессе функционирования САУ электромобиля на n -м шаге управления вычисление коэффициента расходования электроэнергии аккумулятора нейроконтроллером $\varepsilon = F_{ESU.NC}(x, M_{ESU.zd})$, который реализован в виде трехслойной ИНС прямого распространения с активационной функцией нейронов скрытых слоев в виде функции гиперболического тангенса и линейном нейроне выходного слоя

$$\begin{bmatrix} \bar{\omega}(k) \\ \bar{\theta}(k) \\ \bar{M}_{ESU.zd}(k) \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} \omega(k) \\ \theta_{TAB}(k) \\ M_{ESU.zd}(k) \end{bmatrix} - \frac{M}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \omega(k) \\ \theta_{TAB}(k) \\ M_{ESU.zd}(k) \end{bmatrix} \right\} \right) \cdot \frac{std}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \omega(k) \\ \theta_{TAB}(k) \\ M_{ESU.zd}(k) \end{bmatrix} \right\},$$

$$N_{31} = 2 : \left(1 + \exp \left(-2 \cdot \left(W_{31} \cdot \begin{bmatrix} \bar{\omega}(k) & \bar{\theta}_{TAB}(k) & \bar{M}_{ESU.zd}(k) \end{bmatrix}^T + B_{31} \right) \right) \right) - 1,$$

$$N_{31} = 2 : \left(1 + \exp \left(-2 \cdot \left(W_{31} \cdot W_{32} + B_{32} \right) \right) \right) - 1,$$

$$\bar{\varepsilon}(k) = W_{33} \cdot W_{32} + B_{33},$$

$$\bar{\varepsilon}(k) = \bar{\varepsilon}(k) \cdot \frac{std}{k=0, N} \{ \varepsilon(k) \} + \frac{M}{k=0, N} \{ \varepsilon(k) \}, \quad (1)$$

где W_{31} , W_{32} , W_{33} - матрицы весовых коэффициентов нейрона первого, второго и третьего слоев ИНС нейроконтроллера соответственно;

B_{31}, B_{32}, B_{33} - векторы смещений нейронов соответствующих слоев;
Символ «:» в нормирующем выражении обозначает поэлементное деление векторов.

Одновременно нейросетевая модель $[\hat{M}_{EVS}, \hat{\theta}_{TAB}]^T = F_{ESU.MD}(\varepsilon, x, M_{ESU.zd})$ на основании текущего расхода электроэнергии и применяемого управления дает оценку параметров состояния системы на следующем шаге управления, которые критичны с точки зрения оценки функционала

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \bar{\varepsilon}(k) \\ \bar{\omega}(k) \\ \bar{\theta}_{TAB}(k) \\ \bar{M}_{GSU.zd}(k) \end{bmatrix} &= \left(\begin{bmatrix} \varepsilon(k) \\ \omega(k) \\ \theta_{TAB}(k) \\ M_{GSU.zd}(k) \end{bmatrix} - \frac{M}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \varepsilon(k) \\ \omega(k) \\ \theta_{TAB}(k) \\ M_{GSU.zd}(k) \end{bmatrix} \right\} \right) : \frac{std}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \varepsilon(k) \\ \omega(k) \\ \theta_{TAB}(k) \\ M_{GSU.zd}(k) \end{bmatrix} \right\}, \\ N_{41} &= 2 : \left(1 + \exp \left(-2 \cdot \left(W_{41} \cdot \begin{bmatrix} \bar{\varepsilon}(k) & \bar{\omega}(k) & \bar{\theta}_{TAB}(k) & \bar{M}_{ESU.zd}(k) \end{bmatrix}^T + B_{41} \right) \right) \right) - 1, \\ \begin{bmatrix} \bar{M}_{EVS}(k) \\ \bar{\theta}_{TAB}(k+1) \end{bmatrix} &= W_{42} \cdot N_{41} + B_{42}, \\ \begin{bmatrix} \hat{M}_{EVS}(k) \\ \hat{\theta}_{TAB}(k+1) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \bar{M}_{EVS}(k) \\ \bar{\theta}_{TAB}(k+1) \end{bmatrix} * \frac{std}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \hat{M}_{EVS}(k) \\ \hat{\theta}_{TAB}(k) \end{bmatrix} \right\} + \frac{M}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \hat{M}_{EVS}(k) \\ \hat{\theta}_{TAB}(k) \end{bmatrix} \right\}, \end{aligned} \quad (2)$$

где W_{41}, W_{42} , матрицы весовых коэффициентов нейронов первого и второго слоев ИНС нейросетевой модели соответственно;

B_{41}, B_{42} , - векторы смещений нейронов соответствующих слоев;

Символом «*» при детермировании выходного сигнала ИНС обозначается поэлементное умножение векторов.

Адаптивный критик осуществляет оценку функционала качества управления на данном шаге при выбранном управлении и текущем расходе энергии опираясь на оценку параметров системы, осуществленной нейросетевой моделью

$$\hat{J}_{SU\mu} = F_{ESU.KR}(\hat{M}_{ED}, \hat{\theta}_{TAB}, \omega). \quad (3)$$

Адаптивный критик реализован в виде ИНС с архитектурой, подобной ИНС нейросетевой модели

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \bar{M}_{ESU.zd}(k) \\ \bar{\theta}_{TAB}(k+1) \\ \bar{\omega}(k) \end{bmatrix} &= \left(\begin{bmatrix} \hat{M}_{ESU.zd}(k) \\ \hat{\theta}_{TAB}(k+1) \\ \omega(k) \end{bmatrix} - \frac{M}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \hat{M}_{ESU.zd}(k) \\ \hat{\theta}_{TAB}(k) \\ \omega(k) \end{bmatrix} \right\} \right) : \frac{std}{k=0, N} \left\{ \begin{bmatrix} \hat{M}_{ESU.zd}(k) \\ \hat{\theta}_{TAB}(k) \\ \omega(k) \end{bmatrix} \right\}, \\ N_{51} &= 2 : \left(1 + \exp \left(-2 \cdot \left(W_{51} \cdot \begin{bmatrix} \bar{M}_{ESU.zd}(k) & \bar{\theta}_{TAB}(k+1) & \bar{\omega}(k) \end{bmatrix}^T + B_{51} \right) \right) \right) - 1, \\ \hat{J}_{SV\mu}(k) &= W_{52} \cdot N_{51} + B_{52}, \end{aligned} \quad (4)$$

где W_{51}, W_{52} , - матрицы весовых коэффициентов нейрона первого, второго и третьего слоев ИНС нейроконтроллера соответственно;

B_{51}, B_{52} , - векторы смещений нейронов соответствующих слоев;

В ряде случаев возможна подача на входы адаптивного критика действительных значений параметров ЭСУ $M_{ED}(k)$ и $\theta_{TAB}(k+1)$ вместо их оценки нейросетевой моделью. В этом случае ИНС служит только для обратного процесса распространения ошибки при настройке нейроконтроллера в процессе адаптации САУ электромобиля.

Блок адаптации обеспечивает параметрическую настройку (обучение) ИНС нейроконтроллера, модели и адаптивного критика путем настройки соответствующих матриц весовых коэффициентов и векторов смещений нейронов.

В качестве эталонной модели может выступать управление с использованием логических правил выбора стратегии либо оптимальная стратегия управления полученная для некоторого заданного стиля езды (например, спортивный или экономичный).

В процессе моделирования движения автомобиля на выбранном ездовом цикле при использовании эталонной модели управления расходом электроэнергии получают множества точек $\{\varepsilon_i, \omega_i, \theta_{TAB,i}\}$ и $\{M_{ED,i}, \theta'_{TAB,i}, \varepsilon_i, \omega_i, \theta_{TAB,i}, M_{ESU,zd,i}\}$, $i = \overline{1, N}$, где $\theta'_{TAB,i}$ – значение степени заряженности ТАБ на следующем шаге управления. Функции невязки выходов нейроконтроллера и нейросетевой модели –ой точке могут быть определены из выражений

$$\begin{cases} \psi_{ESU.NC}(i, W_{3j}, B_{3j}) = (\varepsilon_i - \hat{\varepsilon}_i)^2 \\ \hat{\varepsilon}_i = F_{ESU.NC}(\omega_i, \theta_{TAB}, M_{ESU.zd,i}, W_{3j}, B_{3j}) \quad j = \overline{1, 3} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} \psi_{ESU.NC}(i, W_{4j}, B_{4j}) = (M_{ED.zd,i} - \hat{M}_{ED.zd,i})^2 + (\theta'_{TAB,i} - \hat{\theta}_{TAB,i})^2 \\ \begin{bmatrix} \hat{M}_{ED.zd,i} \\ \hat{\theta}_{TAB,i} \end{bmatrix}^T = F_{ESU.MD}(\varepsilon_i, \omega_i, \theta_{TAB}, M_{ESU.zd,i}, W_{4j}, B_{4j}) \quad j = \overline{1, 2} \end{cases} .$$

Задача обучения нейронных сетей $F_{ESU.NC}$ и $F_{ESU.MD}$ сводится к поиску минимума целевых функционалов вида

$$\begin{aligned} J_{ESU.NC}(W_{3j}, B_{3j}) &= \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \psi_{ESU.NC}(i, W_{3j}, B_{3j}), j = \overline{1, 3} \rightarrow \min, \\ J_{ESU.NC}(W_{4j}, B_{4j}) &= \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \psi_{ESU.MD}(i, W_{4j}, B_{4j}), j = \overline{1, 2} \rightarrow \min. \end{aligned} \quad (6)$$

Выводы. С целью предотвращения эффекта переобучения, множества исходных данных могут быть разделены на обучающее (training set) и контрольное (validation set) подмножества с использованием соответствующих коэффициентов разбиения.

Предварительное обучение адаптивного критика $F_{ESU.KR}$ может быть выполнено «on-line» с использованием ошибки временной разности непосредственно перед запуском процесса адаптации стратегии управления расходом энергии.

Качество и скорость адаптации стратегии управления расходом электроэнергии можно улучшить если дополнить входные вектора нейроконтроллера и нейросетевой модели адаптивного регулятора сигналом идентификации конкретных условий эксплуатации. Данный сигнал может быть получен в результате анализа характера изменений функций $\omega = \omega(t)$ и $\alpha = \alpha(t)$ или $M_{ESU,zd} = M_{ESU,zd}(t)$ в некотором скользящем временном окне.

1. Мосалов О.П. Самообучающиеся агенты на основе нейросетевых адаптивных критиков / О.П. Мосалов, Д. В. Прохоров, В. Г. Редько // Искусственный интеллект. – 2004. – Т.3. – С. 550 – 560.;
2. Чернодуб А.Н. Обзор методов нейроуправления / А.Н. Чернодуб, Д.А. Дзюба // Проблемы программирования. – 2011. – №2. – С.79-94.;
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. / С. Хайкин; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.;
4. Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: учебное пособие / О.Г. Руденко, Е.В. Бодянский. – Харьков: ООО «Компания СМИТ», 2005. – 408 с.;
5. Сигеру Омату. Нейроуправление и его приложение. Кн.2 (Нейрокомпьютеры и их применение) / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсор.; пер. с англ. Н.В. Батина; под ред. А.И. Галушкина, В.А. Птичкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 272 с..

REFERENCES

1. Mosalov, O. Prokhorov, D. & Redko V. (2004). *Self-learning agents based on adaptive critic* [Samoobuchayushchiesya agenty na osnove nejrosetevykh adaptivnykh kritikov]. Moscow, Artificial intelligence Publ. pp. 550-560.
2. Chernodub, A. & Dzyuba, D. (2011). *Review methods of neurocontrol* [Obzor metodov nejroupravleniya]. Kiev, Problems of programming Publ. pp.79-94 .;
3. Haykin, S. (2006). *Neural networks: a complete course*. [Нейронные сети: полный курс.] Moscow, Translated from English. Publishing house "Williams" 1104 p.
4. Rudenko, O. & Bodyansky, E. (2005). *Artificial neural networks: a tutorial* [Iskusstvennye нейронные сети]. Kharkov, SMITH Publ. 408 p.
5. Shigeru, O., Marzuki, K. & Rubiya, Y. (2000). *Neurocontrol and its application. Neurocomputers and their application* [Нейроуправление и его приложения. Нейрокomp'yутеры и их применение]. Moscow. IPRZHR Publ. 272 p.

Бажинов О.В., Весела М.А. Керування силовою установкою електромобіля з використанням адаптивного критика.

Розглянуто перспективний підхід до реалізації адаптивного керування силовою установкою електромобіля з використанням адаптивного критика. Адаптивний критик міститься в спеціальному блоці, що оцінює якість роботи систем керування силовою установкою електромобіля

Ключові слова: адаптивний критик, електромобіль, силова установка, система управління

Bazhinov O., Veselaya, M. Control of electric powerplant with using of adaptive critic.

Considered a promising approach to implementation of adaptive control electric power plant with using adaptive critic. Adaptive critic is contained in a special unit that evaluates the quality of the control systems of electric power plant

Keywords: adaptive critic, electromobile, propulsion, control system

АВТОРЫ:

БАЖИНОВ Алексей Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобильная электроника», - Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

ВЕСЕЛАЯ Мария Анатольевна – аспирант кафедры «Автомобильная электроника», - Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: mariyakucheryava@mail.ru

АВТОРИ:

БАЖИНОВ Олексій Васильович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобільна електроніка», - Харківський національний автомобільно – дорожній університет, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

ВЕСЕЛА Марія Анатоліївна – аспірант кафедри «Автомобільна електроніка», - Харківський національний автомобільно – дорожній університет, e-mail: mariyakucheryava@mail.ru

AUTHORS:

Aleksey BAZHINOV, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automotive Electronics Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com

Maria VESELAYA, Aspirant the department "Automotive Electronics", e-mail: mariyakucheryava@mail.ru

Стаття надійшла в редакцію 11.03.2016р.

Біліченко В.В., Гречанюк М.С.
Вінницький національний технічний університет

ДО ПИТАННЯ ШУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА МІСТО, ЩО СТВОРЮЄТЬСЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Проаналізовано питання визначення та оцінювання впливу автомобільного транспорту на екологічний стан міста за критерієм шумового навантаження. Проведено оцінювання екологічного стану однієї із транспортних розв'язок міста.

Ключові слова: шумове навантаження, еквівалентний рівень звуку, інтенсивність руху, транспортний потік.

Постановка проблеми. Розвиток сучасних технологій спрямований передусім на полегшення умов праці людини, створення для неї комфортного середовища перебування. Існує думка, що саме через підвищене акустичне навантаження виникає частина захворювань, пов'язаних з розладами серцево-судинної та нервової систем організму людини, а також підвищеною втомлюваністю. І саме в цьому аспекті питання зниження шумового навантаження на людину набуває особливої актуальності.

Збільшення обсягу транспорту створює посилення техногенного впливу на природне середовище та приводить до виникнення ряду екологічних проблем. Однією з таких проблем є шумове забруднення навколишнього середовища від автомобільного транспорту.

На рівні держави шумове навантаження автомобільного транспорту на навколишнє середовища регламентується ДСТУ UN/ECE R 51-02:2004, що визначає допустимі рівні шуму, при перевищенні яких є не допустимою їх експлуатація [1].

Дослідженню питання зниження рівня шуму, що створюється автомобільним транспортом, за рахунок різних методів присвячені роботи [2 – 4].

В роботі [2] показано, що за рахунок застосування газового наповнювача для автомобільних шин досягається зниження величини акустичного навантаження на навколишнє середовище. Також питанню прогнозування та оцінювання рівня шумовипромінювання як в процесі експлуатації, так і на етапі проектування присвячене дослідження [3].

Встановлено, що найбільшим джерелом шуму в автомобілі є двигун внутрішнього згорання, саме тому в роботі [4] для шуму відпрацьованих газів запропоновано використання додаткового газового екрану.

Проводяться роботи, щодо оцінювання шумового навантаження на місто задля його раціонального планування, зокрема в роботі [5] висвітлено основні напрямки та етапи оптимізації містобудування задля зниження акустичного навантаження.

Світовий досвід, показує що для зниження рівня шумового навантаження слід здійснювати такі кроки:

- розробляти нові та удосконалювати існуючі моделі рівня шумогенерування транспортного засобу задля прогнозування та оцінювання акустичного забруднення;
- удосконалювати технології виготовлення шин та дорожнього покриття;
- удосконалювати конструкцію транспортного засобу [6].

На сьогодні проведена робота над багатьма проектами, які можуть стати поштовхом застосування малозумних шин та дорожнього покриття в довгостроковій перспективі. Зокрема це проекти SilVia, CALM, ROTRANOMO та RATIN, Speron 2020.

В результаті виконання робіт над проектом SilVia (Sustainable road surfaces for traffic noise control), який тривав з вересня 2002 по серпень 2005 р, було створено “Рекомендації щодо вимог до технічних характеристик шин і транспортних засобів” та “Методичні рекомендації щодо проектування шумогасячих дорожніх покриттів”.

Метою проекту CALM (Community noise research strategy plan), є створення та узгодження стратегії плану дослідження співтовариства дослідників шуму для визначення кроків, необхідно для здійснення в країнах ЄС з метою зниження рівня шуму, що створюється усіма видами транспорту. Дана програма тривала два періоди: з жовтня 2001 по жовтень 2004 та з листопада 2004 по жовтень 2007. Основним документом, який було розроблено в результаті виконання проекту CALM стало

видання, яке було названо “Дослідження в напрямку створення безшумної Європи до 2020 р.” (Research for a Quieter Europe in 2020). Документ описує європейської стратегії для майбутніх досліджень в галузі охорони навколишнього середовища від шумового навантаження, що створюється транспортом. Крім того він включає в себе основні задачі, пов’язані із зниженням шумового навантаження та шляхи їх вирішення.

В рамках проекту ROTRANOMO (Development of a microscopic road traffic noise model for the assessment of noise reduction measures), який тривав з 2002 по 2005 рік було розроблено моделі руху транспортних потоків та моделі продукування шуму для різних транспортних засобів, що дозволяє проводити майбутні дослідження оцінювання та керування рівнем шумового навантаження на міста.

В 2003 році завершилась робота над проектом RATIN (Road and tyre interaction noise), в рамках якого досліджувалась взаємодія автомобільної шини та дорожнього покриття [6].

Щодо дослідження Speron 2020 (тривало з 2011 по 2014 р.), то його результатом стали пропозиції щодо розробки шин з низьким коефіцієнтом опору кочення, що є частиною німецької дослідницької роботи LeiStra3 (Silent road traffic 3). Основною метою проекту було встановлення закономірностей впливу конструкції шин на рівень її шуму та опору коченню. Проведені дослідження стали підґрунтям для подальших робіт в напрямку створення малошумних шин з низьким коефіцієнтом опору кочення що сприятиме зниженню витрати палива та впливу автомобільного транспорту на екологічний стан навколишнього середовища [7].

Статистичні дані свідчать про те, що кожний другий житель планети скаржиться на шум, причому 41 % з них найбільше занепокоєння відчуває в нічний час [8].

Значний інтерес із погляду екологічного моніторингу представляє міська територія, на якій проводиться активна господарська діяльність і проживає велика кількість жителів.

У зв’язку із наведеним вище в якості **мети роботи** визначено проведення оцінювання стану акустичного забруднення навколишнього середовища від дії автомобільного транспорту з метою встановлення необхідності проведення заходів для запобігання перевищення безпечних рівнів шуму для комфортного існування мешканців міста.

Результати досліджень. Як показав аналіз проведених досліджень, робіт щодо оцінювання рівня шумового навантаження автомобільного транспорту на навколишнє середовище задля регулювання транспортних потоків для Центрального регіону України та, зокрема, м. Вінниці не проводились. Саме цьому питанню і присвячене дослідження, наведене в даному матеріалі.

Розглянемо основні поняття, які застосовуються при оцінці шуму.

Шум – будь-який небажаний звук, або сукупність звуків, які чинять несприятливий вплив на організм людини.

Звук – механічні коливання часток пружного середовища під впливом якої-небудь збурювальної сили.

Акустичні коливання в діапазоні 16–20000 Гц, які сприймаються слуховим апаратом людини, називають звуковими, а простір їхнього поширення – звуковим полем.

Коливання нижче 16 Гц – інфразвукові, вище 20000 Гц – ультразвукові [9].

Шумове забруднення оцінюється по наступних параметрах: рівню звуку, гучності, вібрації й звуковому тиску.

Основною характеристикою шумового забруднення є еквівалентний рівень звуку.

Еквівалентний рівень звуку відповідно до [10] визначається за співвідношенням

$$L_{\text{Екв}} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + \rho) + \Delta_{\Sigma} \text{ [дБА]},$$

де: Q – інтенсивність руху у двох напрямках, авт/година;

V – середня швидкість потоку, км/год;

ρ – відсоток міського та вантажного транспорту в потоці, %;

Δ_{Σ} – сума коригуючи поправок (врахування характеристик дорожнього покриття, походження шуму, часу доби та ін., дБА [11]).

Таким чином, основними характеристиками для розрахунків еквівалентного рівня звуку, створюваного автотранспортом є: інтенсивність руху, середня швидкість потоку автомобілів, відсоток легкових, вантажних автомобілів і автобусів. Дані характеристики варіюють протягом доби й протягом року.

Тому, для розрахунку рівня звуку в різні періоди доби, необхідно мати, насамперед, моделі залежностей інтенсивності руху, співвідношення легкового та вантажного транспорту в потоці та середньої швидкості потоку від часу доби.

Інтенсивність руху автотранспорту яка визначає кількість транспортних засобів, що проходять через перетин дороги за одиницю часу та склад транспортних потоків є основними показниками напруженості й працездатності автомобільної дороги в цілому й окремих її конструктивних елементів зокрема.

Визначення інтенсивності руху проводять із метою використання отриманих даних при плануванні розвитку дорожньої мережі, проектуванні нової житлової чи промислової забудови та ін.

Об'єктом дослідження обрано перехрестя Барське шосе – Хмельницьке шосе, одних з найбільш завантажених вулиць м. Вінниці. Були проведені спостереження кількості легкового й вантажного автотранспорту у двох напрямках (з міста та у місто).

Спостереження проводилися протягом 4 днів (2-х робочих та 2-х вихідних) з 7.00 до 19.00 у квітні 2011 року.

За результатами спостережень виявлені певні тенденції й закономірності зміни структури руху легкового й вантажного автотранспорту в різні періоди доби, які дають підставу для розробки відповідних математичних моделей.

На рис. 1 представлені графічні залежності інтенсивності руху легкового автотранспорту з міста по Хмельницькому шосе протягом 4 днів. Крім цього отримані аналогічні залежності інтенсивності руху вантажного автотранспорту з міста.

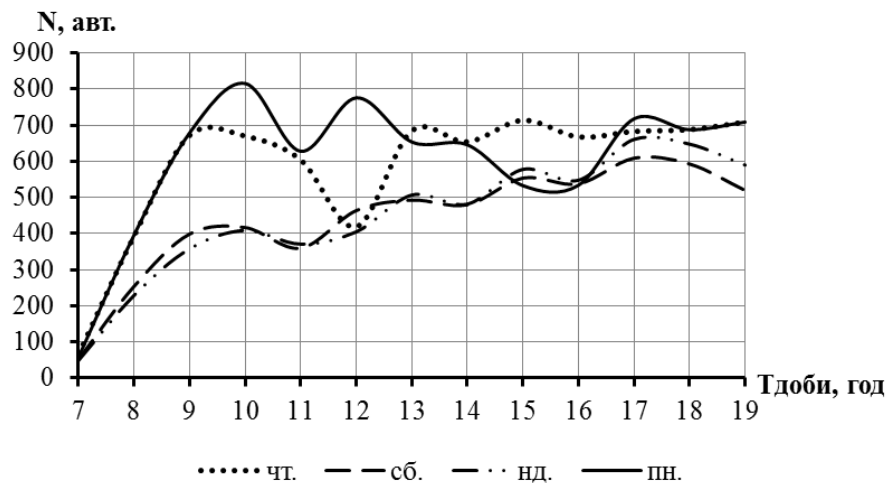


Рис. 1. Кількість легкового автотранспорту, що рухався по вул. Хмельницьке шосе з міста.

При аналізі графічних моделей інтенсивності руху легкового й вантажного автотранспорту при виїзді в місто в робочі дні спостерігаються ідентичні тенденції: зростання інтенсивності руху в період з 8 до 17 години та зниження з 17 години.

Максимальна інтенсивність легкового автотранспорту спостерігається з 9 до 11 години і становить у середньому 700 легкових машин за годину, що цілком імовірно виникає через «корки» на дорозі. Щодо вантажного автотранспорту, то максимальна інтенсивність, у середньому 160 машин за годину, спостерігається в робочі дні з 9 до 10 години та з 16 до 18 години.

У вихідні дні максимальна інтенсивність руху вантажного автотранспорту спостерігається в період з 13 до 15 години і становить у середньому 320 автомобілів за годину. Збільшення потоку вантажного транспорту можливо пояснити наявністю по вул. Хмельницьке шосе великих торгівельних магазинів та ринку.

На рис. 2 представлені графічні залежності інтенсивності руху вантажного автотранспорту в місто. Аналогічні залежності інтенсивності руху отримано і для руху легкового автотранспорту в місто.

Встановлені залежності дозволили виявити, що в четвер з 9 до 10 ранку спостерігається найбільше завантаження перехрестя легковим автотранспортом (за годину проїжджає 460-470 автомобілів). Для вантажного транспорту інтенсивність руху в місто на протязі доби в середньому складає 280 автомобілів за годину.

На рис. 2 представлена графічна модель інтенсивності руху вантажного автотранспорту в місто по днях тижня та по часу доби (з 7 до 19 години). Визначено, що в середньому за годину через перехрестя проїжджає 50–70 вантажних автомобілів.

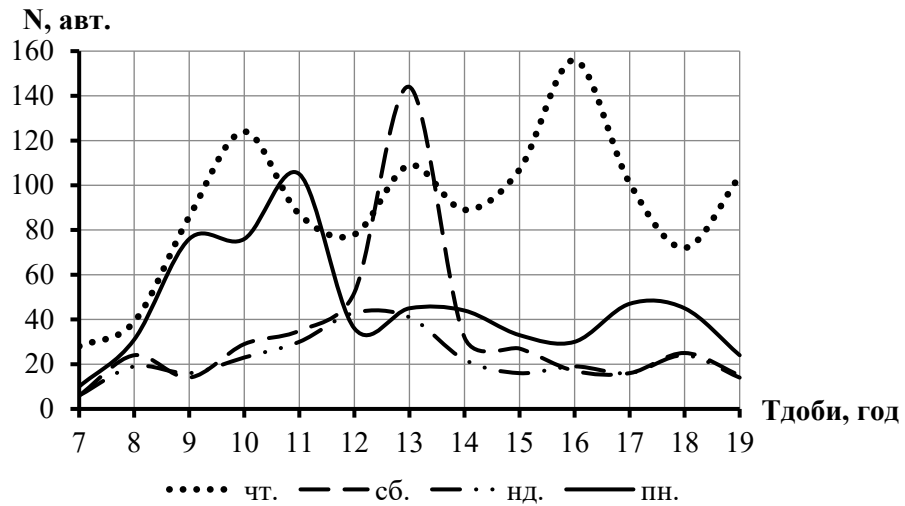


Рис. 2. Кількість вантажного автотранспорту, що рухався по вул. Хмельницьке шосе в місто

Таким чином, нами виявлені певні залежності структури потоків автомобільного автотранспорту від часу доби.

На рис. 3 представлені графічні та математичні залежності (одержані в результаті побудови поліноміальної залежності) середньої сумарної кількості автотранспорту при русі у двох напрямках (у місто та з міста) у період з 7.00 до 19.00 годин за добу.

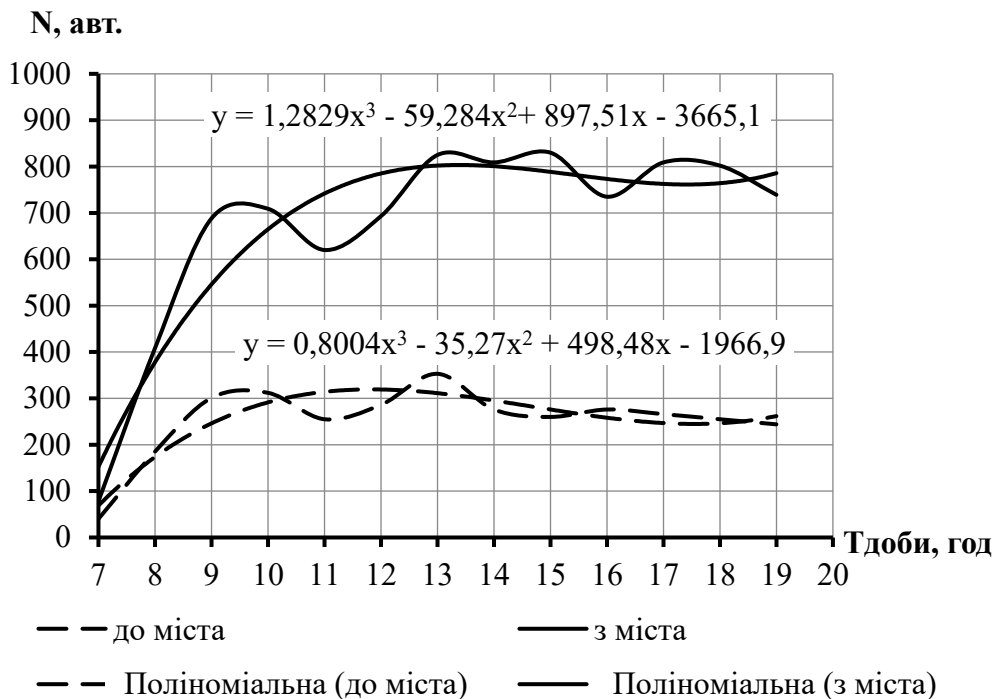


Рис. 3. Сумарна кількість автотранспорту у двох напрямках руху по вул. Хмельницьке шосе

Для оцінки шумового навантаження по Хмельницькому шосе в період з 7.00 до 19.00 годин, були розраховані еквівалентні рівні звуку, і побудовані відповідні графічна (рис. 4) і математична залежності.

Вірогідність отриманої залежності підтверджується високим значенням коефіцієнта детермінації (R^2), що дорівнює 0,97.

Отримана залежність показує, що еквівалентний рівень звуку з 7 до 19 годин, не перевищує гранично допустиме значення в 80 дБА [1].

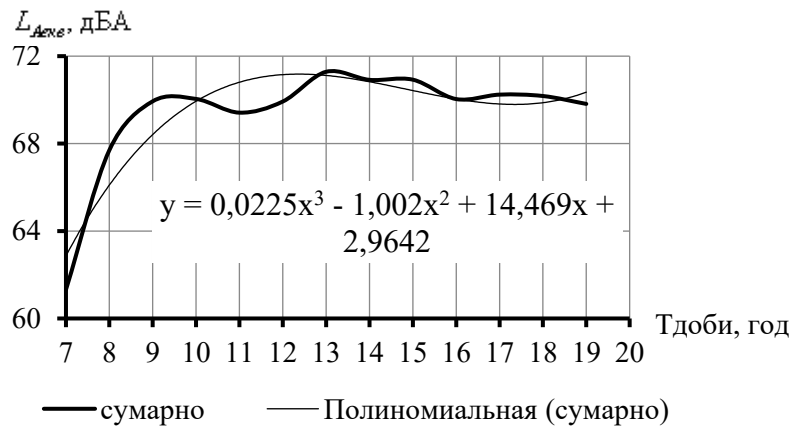


Рис. 4. Еквівалентний рівень звуку при середній швидкості руху автотранспорту 60км/год по вул. Хмельницьке шосе

Проведені дослідження показали, що еквівалентний рівень звуку по вул. Хмельницьке шосе в 2011 році не перевищує гранично допустиме значення в 80 дБА, що свідчить про раціональне планування транспортного вузла в районі в'їзду до м. Вінниця через вул. Хмельницьке шосе. На нашу думку, збереження рівня шумового навантаження в межах норми на даному транспортному вузлі було досягнуто за рахунок раціонального регулювання перехрестя та наявності біля в'їзду у місто об'їзного шосе.

Висновки. Періодичне оцінювання шумового навантаження від автомобільного транспорту дозволяє виявляти тенденції екологічного стану середовища міста для передбачення та запобігання негативному впливу на людей.

1. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів, що мають не менше ніж чотири колеса, стосовно створюваного ними шуму : ДСТУ UN/ECE R 51-02:2004 – UN/ECE R 51-02:1996. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 32 с.

2. Левченко О. М. Зменшення рівня шумовипромінювання автомобільної шини в процесі її експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 “Експлуатація та ремонт засобів транспорту” / О. М. Левченко ; Харк. нац. автомобільно-дорож. ун-т. – Х., 2009. – 23 с.

3. Загородній О. А. Вплив дорожніх умов, експлуатаційних і конструктивних параметрів автомобільних шин на рівень їх шумовипромінювання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 “Експлуатація та ремонт засобів транспорту” / О. А. Загородній ; Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х., 2005. – 22 с.

4. Федоров В. В. Покращання екологічних показників автотранспортних засобів за рахунок зменшення їх рівня зовнішнього шуму: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 “Автомобілі та трактори” / В. В. Федоров ; Нац. трансп. ун-т. – К., 2004. – 19 с.

5. Петлін В. М., Гілета Л. А. Оптимізація урбоекосистем в умовах шумового забруднення / В. М. Петлін, Л. А. Гілета // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. – Тернопіль: СМП “Тайп”. – 2010. – №2 (випуск 28). – С. 198–202.

6. Morgan P. A., Nelson P. M. Integrated assessment of noise reduction measures in the road transport sector / P. A. Morgan, P. M. Nelson, H. Steven. – Project report. – TRL Limited/RWTÜV Fahrzeug GmbH, 2003. – 106 p.

7. Speron 2020 – A tool for predicting the acoustic performance of road surfaces (Leisstra 3, part project 1). Режим доступу до ресурсу : <https://www.chalmers.se/en/projects/Pages/Speron-2020-A-tool-for-predicting-the-acoustic-performance-of-road-surfaces.aspx>.

8. Луканин В. Н. Промышленно-транспортная экология / В. Н. Луканин. – М. : Высшая школа, 2003. – 273 с.

9. Акустика й електроакустика. Терміни та визначення : ДСТУ 3515-97. – [Чинний від 1997-01-08]. – К. : Державний комітет стандартизації метрології та сертифікації України, 1997. – 137 с.

10. Методические рекомендации по учету шумового загрязнения в составе территориальных комплексных схем охраны среды городов. / составитель С. В. Пестрякова. – Ленинград : Изд-во ЛенНИИПград. – 1989. – 45 с.

11. Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1 Основные величины и процедуры оценки : ГОСТ 31296.1-2005 – ISO 1996-1:2003. – [Действующий с 2007-01-01]. – М. : Стандартиформ, 2006. – 19 с.

REFERENCES

1. United Nations Economic Commission for Europe (1996). R 51-02:1996. *Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles having at least four wheels with regard to their noise emissions*. UN/ECE, Geneva.

2. Levchenko, O. (2009) *Zmenschennya rivnyia shumoviprominyuvannya avtomobilnoyi shini v protsesi yiyi ekspluatatsiyi*. Extended abstract of PhD. Diss. [Reduce of automobile tire noise shedding during its exploitation. Extended abstract of PhD. Diss.]. Kharkiv. 23p.

3. Zagorodniy, O. (2005) *Vpliv dorozhnikh umov, ekspluatatsiynih i konstruktivnih parametriv avtomobilnih shin na riven yih shumoviprominyuvannya*. Extended abstract of PhD. Diss. [*Road conditions, exploitation and constructive parameters of tires influence on the noise shedding level*. Extended abstract of PhD. Diss.]. Kharkiv, 22p.
4. Fedorov, V. (2004) *Pokraschannya ekologichnih pokaznikov avtrotransportnih zasobiv za rahunok zmenshennya yih rivnya zovnishnogo shumu*. Extended abstract of PhD. Diss. [*Improving vehicles environmental performance by reducing there external noise level*. Extended abstract of PhD. Diss.]. Kiev, 19p.
5. Petlin, V. & Gileta, L. (2010). Optimization of urban ecosystems in noise pollution conditions. [Optimizatsiya urboekosistem v umovah shumovogo zabrudnennya]. *Naukovi zapiski Ternopil'skogo natsionalnogo pedagogichnogo universitetu imeni Volodimira Gnatyuka*. Vol. 2, Ternopil, pp. 198–202.
6. Morgan, P. & Nelson, P. (2003) *Integrated assessment of noise reduction measures in the road transport sector*. Project report. TRL Limited/RWTÜV Fahrzeug GmbH, 106 p.
7. *Speron 2020 – A tool for predicting the acoustic performance of road surfaces* (Leisstra 3, part project 1). Available at: <https://www.chalmers.se/en/projects/Pages/Speron-2020-A-tool-for-predicting-the-acoustic-performance-of-road-surfaces.aspx>. (accessed 18.02.2016)
8. Lukanin, V. (2003). *Industrial and transport ecology*. [Promyshlennno-transportnaya ekologiya]. Moscow, Vysshaya shkola Publ. 273 p.
9. *DSTU 3515–97*. [State Standard 3515–97]. *Acoustic and electroacoustic. The terms and definitions*. Kyiv, Derzhstandart Ukrainy Publ., 1997. (In Ukrainian).
10. Pestryakov, S. (1989) *Methodic recommendation to accounting noise pollution as part of territorial complex schemes of environmental protection cities* [Metodicheskie rekomendatsii po uchetu shumovogo zagryazneniya v sostave territorialnykh kompleksnykh shem ohranyi sredi gorodov]. Leningrad. LenNIIPgrad Publ. 45p.
11. International Organization for Standardization (2003). *ISO 1996–1:2003. Noise. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1. Basic quantities and assessment procedures*. ISO, Geneva.

Біліченко В.В., Гречанюк Н.С. К вопросу шумовой нагрузки на город, создаваемой автомобильным транспортом.

Проанализировано вопрос определения и оценивания влияния автомобильного транспорта на экологическое состояние города по критерию шумовой нагрузки. Проведено оценивание экологического состояния одной из транспортных развязок города.

Ключевые слова: шумовая нагрузка, эквивалентный уровень звука, интенсивность движения, транспортный поток.

V. Bilichenko, N. Hrechaniuk. On the question of noise pressure to the city, created by road transport.

Analyzed the question of determining and estimation of road transport influence on the ecological situation in the city by the noise load criterion. Evaluated ecological condition one of the city's traffic intersections.

Keywords: noise pressure, equivalent volume level, traffic density, traffic stream.

АВТОРИ:

БІЛІЧЕНКО Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: bilichenko_v@mail.ru

ГРЕЧАНЮК Микола Сергійович, кандидат технічних наук, ст. викладач кафедри комп'ютерного еколого-економічного моніторингу та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mgrechanyk@rambler.ru

АВТОРЫ:

БИЛИЧЕНКО Виктор Викторович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: bilichenko_v@mail.ru

ГРЕЧАНЮК Николай Сергеевич, к.т.н., старший преподаватель кафедры компьютерного эколого-экономического мониторинга и инженерной графики, Винницкий национальный технический университет, e-mail: mgrechanyk@rambler.ru

AUTHORS:

Victor BILICHENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles and Transportation Management Department, Vinnitsa National Technical University, e-mail: bilichenko_v@mail.ru

Nikolay HRECHANIUK, PhD. in Engineering, Senior Lecturer of the Computer-Aided Ecological and Economic Monitoring and Engineering Graphics Department, Vinnitsa National Technical University, e-mail: mgrechanyk@rambler.ru

Стаття надійшла в редакцію 27.02.2016р.

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

ГРАФІЧНІ МОДЕЛІ КОНСТРУЮВАННЯ ФОРМ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

Для створення моделі кузова автомобіля запропоновано метод отримання 3D зображення за допомогою ортогональних двовимірних проєкцій. В розробці розглядається основний із методів моделювання автомобілів – використання креслень та фотографій. Детально розглядається графічне моделювання автомобіля за чотирма основними виглядами: головний вигляд (вигляд спереду) та вигляди зверху, зліва, ззаду. Запропонована процедура ретопології та проаналізовані можливі варіанти змін графічної моделі.

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

Постановка проблеми. Актуальною проблемою сьогодення є покращення якості автомобіля без значних витрат на його модифікацію, як фінансових, так і затрат часу. Змінювати технічне оснащення автомобіля – це складний, довготривалий процес [1], який часто вимагає звернень до спеціалізованих підприємств, СТО, майстерень, тощо. Тому автолюбителі часто надають перевагу лише косметичним змінам, а саме – покращенню аеродинамічних властивостей автомобіля.

Відомі два способи створення 3D зображення автомобіля: сканування [2] та моделювання [3]. На сьогоднішній день 3D сканування – найточніший метод отримання 3D зображення [2]. Потужних сканерів у нашій країні дуже мало, знайти їх важко. До того ж такі скановані моделі непридатні для їх подальшого використання, для внесення змін, тому потребують виконання процесу ретопології (рис. 1) – побудови моделі за поверхнею, отриманою за допомогою 3D сканера.

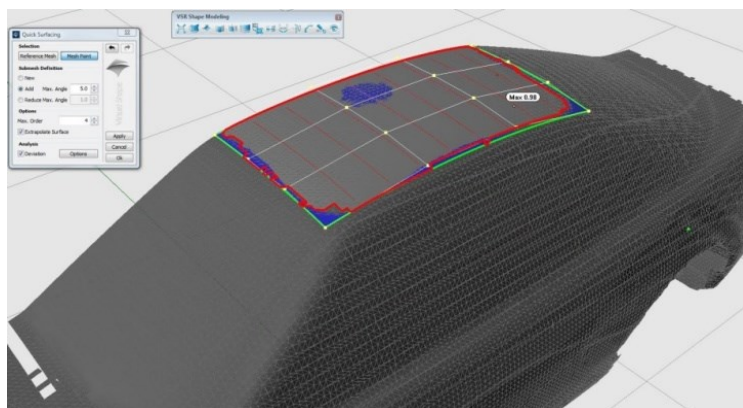


Рис. 1. Приклад виконання процесу ретопології

Для ретопології в деталях відображається той чи інший автомобіль. Все починається з пошуку ілюстративних матеріалів, тобто потрібні фотографії з багатьох ракурсів, креслення, інформація про габарити транспортного засобу. На їх підставі будується тривимірне креслення [4, 5]. Проблем у цього методу вдалося. По-перше, не завжди наявні креслення потрібного автомобіля. Для сучасних автомобілів креслення зазвичай є комерційною таємницею. По-друге, досить часто наявні схеми та креслення бувають неякісні, а саме – проєкції можуть не співпадати між собою.

Перевага використання 3D зображення полягає у тому, що можна переглянути безліч варіантів змін за невеликий проміжок часу, при цьому відсутні ризики помилки та непотрібних витрат. Серед поширених програмних засобів найчастіше використовуються програмні продукти Autodesk 3ds Max.

Мета роботи: за допомогою САД-програм, створити 3D зображення (графічну модель) автомобіля використовуючи підходи процесу ретопології.

Результати досліджень. Сучасні автовиробники спочатку проєктують модель у 3D зображенні, одразу у спеціальних програмах, визначають вплив форм кузова на аеродинамічні характеристики, навантаження, притисні сили, тощо. Наприклад, наявна документація (рис. 2) до автомобіля Volkswagen Golf Variant (2013), ці креслення можуть міститися у керівництві до експлуатації автомобілем, або у вільному доступі в мережі Інтернет. На рис. 2 показані двовимірні проєкції автомобіля Volkswagen Golf Variant (2013).

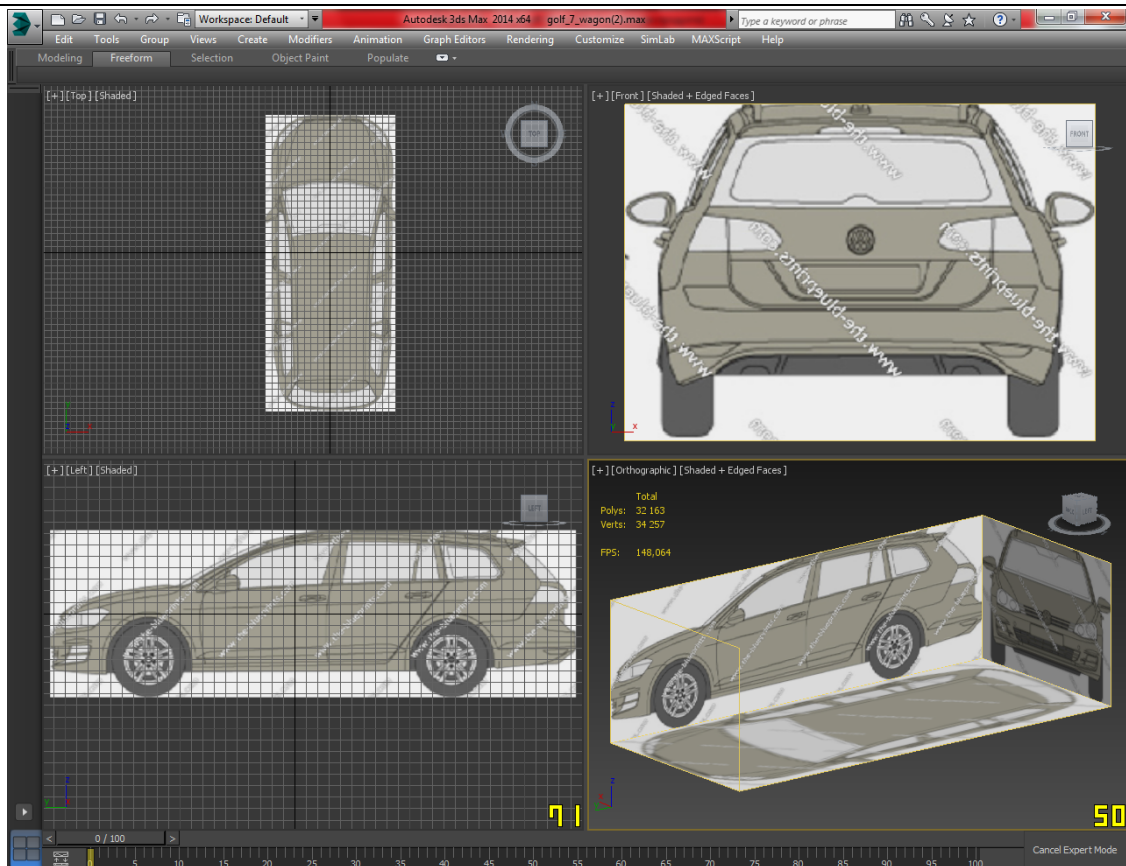
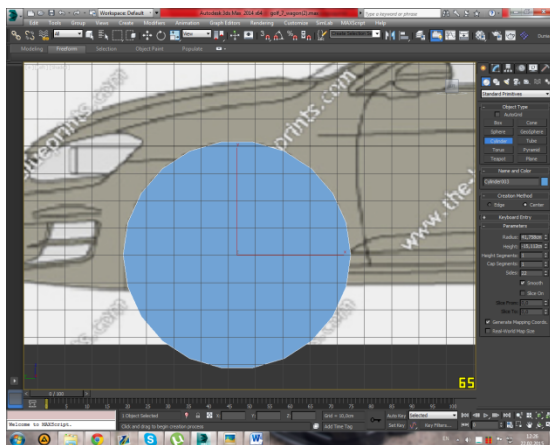
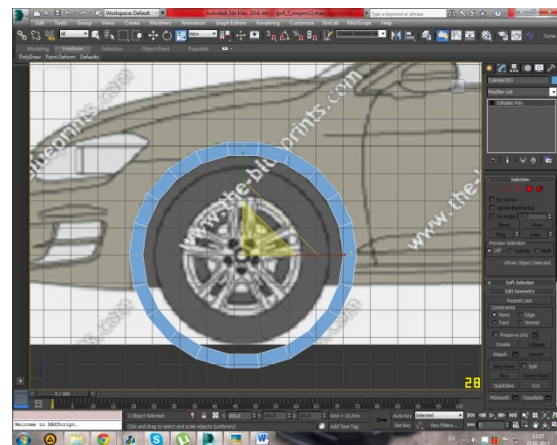


Рис. 2. Двовимірні проекції автомобіля Volkswagen Golf Variant (2013)

Після аналізу головних проекцій схеми (рис. 2) починається будова моделі з примітивів (площина, циліндр, «бокс», тощо). У кожного автора свій підхід до створення 3D моделі. В даному разі процес графічного моделювання тривимірної моделі починається з переднього крила автомобіля, а саме з колісної арки, яка задається у вигляді циліндра (рис. 3, а).



а)

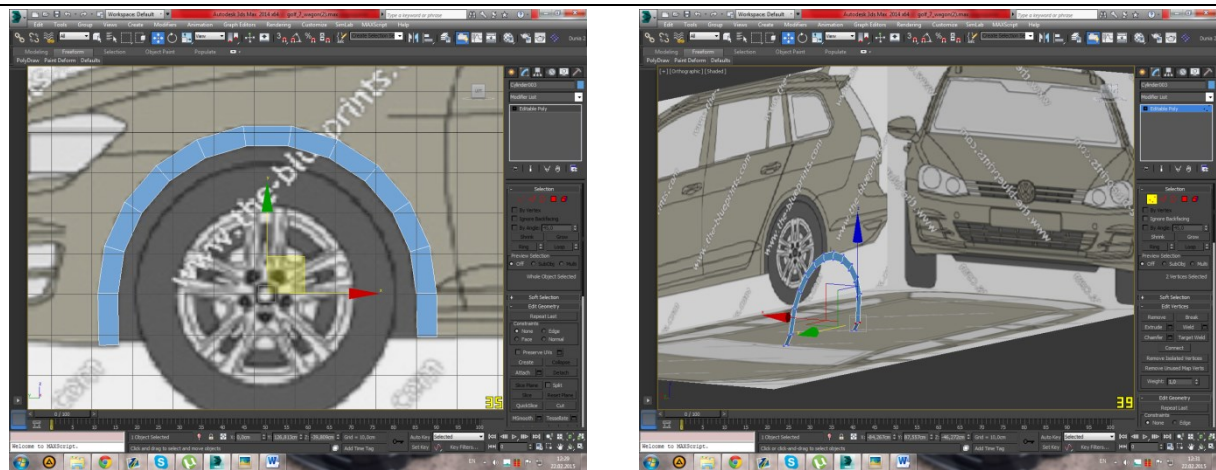


б)

Рис. 3. Графічного моделювання переднього крила автомобіля

Далі із циліндра видаляється центр, за формою колісної арки підганяється його обід (рис. 3, б). Зайве видаляється, а необхідні розміри налаштовуються (рис. 4, а). Але циліндр плоский, тепер потрібно підігнати його в об'ємі, тобто надати форми поверхні (рис. 4, б).

Далі після такої операції можна продовжувати будувати крило. З колісної арки видавлюються полігони (рис. 5, а), з яких будується крило (рис. 5, б). Полігони – це площини, що оточені точками, які об'єднані ребрами, і потім набувають плавні форми, тобто єдину поверхню. Їх можна бачити на попередніх фотографіях і схемах.

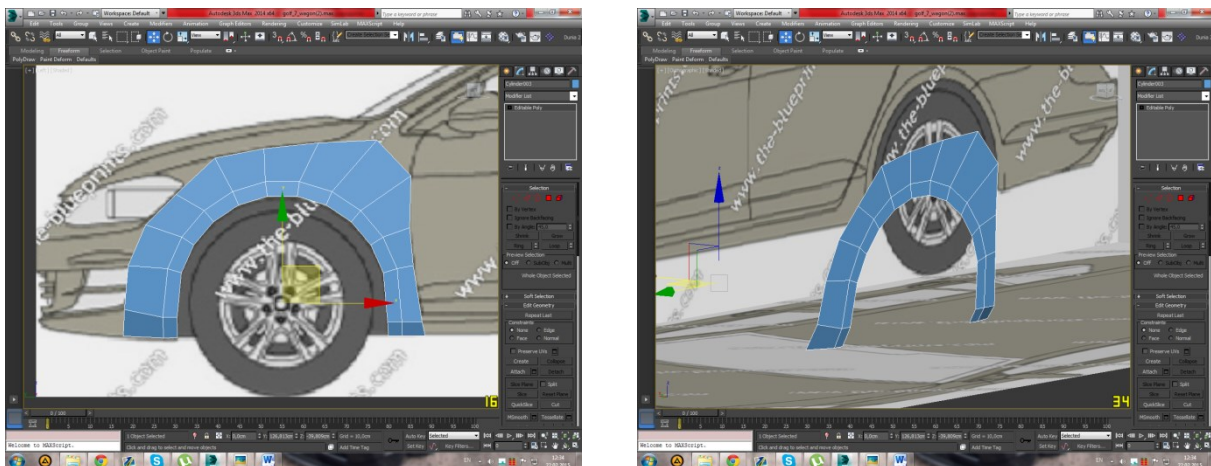


а)

б)

Рис. 4. Надання форм поверхні колісної арки

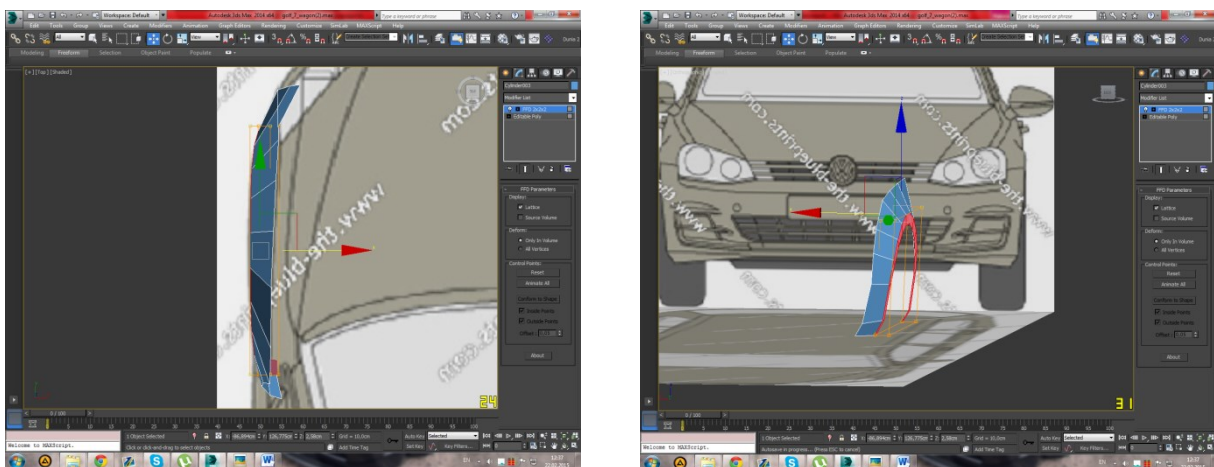
Якщо крило виходить плоске, то його слід підганяти за виглядами спереду і зверху (рис. 6, а, б). Деякі вигини неможливо визначити за кресленнями, тому вивчаються фотографії (рис. 7) моделі, з яких видно, що на кресленні неможливо прочитати один вигин крила. Згладжування та надання плавних форм вигину крила (рис. 8, а, б) здійснюється за допомогою модифікатора «Smooth».



а)

б)

Рис. 5. Процес побудови крила автомобіля



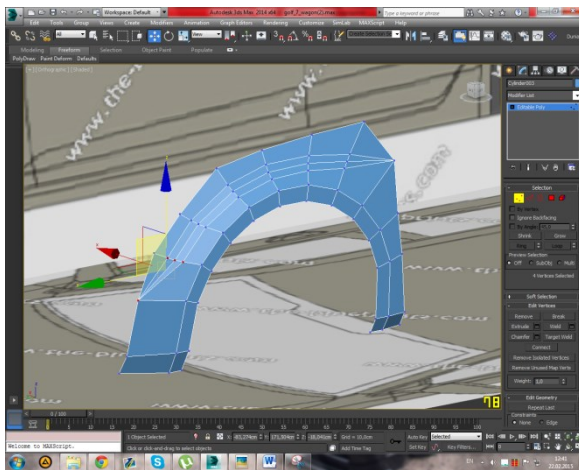
а)

б)

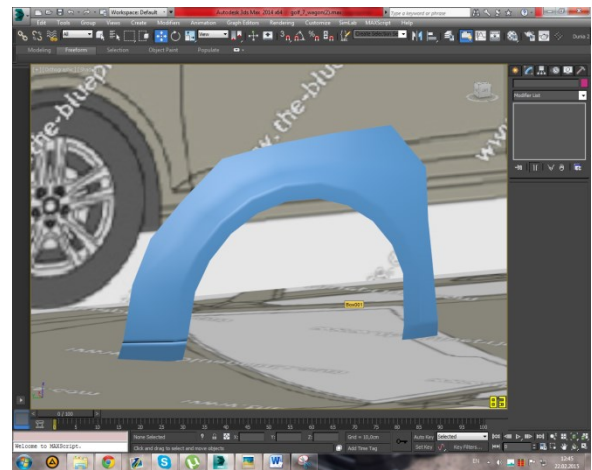
Рис. 6. Моделювання об'ємної форми (моделі) крила



Рис. 7. Існуючий вигин крила



а)



б)

Рис. 8. Моделювання форми (моделі) крила

На підставі показаних процедур побудови окремих складових 3D моделей, здійснюється графічне моделювання всього кузова автомобіля. Узагальнена схема візуалізації кузова показана на рис. 10. Як результат, виконана 3D модель готового рендера (проекту) показана на рис. 9.



Рис. 9. Виконана графічна модель автомобіля моделі Volkswagen Golf Variant (2013)

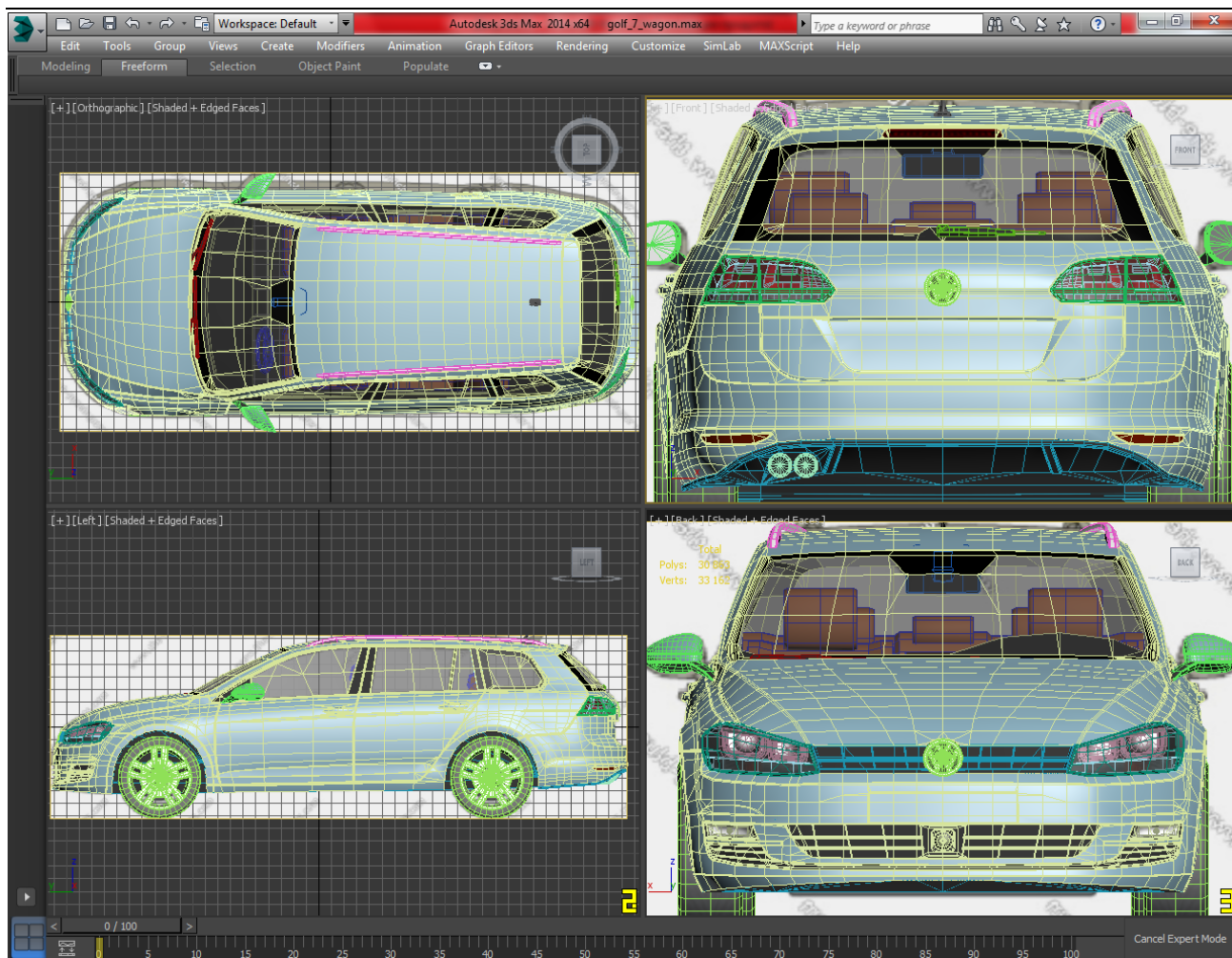


Рис. 10. Загальна схема візуалізації кузова автомобіля моделі Volkswagen Golf Variant (2013)

Вже у такому вигляді модель пред'являється замовнику. Можливо, він її використає для тонінгу, для певного проекту на зразок гри, або програми; не виключається і те, що дана розробка стане об'єктом для віртуальної модифікації графічної моделі, оцінки її переваг та недоліків.

Висновки. Сучасні технології 3D графіки здатні повною мірою наблизити модель об'єкту до його реального стану. 3D візуалізація дозволяє відчувати розміри простору, тонкощі дизайну, оцінити витонченість екстер'єрів та інтер'єрів. Вона розкриває споживачеві, і замовнику моделі абсолютно нові можливості – 3D візуалізацію об'єкту задовго до того, як він буде створений фізично.

Дослідження в даному напрямку дають змогу створювати та віртуально модифікувати графічні моделі кузовів автомобілів, що дозволяє виконувати детальний аналіз проектів і вчасно вносити необхідні корегування, заощадивши при цьому час, сили та кошти.

1. Кужель В.П. Теоретичні основи оптимізації функціонування автомобільних систем адаптивного освітлення / В.П. Кужель, А.А. Кашканов, В.А. Кашканов, Ю.Ю. Кукурудзяк // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Міжвузівський збірник. Випуск №1(3) 2015. – Луцьк. – 2015. – С. 103-110.

2. 3D Сканер [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-сканер> (дата звернення 07.04.2016).

3. Дж. Ли Трёхмерная графика и анимация / Дж. Ли, Б. Уэр. -М. : Вильямс, 2002, 2-е изд. – 640 с.

4. Юров А. Р. Візуалізація об'ємного рішення кузова легкового автомобіля / А. Р. Юров // Тези XLIV регіональної наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, співробітників та студентів університету з участю працівників наук.-досл. організацій та інж.-техн. працівників підприємств м. Вінниці та області. м. Вінниця, 2015.

5. Юров А. Р. Використання нових додатків CAD-системи для графічного моделювання кузова автомобіля / А. Р. Юров // Тези XLV регіональної наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, співробітників та студентів університету з участю працівників наук.-досл. організацій та інж.-техн. працівників підприємств м. Вінниці та області (Електронне наукове видання матеріалів конференції, м. Вінниця, 2016.

REFERENCES

1. Kuzhel, V., Kashkanov, A. & Kukurudziak Yu. (2015). Theoretical bases of functioning optimization of car adaptive headlights systems. *Advances in mechanical engineering and transport*. No. 1(3), Lutsk, pp. 103-110.
2. 3D Skaner. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/3D-skaner> (accessed 18.03.2016)
3. Ly, Dzh. & Uer, B. (2002) *Three-dimensional graphics and animation*. Moscow, Viliams Publ., 640 p.
4. Yurov, A. (2015). Vizualizatsiia obiemnoho rishennia kuzova lehkovooho avtomobilia. Tezy XLIV rehionalnoi nauk.-tekhn. konf. prof.-vykl. skladu, spivrobotnykiv ta studentiv universytetu z uchastiu pratsivnykiv nauk.-dosl. orhanizatsii ta inzh.-tekhn. pratsivnykiv pidpriemstv m. Vinnytsi ta oblasti. Vinnytsia.
5. Yurov, A. (2016). Vykorystannia novykh dodatkov CAD-systemy dlia hrachnoho modeliuvannia kuzova avtomobilia. Tezy XLV rehionalnoi nauk.-tekhn. konf. prof.-vykl. skladu, spivrobotnykiv ta studentiv universytetu z uchastiu pratsivnykiv nauk.-dosl. orhanizatsii ta inzh.-tekhn. pratsivnykiv pidpriemstv m. Vinnytsi ta oblasti. Vinnytsia.

Буда А.Г., Кужель В.П., Юров А.Р. Графические модели конструирования форм кузова автомобиля.

Для создания модели кузова автомобиля предложен метод получения 3D изображения с помощью двумерных ортогональных проекций.

В разработке рассмотрен основной из методов моделирования автомобилей – использование чертежей и фотографий. Детально рассматривается графическое моделирование автомобиля по четырем основным видам: главный вид (вид спереди), виды сверху, слева, сзади. Предложена процедура ретопологии и проанализированы возможные варианты изменения графической модели.

Ключевые слова: 3D модель, ретопология, двумерные проекции, главные изображения, графическое моделирование.

A. Buda, V. Kuzhel, A. Yurov. Graphic design models of the car body forms.

To create the car body model proposed method of 3D images using two-dimensional orthogonal projections. In development is considered a basic modeling techniques vehicles – the use of drawings and photographs. Details considered graphic modeling of the car that based on the four main types: the main view (front view) and the views from the top, left, behind. The proposed procedure retopology and analyzed the possible changes in the graphical model.

Keywords: 3D model, retopology, two-dimensional projection image, graphic modeling.

АВТОРИ:

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

КУЖЕЛЬ Володимир Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент», Вінницький національний технічний університет, e-mail: kuzhel-2004@ramdler.ru

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

АВТОРЫ:

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

КУЖЕЛЬ Владимир Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортный менеджмент», Винницкий национальный технический университет, e-mail: kuzhel-2004@ramdler.ru

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

AUTHORS:

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

Volodimir KUZHEL, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport management Department, Vinnytsa National Technical University, e-mail: kuzhel-2004@ramdler.ru

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

Реваз Велиджанашвили, Мариам Турманидзе, Мариам Гогиашвили
Грузинский технический университет, Тбилиси, Грузия

СВЯЗЬ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Логистические системы и взаимосвязи между ними (транспортирование) можно определить как узловую комплексную логистическую активность, которая связана с перемещением в логистической цепи (канале, сети). Она в свою очередь состоит из комплексной и элементарных активностей. В современных условиях транспортный сервис включает не только непосредственное перемещение грузов от поставщика к потребителю, но и большое количество экспедиторских, информационных и транзакционных операций, переработку грузов, страховку, охрану и др. Современное понимание транспортирования грузов существенно изменилось вместе с развитием рыночных отношений в отрасли, которая приравнена к промышленным отраслям экономики от транспортного обслуживания сферы обслуживания. Эффективное управление указанного процесса во многом зависит от безопасности движения транспорта (перемещения) между логистическими центрами.

Ключевые слова: логистика, логистические системы, безопасность движения транспорта.

Введение. Быстрое развитие информационных технологий и логистических услуг в мире привело к революционным изменениям в процессах производстве и распределении, которые привели к формированию глобального рынка. Созданы международные транспортные организации, которые курируют транспортную логистику. Например: Балтийская Международная морская конференция, Дунайская конференция, Международный союз автомобильного транспорта (МСАТ), Международная конвенция о контроле перевозки грузов на границе

Анализ исследований. Основными движущимися методами логистики являются: надежность доставки, точность доставки; сроки доставки; готовность поставок, гибкость (быстро реагировать на соответствующий запрос); качество доставки; информационная готовность; в настоящее время рассматриваются три вида логистических систем.

Логистическая система прямого контакта – в этой логистической системе материальный поток выходит непосредственно от производителей продукции до потребителя, минуя посредника;

Логистические системы используются в различных областях, следовательно имеем логистические системы различных видов:

- логистика закупок (снабжения);
- логистика производственных процессов и обслуживания - промышленная логистика является управлением материальных в сфере материальных ценностей и производства услуг.

- логистика сбыта-распределения (маркетинговая);
- логистика запасов, существует три типа товарно-материальных запасов:
 - запасы сырья;
 - находящиеся на стадии изготовления запасы товаров;
 - запасы готовой продукции.

Согласно целевому назначению выделяют следующие категории запасов:

- логистика транспортирования (перевозок);
- Информационная логистика;

Среди систем логистики одним из важных элементов является "информация". Информация рассматривается в качестве элемента только на уровне логистической системы. При более детальном подходе элементы логистических концепций может быть успешно осуществлены только при хорошо организованном транспортном обслуживании; расходы по логистическим операциями составляет 50% от стоимости перевозки. В современных условиях транспортный сервис включает в себя не только перевозку грузов, но экспедиционные, информационные, погрузочно-разгрузочные, безопасности, страхования и т.д. работы. Поэтому специалисты определяют транспортирование как ключевую деятельность логистики;

В 2007 году департамент международной торговли Всемирного банка, Университет финского города Турку, впервые разработали индекс эффективности логистики (Logistics Performance Index - LPI) для оценки уровня развития логистической системы в разных странах. После этого исследования проводятся каждые два года и в настоящее время опубликованы анализы индекса LPI в соответствии с результатами в 2007, 2010, 2012 и 2014 годах [1].



Рис. 1. Динамика эффективности логистики Грузии в 2010-2014 годах

Индекс эффективности логистики LPI рассчитывается согласно опроса международных, национальных или региональных логистических и складских операторов, транспортно-экспедиционных компаний. Опрос состоит из двух частей: определяется международный индекс LPI (согласно пятибалльной шкале респонденты оценивают критерии, которые выражают эффективность логистической системы в 8 странах, восемь стран были выбраны по случайному принципу на основе важных для стран респондента рынков экспорта и импорта, а для стран, у которых нет выхода к морю - на основе соседних стран, которые представляют соединяющий их с международными рынками мост.

Основные критериями для оценки эффективности логистики:

- Эффективность таможенного и пограничного оформления (customs); оценки: "очень низкий" (1) - "очень высокий" (5);
- Качество торговой и транспортной инфраструктуры (infrastructure); оценки: "очень низкий" (1) - "очень высокий" (5);
- Простота осуществления международных перевозок в конкурентных ценах (international shipments); оценки: "очень трудно" (1) - "очень легко" (5);
- Компетентность и качество логистических услуг (logistics competence and quality); оценки: "очень низкий" (1) - "очень высокий" (5);
- Возможность отслеживания сообщения и следовать за маршрутом (tracking & tracing); оценки: "очень низкий" (1) - "очень высокий" (5);
- Частота доставки грузов до приемателей в запланированные или ожидаемые сроки (timeliness); оценки: "очень редко" (1) - «почти всегда» (5).

Согласно мнения основателя проекта, Жан-Франсуа Арви (Jean-Francois Arvis), "при помощи индекса эффективности логистики имеет место попытка выражения в довольно сложной реальности, а именно характеристик цепи поставок; основных факторов высокого уровня логистических расходов в странах, которые будут определять ее объем, зачастую представляет не расстояние между торговыми партнерами, а надежность цепочки поставок "[2].

Согласно обзора 2014 года десять лучших стран представлены странами с высоким уровнем дохода: Германия, Нидерланды, Бельгия, вместе с тем странами с самыми низкими показателями выраженный общий показатель растет быстрее, чем в странах с высокими показателями [3].

В странах с высоким уровнем доходов все чаще признают "зеленую логистику", т.е. значение экологически чистого логистического обслуживания, а также растущего спроса на него. [4].

В странах со средним доходом инфраструктура и таможенный контроль, как правило хорошо функционируют. Эти страны улучшение результатов достигают, как правило, за счет повышения качества логистических услуг, в частности, специализированные функции - например, транспортирование грузов, экспедиционирование и складирование - за счет аутсорсинга.

Эксперты Всемирного банка считают, что серьезной проблемой при перевозке различных типов является несогласованность, потому что политика осуществления государственных инвестиций в инфраструктуру, возмещения расходов на инфраструктуру и транспортных расходы, помимо всего

прочего, разрабатывают различные группы специалистов в различных ведомствах; ими движут разные цели и, следовательно, они применяют в разные экономические принципы и механизмы.

Проблемными сегментами логистической системы Грузии являются пограничные процедуры, тарифная политика, качества инфраструктуры, компетентность и качество обслуживания. Ухудшение показателей в этих компонентах могут быть вызваны неисправностями в таких областях, как оптимизация активов транспортной системы и сети, согласованная работа различных видов транспорта, эффективности маркетинга, производительность операций, человеческих ресурсов, стратегического планирования и эффективности управления.



Рис. 2. Показатели Грузии согласно основным критериям оценки эффективности логистики

На интегрированный показатель эффективность логистики страны негативно сказалась:

1. Эффективность таможенного и пограничного оформления.
2. Простота осуществления международных перевозок в конкурентных ценах.
3. Качество торговой и транспортной инфраструктуры.
4. Компетентность и качество логистических услуг.

Существенное повышение показателей эффективности логистики возможно за счет повышения эффективности процедур пограничного контроля. Это может включать более эффективную работу таможенных органов, но не менее важным является улучшение работы представленных на границе других ведомств, в том числе ответственных за санитарный и фитосанитарный контроль. Часто требуется многогранный подход.

Должны быть устранены связанные с управлением транспортных перевозок и операций, проблемы - частых задержек и сложных процедуры продлевают время доставки и увеличивают расходы. Если будет иметь место предложение низкого качества услуг, хорошие физические связи недостаточны.

Развития транспортного коридора Грузии зависит от макроэкономической ситуации в странах соединяющего Восток-Запад транзитного коридора. В связи с этим целесообразно ознакомиться с предложенными Всемирным банком прогнозируемыми показателями экономического роста (рис. 3).



Рис. 3. Прогнозируемые показатели экономического роста стран Восточно-Западного транзитного коридора.

В соответствии с графиком, мы с уверенностью можем сказать, что новый Шелковый путь соединяет все страны с относительно высокими ожидаемыми темпами экономического роста в 2016-2017 годы, чем были в 2014 - 2015 годах. Рост ВВП Грузии в 2016 году прогнозируется на уровне 3,0%, в то время как в 2017 году составит выше 5,0%. Также ожидается рост во всех странах, которые являются соединяющими звеньями нового Шелкового пути (Казахстан, Туркменистан, Казахстан и Китай), хотя и незначительно.

Транспортными отраслями Грузии перевезённый общий объём грузов после 2012 года сократился (см. Рис. 5).

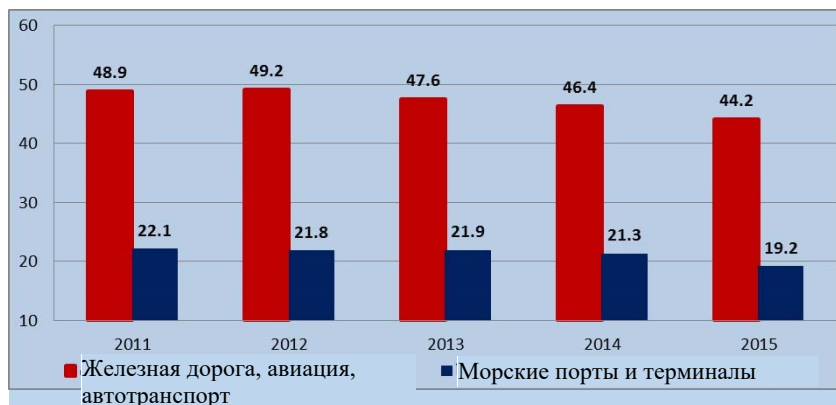


Рис. 4: Динамика объема грузов, обработанных в 2011-2015 годах (млн. тонн)

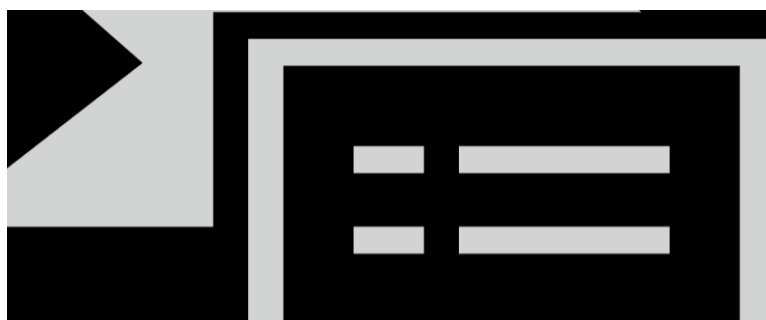


Рис. 5: Общее количество перевезённых транспортными отраслями Грузии пассажиров.



Рис. 6: Общее количество перевезённых транспортными отраслями Грузии грузов.

В 2008 году количество скончавшихся в результате аварии составило 867 человек, в то время как в прошлом году этот показатель был равен 511 человек. За шесть месяцев текущего года число погибших в результате дорожно-транспортных происшествий составило 284 человек. Тем не менее, следует отметить, что согласно данным международной организации ОЭСР (Организации экономического сотрудничества и развития) в 2013 году количество погибших в результате дорожно-транспортных происшествий (118 смертей) на 1 млн человек Грузия имеет одно из худших статистических данных в Европе. Хуже нашей стране показатели в Европе имеют только Черногория, Азербайджан, Албания и Россия.



График 7: Динамика дорожно-транспортных происшествий в Грузии, 2008-2014 гг.

Следует отметить, что в прошлом году, наибольший удельный вес причин дорожно-транспортных происшествий (1 в 391) составило превышение скорости. В 262 случаях авария была вызвана алкогольным опьянением во время управления транспортными средствами, в то время как в остальных 4 339 случаях причины были различными.

В течение первых шести месяцев текущего года в результате превышения скорости было 604 аварий, в результате алкогольного опьянения во время управления транспортными средствами 112, а остальные по различным причинам.

По безопасности дорожного движения Грузия имеет определенные обязательства перед Европейским Союзом в части соглашения об ассоциации. Соглашение об ассоциации с Европейским законодательством с точки зрения транспорта предусматривает выполнение четырех основных обязательств. К ним относятся: техническая, безопасность, социальные и финансовые условия. Прежде всего правила касаются установки на автомобилях международных перевозок и категории пассажирского транспорта устройства ограничения скорости и определения для указанных категорий транспорта максимальных параметров и веса. Кроме того, необходимо регулирование вопросов, связанных с выдачей водительских прав. Также следует поощрять модернизацию транспортной системы, соблюдение всеми участниками правил дорожного движения, прав людей с ограниченными возможностями, пешеходов и детей.

Заключение. Основной причиной падения уровня эффективности логистической системы Грузии является отсутствие четкой и документально оформленной национальной транспортной стратегии. Управление транспортным сектором таким образом, который обеспечивает повышение эффективности логистической системы возможно только на основе национальной транспортной стратегии, которая будет определять общие политические цели и эффективность государственных инвестиций, соответствующих индикативных показателей.

Национальная транспортная стратегия должна способствовать определению политики принципов и инструментов в широком контексте, как управление сектором, функций правительства и частного сектора, качества конкуренции, необходимых для координации и интеграции между различными видами транспорта видов интервенции, характер регулирования, определение тарифов на согласованных принципах. Роль государства в создании равномерного рабочего пространства (level playing field) для всех видов транспорта.

В этом контексте транспортного сектора Грузии претворение в жизнь руководящих принципов ЕС в 2011-2015 гг. в области транспорта (автомобильным, воздушным, железнодорожным) общий объем перевозённых грузов представлен на Графике 1. Как видно из этих данных, показатели 2015 являются минимальным за прошедший 5-летний период, как по объёму переработанного в морские порты и терминалах грузов (в 2015 году 19,2 млн тонн), так и в случае отраслей транспорта (автомобильным, гражданской авиации, железных дорог) по количеству грузов (в 2015 году 44,2 млн тонн).

REFERENCES

1. *Connecting to Compete 2014: Trade Logistics in the Global Economy* - © 2014 The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/Trade/LPI2014.pdf>
2. *Logistics Performance Index (LPI) Report: The Gap Persists* - World Bank Group. <http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2014/03/20/logistics-performance-index-gap-persists>,
3. *Стратегия социально-экономического развития Грузии – Грузия 2020* - Правительство Грузии. <http://static.mrdi.gov.ge/551018320cf24147438b16fd.pdf>
4. The World Bank - Country Score Card: Georgia 2014 <http://lpi.worldbank.org/international/scorecard/column/254/C/GEO/2014/C/GEO/2012/C/GEO/2010/C/GEO/2007#chartarea>
5. *Railway Reform: Toolkit for Improving Rail Sector Performance* - ©2011 The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/railways_toolkit/PDFs/WB_toolkit.pdf

Revaz Velijanashvili, Mariam Turmanidze, Mariam Gogiashvili. Relations between logistics systems and road safety.

Logistics system and interrelationship between them (transportation) would be defined as the nodal complex logistics activity, which is associated with the movement in the logistics chain (channel, network). It, in turn, consists from complex and elementary activities. In modern conditions transport service includes not only the direct movement of goods from the supplier to the consumer, but also a large number of forwarding, information and transaction operations, cargo handling, insurance, security, and others. The modern understanding of cargo transportation has changed with the development of market relations in the sector, which equated to the industrial sectors of the economy of the transport service sector service. Effective management of this process largely depends on traffic safety (movement) between the logistics centers.

Keywords: logistics, logistics systems, traffic safety.

АВТОРЫ:

ВЕЛИДЖАНАШВИЛИ Реваз, кандидат технических наук, профессор, Грузинский технический университет, e-mail: elco13@mail.ru

ТУРМАНИДЗЕ Мариам, магистрант, научный сотрудник, Грузинский технический университет, e-mail: elco13@mail.ru

ГОГИАШВИЛИ Мариам, бакалавр, Тбилисский Государственный университет им. Джавахишвили, e-mail: gogiashvili-95@mail.ru

AUTHORS:

Revaz VELIDZHANASHVILI, PhD. in Engineering, Professor, Georgian Technical University, e-mail: elco13@mail.ru

Mariam TURMANIDZE, MA student, researcher, Georgian Technical University, e-mail: elco13@mail.ru

Mariam GOGIASHVILI, bachelor student, Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, e-mail gogiashvili-95@mail.ru

Стаття надійшла в редакцію 03.03.2016р.

Возный А.В.

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина***РОБАСТНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ ДИСКОВО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

В материалах статьи проиллюстрировано робастный подход к расчету и проектированию фрикционных узлов дисково-колодочных тормозов, включающий в себя влияние качества фрикционных поверхностей, устойчивости и стабилизации эксплуатационных параметров, режимов энергонагруженности, а также влияние внешних и внутренних полей на эксплуатационные параметры дисково-колодочного тормоза.

Ключевые слова: дисково-колодочный тормоз, пары трения, робастный подход, расчет и проектирование, внутренние и внешние поля воздействия, структурно-параметрический синтез.

Состояние проблемы. Для оценки работоспособности проектируемых фрикционных устройств дисково-колодочных тормозов *автотранспортных средств* в настоящее время используются не только методы тепловой динамики и моделирования, но и методы позволяющие производить оценку энергетических уровней на микро- и наноуровнях поверхностных и подповерхностных слоев пар трения трибосопряжения [1]. Все это позволит прогнозировать износо-фрикционные свойства пар трения тормоза по параметрам трения и изнашивания на этапе выбора фрикционных материалов, находящегося в состоянии неравновесной трибологии. Последняя для полимерных фрикционных элементов характеризуется равновесной и неравновесной статистической механикой и термодинамическим пределом, оценивающим ее трехфазное состояние при работе в диапазоне поверхностных температур ниже и выше допустимой температуры для фрикционных материалов накладки. Электротермомеханическое трение микровыступов пар трения тормоза происходит в едином поле взаимодействия за счет изменения градиентов параметров процессов, явлений и эффектов при омывании скоростными токами сред их рабочих и нерабочих поверхностей.

Остановимся на конструкции и работе дисково-колодочного тормоза (рис. 1 а, б, в). Последний состоит из вращающегося сплошного диска 1, к которому с обеих сторон при помощи привода (на рис. 1 а, б, в не показан) прижимаются неподвижные колодки 2 с фрикционными накладками 3. Последние расположены внутри суппорта 4, закрепленного на кронштейне цапфы (на рис. 1 а, б, в не показана). При фрикционном взаимодействии рабочих поверхностей накладок 3 с вращающимся тормозным диском 1 под действием нормального прижимного усилия N формируется беговая дорожка трения диска 5.

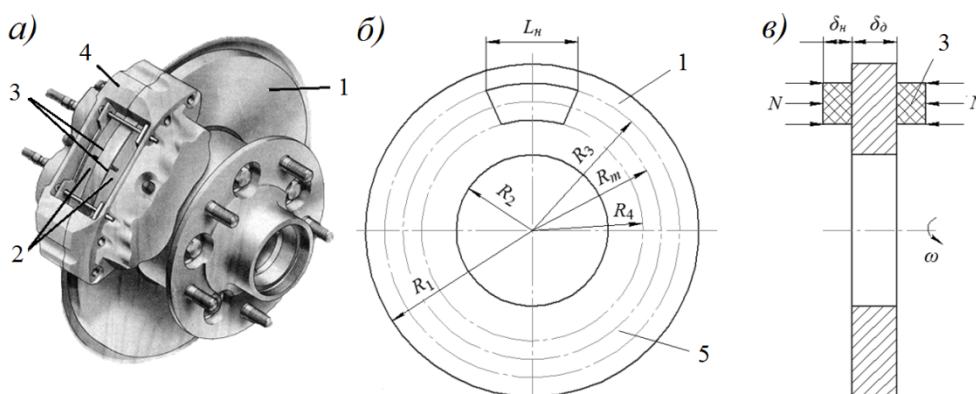


Рисунок 1. а, б, в. Дисково-колодочный тормоз (а) и схема фрикционного взаимодействия его пар трения (б, в): 1 – вращающийся сплошной тормозной диск; 2, 3 – неподвижные колодки с фрикционными накладками; 4 – суппорт; 5 – беговая дорожка трения

На рис. 1 а, б, в использованы следующие обозначения: N – прижимное усилие; ω – угловая скорость диска; R_1, R_2 – внешний и внутренний радиусы тормозного диска; R_3, R_4, R_m – радиусы

беговой дорожки трения диска: максимальный, минимальный и средний; δ_n, δ_d – толщина: накладки; диска.

Технические условия и влияние полей на эксплуатационные параметры дисково-колодочного тормоза автотранспортного средства. Типовые технические условия на выбор материалов для фрикционной пары трения включают параметры, приведенные в табл. 1 [2]. Кроме параметров, представленных в последней, указывают тип контакта, требования к контактной податливости стыка пар трения, а также вид охлаждения (естественный, вынужденный и кондуктивный), огнестойкости, влагостойкости материала и показатели качества в соответствии с ГОСТ 18090-72.

Таблица 1

Технические условия на пару трения дисково-колодочного тормоза

Параметр	Буквенное обозначение	Единица измерения	
Нагрузка на пару трения	N	кН	
Продолжительность скольжения с учетом скорости начала и конца замыкания при включении	τ	с	
Число включений в час	n	–	
Податливость стыка контакта	Π	мм/кН	
Динамический коэффициент: взаимного перекрытия трения	$K_{вз}$	–	
	f	–	
Средние значения разности потенциалов при: генерировании электрических токов; аккумуляровании тепловых токов и их циркуляции в тормозном диске	$\Delta\varphi_{э}$	мВ	
	$\Delta\varphi_m$	мВ	
Коэффициенты:	температуропроводности	a	м ² /с
	распределения тепловых потоков	α_1, α_2	–
Температуры: вспышки, поверхностные, объемные	$t_в, t_n, t_o$	°С	
Напряжения: механические, температурные	σ_m, σ_t	МПа	
Момент инерции маховых масс тормозного диска	J_m	кН·м·с ²	
Работа	трения	$W_{тр}$	Дж
Мощность		$P_{тр}$	Вт
Энергетическая объемная интенсивность изнашивания	i_v	мм ³ /с	

Необходимо учитывать, что большинство из перечисленных выше требований, в первую очередь, отвечают фрикционные пары, у которых стабильно и равномерно протекает изменение химического, фазового состава, структуры и, следовательно, обеспечивается постоянство свойств поверхностного и приповерхностного слоев в процессе эксплуатации.

На нормальную работу фрикционного узла существенное влияние оказывают внешние и внутренние поля (табл. 2), возникающие на поверхностных и в приповерхностных слоях пар трения в зависимости от вида энергии поля, способа воздействия и изменения выходных параметров (динамического коэффициента трения (f) и энергетической объемной интенсивности изнашивания (i_v) материалов накладки) при допустимой величине их энергетического состояния.

Влияние энергонагруженности фрикционных узлов дисково-колодочного тормоза на износо-фрикционные свойства их пар трения. Рассмотрим это влияние применительно к различным материалам фрикционных накладок колодок автомобилей семейства ВАЗ 2108-2110; 99 [3] передних дисково-колодочных тормозов, испытывающих неодинаковые режимы нагружения (табл. 3).

Анализ полученных эксплуатационных параметров для дисково-колодочных тормозов показал следующее:

– только первый фрикционный материал работал при удельных нагрузках от 2,0 до 8,0 МПа, а все остальные материалы работали при удельных нагрузках от 2,0 до 6,0 МПа;

– минимальное значение динамического коэффициента трения имели третий (0,21), второй (0,26) и десятый (0,275) фрикционные материалы; в то же время в остальных фрикционных материалах минимальные значения динамического коэффициента трения колебались от 0,33 до 0,46; при этом максимальные значения динамического коэффициента трения изменялись от 0,47 до 0,66;

Влияние внешних и внутренних полей

Вид энергии поля	Способ воздействия	Изменение выходных параметров при допустимой величине энергетического состояния	
		f	i_v
Механическая	Существенное изменение градиента механических свойств по толщине пар трения	Изменяется в 1,5-2,0 раза	Изменяется в 1,2-1,5 раза
Электрическая	Генерирование электрического тока на пятнах контактов микровыступов	Изменяется до 3,0 раза	Увеличение в 2,5-5,0 раз
Тепловая	Нагревание или вынужденное охлаждение	Изменяется в 2,0-3,0 раза	Изменяется в 5,0-10, раз
Химическая	Экзо- и эндотермические реакции в приповерхностном слое полимерной накладки	Изменяется на 15,0-20,0%	Увеличение в 2,0-3,0 раза
Электромагнитная	Трение в слабом магнитном поле	Увеличение на 40,0-50,0%	Увеличение на 20,0-30,0%
Скоростные поля омывающих сред	Омывание поверхностных и приповерхностных слоев пар трения	Увеличение в 1,1-1,25 раза	Увеличение в 1,05-1,15 раза

Таблица 3

Результаты тестов фрикционных накладок колодок легковых автомобилей семейства ВАЗ 2108-2110; 99 передних дисково-колодочных тормозах при различных режимах нагружения

№	Марка материала накладки	Колебания			Линейный износ*		Прочность соединения накладки с колодкой*, МПа
		p , МПа	f	t_n , °C	диска	накладки	
1	РОСТДОТ 5000EURO	2,0-8,0	0,36-0,546	50,0-540,0	0,04/ –	1,07/0,85	9,5/2,5
2	591 700В (Германия)	2,0-6,0	0,26-0,5	50,0-500,0	0,023/ –	0,79/0,85	3,45/3,5
3	MS 13.0460-2965.2 (Германия)	2,0-6,0	0,21-0,51	50,0-50,0	0,05/ –	7,2/0,85	13,2/3,5
4	311 FF KBA 60 793 00 (фирма Continental Teves)	2,0-6,0	0,41-0,58	50,0-530,0	0,02/ –	0,71/0,85	8,4/2,8
5	RX 2040 (фирма Continental Teves)	2,0-6,0	0,39-0,66	50,0-530,0	0,012/ –	0,7/0,85	9,6/2,8
6	LMS 11690R – 01107/364 GDB 469.8.80.91 безасбестовые	2,0-6,0	0,46-0,51	50,0-400,0	0,025/ –	0,81/0,85	10,0/2,8
7	АОВ 0173 (фирма Allied Nippon)	2,0-6,0	0,64-0,37	50,0-450,0	0,011/ –	0,52/0,85	8,4/2,8
8	V210, безасбестовые (FinWahle, Германия)	2,0-6,0	0,58-0,33	50,0-450,0	0,02/ –	1,02/0,85	9,8/2,8
9	FDB 527 (фирма Federal Mogul)	2,0-6,0	0,47-0,39	50,0-450,0	0,024/ –	0,63/0,85	6,2/2,8
10	FD-P-2003 (фирма Pilenga)	2,0-6,0	0,535-0,275	50,0-450,0	0,005/ –	1,22/0,85	10,8/2,8

* Примечание: в числителе – текущие значения величин параметров, а в знаменателе их допустимые величины.

– минимальная поверхностная температура для всех пар трения составляла 50°C, а максимальная - (530-540) °C, которая намного превышала допустимую температуру (390°C) для материалов фрикционной накладки; только для шестого материала накладки максимальная поверхностная температура составила 400°C.

– минимальный линейный износ беговой дорожки трения диска имели десятая, седьмая и пятая пары трения, изменяющегося от 0,005 до 0,012мм; что касается линейного износа рабочих поверхностей фрикционных накладок то их минимальный износ имел место в девятой (0,63мм), пятой (0,7мм) и четвертой (0,71мм) парах трения, а максимальный износ - в восьмой (1,02мм), первой

(1,07) и десятой (1,22мм) парах трения; при этом регламентируемый износ рабочей поверхности накладки (0,85мм) был превышен в первой (1,07мм), восьмой (1,02мм) и десятой (1,22мм) парах трения, что связано с большими величинами удельных нагрузок, динамических коэффициентов трения и, как следствие, поверхностных температур пар трения;

– прочность соединения нерабочей поверхности фрикционной накладки с основанием колодок только в одном случае не отвечало допустимой величине (3,5МПа) для второй пары трения составляло 3,45 МПа; для всех остальных пар трения текущие значения величин прочности соединения были больше в (2,20- 3,85) раза.

Таким образом, из-за небольших коэффициентов взаимного перекрытия пар трения (0,1-0,2) в дисково-колодочных тормозах автотранспортных средств наблюдается увеличение удельных нагрузок в 8-10 раз, динамического коэффициента трения в 1,5-1,7 раза, поверхностных температур в 1,3-1,7 раза, и как следствие, износа пар трения в 3,5-4,5 раза большего, нежели в парах трения барабанно-колодочных тормозов автотранспортных средств.

Робастный подход к расчету и проектированию фрикционных узлов дисково-колодочных тормозов. Робастный подход к расчету и проектированию фрикционных узлов дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств является новым, поскольку включает в себя состояния их поверхностных и подповерхностных слоев, связанных с качеством фрикционных поверхностей, устойчивостью и стабильностью эксплуатационных параметров. Кроме того, осуществляется регулирование и управление эксплуатационными параметрами при электротермомеханическом трении. В конечном итоге, проводится оптимизация как конструктивных, так и эксплуатационных параметров фрикционных узлов дисково-колодочного тормоза. Основой для проведения последней является структурно-параметрический синтез фрикционного узла тормоза.

В дальнейшем рассматривается качество переходных процессов фрикционных узлов, устойчивость, стабилизация, регулирование и управление их эксплуатационными параметрами и в конце оптимизация конструктивных и эксплуатационных параметров пар трения тормоза.

Алгоритм синтеза фрикционного узла формируют в соответствии с техническими условиями на пару трения тормоза, в которых должны учитываться для материалов пары составляющие их поверхностных и подповерхностных слоев, рассматриваемые на нано-, микро- и миллиуровнях. При этом необходимо обратить внимание на: разность потенциалов, выхода электронов и их дебаевскую длину пробега, уровни Ферми, тип контакта (омический, нейтральный и блокирующий) и его электро- и теплопроводность, а также условия снижения трибоэффекта. Производят предварительный выбор пары трения, включающий:

– по справочным данным, пользуясь критерием НВ (твердость по Бринеллю) и δ_p (линейное удлинение при разрыве), подбирают наиболее износостойкий материал контртела (сопротивление изнашиванию пропорционально этому критерию);

– на основании сопоставления кривых фрикционной теплостойкости в виде зависимостей динамического коэффициента трения f и интенсивности изнашивания i от максимальной температуры поверхности трения t_{max} (ниже и выше допустимой температуры для материалов фрикционной накладки) $f=f(W_{mp}, N, t_{max})$ и $i=i(W_{mp}, N, t_{max})$ (где W_{mp} - работа трения; N - нормальное прижимное усилие) выявляют пару трения, отвечающую техническим условиям;

– выбирают конструкцию фрикционного узла (одно- или многопарный) и вид нагружения (апериодический, циклический или длительный), обеспечивающий импульсный или длительный подвод теплоты к фрикционным поверхностям, коэффициент взаимного перекрытия $K_{\text{вз}}$ и конструктивные размеры пары трения, а также продолжительность их косвенного охлаждения;

– в тех случаях, когда в готовой конструкции фрикционная пара не удовлетворяет техническим условиям, то разрабатывается новая конструкция с очередным отбором ряда опытных материалов с последующими их стендовыми или промышленными испытаниями пар трения дисково-колодочного тормоза.

Выводы. Таким образом, рассмотрены особенности робастного подхода к расчету и проектированию фрикционных узлов дисково-колодочного тормоза автотранспортного средства включающего в себя влияние качества фрикционных поверхностей, устойчивости и стабильности эксплуатационных параметров, а также влияние внешних и внутренних полей на эксплуатационные параметры дисково-колодочного тормоза, и предложен алгоритм предварительного выбора пары трения тормоза.

1. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов барабанно- и дисково-колодочных тормозов автотранспортных средств / А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, А. В. Возный [и др.]. – Баку: Апостроф, 2016. – 253с.
2. Трибология / А. И. Вольченко, М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко [и др.]. – Киев – Краснодар: Изд-во «Плай», 2015. – 371с.
3. Промышленные испытания фрикционных накладок колодок автомобилей семейства ВАЗ 2108-2110; 99 / Автомобильный завод GM-AVTOVAZ // Закрытое акционерное обществоТольятти, – 2014 г.

REFERENCES

1. Volchenko, A., Volchenko, N., Voznyiy, A. et al. (2016). *Design and check calculation of the friction drum-nodes and disk-drum brakes of vehicles*. Baku, Apostrof Publ.,. 253 p.
2. Volchenko, A., Kindrachuk, M., Volchenko, D. et al. (2015). *Tribology*. Kyiv, Krasnodar, Plai Publ., 371 p.
3. Automobile Plant GM-AVTOVAZ. (2014). *Industrial tests of the friction lining pads of vehicles VAZ 2108-2110; 99*. Joint Stock Company Togliatti.

Возный А.В. Робастний підхід до розрахунку і проектуванню фрикційних вузлів дисково-колодкових гальм автотранспортних засобів.

У матеріалах статті проілюстровано робастний підхід до розрахунку і проектування фрикційних вузлів дисково-колодкових гальм, що включає в себе вплив якості фрикційних поверхонь, стійкості і стабілізації експлуатаційних параметрів, режимів енергонавантаженості, а також вплив зовнішніх і внутрішніх полів на експлуатаційні параметри дисково-колодкового гальма.

Ключові слова: дисково-колодкове гальмо, пари тертя, робастний підхід, розрахунок і проектування, внутрішні і зовнішні поля впливу, структурно-параметричний синтез.

A. Voznyi. Robust approach to the calculation and design of the friction units of the disk brakes of the vehicles.

At present to evaluate the performance of devices designed friction units of the disk brakes of the vehicles we are using not only the methods of thermal dynamics and modeling techniques but also enabling the evaluation of the energy levels at the micro- and nanoscale surface and sub-surface layers of friction pairs of tribomating. All of this will allow to predicting the wear and friction properties of the friction pairs of the brake by the parameters of friction and wear at the stage of selection of friction materials in a state of non-equilibrium tribology. The non-equilibrium tribology for polymer friction elements is characterized by equilibrium and nonequilibrium statistical mechanics and thermodynamic limit, assessing its three-phase state at the surface in the temperature range above and below the allowable temperature for the friction material of the pad. Electric-thermal-mechanical friction of microprotrusions of the friction pairs of the brake occurs in a single field of interaction by changing the gradient of the parameters of the processes, phenomena and effects when washing high-speed air flow of the working and non-working surfaces.

We've illustrated a robust approach to the calculation and design of the friction units of disk brakes, which includes the impact of the quality of the friction surfaces, stability and stabilization of operating parameters, energyloading modes, and the impact of internal and external fields on the operating parameters of disk brake.

The article provides specifications for friction pair of disk brake, the general scheme of contact interaction with electric-thermal-mechanical friction and described preselection brake friction pair algorithm.

Keywords: disc brake, friction pairs, robust approach, calculation and design, internal and external field effects, structural and parametric synthesis.

АВТОР:

ВОЗНЫЙ Андрей Владимирович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института нефтегазовой энергетики и экологии, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Украина, e-mail: Anarkil@i.ua

АВТОР:

ВОЗНИЙ Андрій Володимирович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Науково-дослідного інституту нафтогазової енергетики і екології, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, e-mail: Anarkil@i.ua

AUTHOR:

Andriy VOZNYI, Ph.D., senior researcher at the Petroleum Power and Environmental Engineering Research Institute, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine, e-mail: Anarkil@i.ua

Гелашвили О.Г., Горшков Т.Ш., Бутхузи Н.Б.
Грузинский технический университет, Тбилиси, Грузия

МАРКЕТИНГ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОМПАНИИ

Несмотря на проведенные в железнодорожной отрасли реформы – осуществление и внедрение принципов эффективного менеджмента, компания за последние годы теряет свое ведущее положение на транспортном рынке, не только страны, но и на международной арене. В первую очередь – это резкий спад объемов грузоперевозок. На данном этапе с целью изучения товарных рынков в евроазиатском транспортном сегменте и привлечения грузов необходимо целенаправленно задействовать в компании принципы маркетинга. На основе анализа существующего положения в отрасли и наметившихся негативных явлений предложена стратегия активного маркетинга, которая обеспечит компании успехов во всей логистической деятельности.

Ключевые слова: железнодорожные перевозки, маркетинговая деятельность, качество, логистика, технологии, рынки.

Постановка проблемы. Реформирование железнодорожного транспорта является составной частью развития экономики Грузии, ведь железнодорожный транспорт – часть инфраструктуры рыночной экономики и важная составляющая транспортной системы страны. Применив и внедрив в начале 2000 годов новые подходы планирования и регулирования отрасли, улучшив менеджмент на всех уровнях управления деятельность железнодорожного транспорта до 2008 года характеризовалась положительной динамикой показателей результатов эксплуатационной и хозяйственной деятельности. Однако, после 2008 года ситуация изменилась и в первую очередь – это резкий спад объемов грузоперевозок как по объемным показателям (см. таблицу 1), так и по номенклатуре грузов.

Таблица 1

год	2007	2013	2014	2015
Транзит, млн.т	14,4	11,3	9,5	7,9
Экспорт, млн.т	1,4	1,7	1,6	1,2
Импорт, млн.т	3,55	2,7	3,0	2,7
Местный, млн.т	2,85	2,5	2,6	2,3
ВСЕГО, млн.т	22,2	18,2	16,7	14,1

Ухудшение показателей грузовых перевозок железнодорожным транспортом хотя и связано с влиянием ряда объективных экономических факторов, однако данное положение было вызвано и другими причинами – и в первую очередь, просчетами в осуществлении корпоративной бизнес – стратегии. Ведь для компании в современных условиях усиления конкурентной борьбы разработка бизнес – стратегии является осознанной необходимостью. На основе миссии и корпоративной бизнес – стратегии разрабатывается маркетинговая стратегия компании, которая является таким же важным элементом стратегического планирования бизнеса, как логистическая, производственная, управленческая и другие виды стратегии (см. рис. 1).

Результаты исследования. В качестве эффективного инструмента стратегического управления железнодорожной компанией Грузии видится в рамках пяти перспектив: финансов, маркетинга, внутренних бизнес-процессов, логистики, развития персонала и инноваций. Сегодняшнее состояние железнодорожного транспорта Грузии, в первую очередь, предопределяет необходимость коренного пересмотра транспортного обслуживания в компании, что включает снижение издержек грузовладельцев, улучшение качества услуг и предоставление новых.

Для решения этих вопросов необходимо было изучить и проанализировать зарубежный опыт совершенствования транспортного обслуживания на принципах маркетинга. Ориентирами в технологии совершенствования и повышения эффективности транспортного обслуживания на всех стадиях его выполнения являются:

- подчинение технологии перевозочного процесса требованиям маркетинга и логистики, предусматривающим своевременную доставку грузов, обеспечение их сохранности, высокую скорость, быстроту реакции на требования клиентуры, возможность доставки груза «от двери до двери», приемлемые тарифы;
- разработка системы оценки качества обслуживания клиентуры (графики, сроки доставки, информационное обеспечение, надежность транспортных средств);
- дальнейшее развитие отправительской маршрутизации, охватывающей основной объем массовых грузов. Введение одно- и двух-групповых поездов повышенной транзитности. Сокращение переработки вагонопотоков в пути следования;
- внедрение системы перевозок (типа «Карго»), по которой контейнерные поезда курсируют между терминалами без маневровых операций и без переработок на сортировочных станциях;
- создание компьютерных центров управления перевозками с решением комплекса эксплуатационных задач;
- создание и внедрение комплексных систем непрерывного автоматического регулирования движением поездов в реальном масштабе времени.

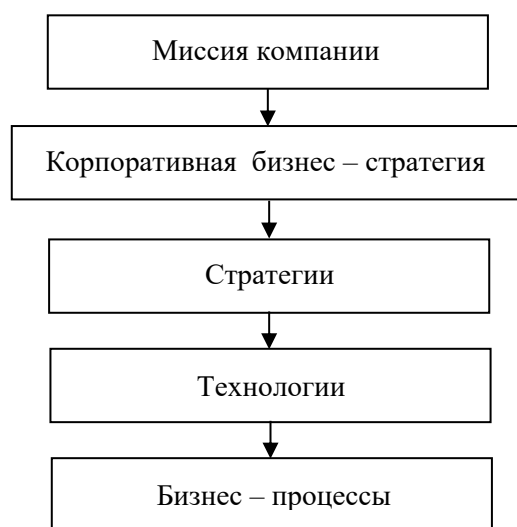


Рис. 1. Маркетинговая стратегия компании

Исходя из вышеизложенного и на основе реальной экономической ситуации в стране можно выделить транспортное обслуживание как миссию железнодорожной компании Грузии и в которой маркетинговая деятельность, на данном промежутке современности, должна играть стратегическую роль. Для этого необходимо:

- маркетинговые исследования «узких мест» в бизнес среде компании;
- изучение внутренних и внешних торгово-промышленных и транспортных рынков и их потенциалов, создание соответствующего банка данных;
- изучение потребностей в перевозках в соответствии с реальными товарными и транспортными рынками;
- маркетинговые исследования грузопотоков и пассажиропотоков и их прогнозирование;
- подготовка базы для разработки гибкой тарифной системы (политики);
- изучение конкурентоспособности альтернативных транспортных коридоров и железнодорожных компаний;
- развитие новых видов перевозок (контейнерные и контейнерные блок-поезда и т.п.);
- разработка и внедрение новых видов обслуживания и внедрение критериев их качества;
- поиск инвестиционных форматов и инноваций.

Заключение. Усиление деятельности компании по этим направлениям, наряду с другими перспективами, не взирая на политические и экономические изменения в регионе, позволит расширить географическую зону деятельности компании, привлечь грузопотоки, снизить издержки грузовладельцам и естественно – повысить конкурентоспособность компании.

REFERENCES

1. Annenkov, A. (2003). *Management of transportation company*. Moscow, VINITI of RAS, 279 p.

O. Gelashvili, T. Gorshkov, N. Butkhuzi. Marketing in a railway company.

In spite of the reforms conducted in the railway field – implementation and realization of the effective management principles, during recent years the company loses its leading position at the transportation market both in the country and international area. First of all this is a sharp reducing of cargo transportation. Now, in order to study goods' markets in the Euro-Asian transportation segment and attract cargo it is necessary to develop objectives oriented marketing principles. On the basis of the analysis of the existing situation of the industry and intended negative events the strategy of the active marketing is offered, which will ensure success a company in its whole logistic activity.

Keywords: rail transportation, marketing activities, quality, logistics, technology and markets.

АВТОРЫ:

ГЕЛАШВИЛИ Отари Георгиевич, доктор технических наук, профессор, декан транспортного и машиностроительного факультета Грузинского технического университета, e-mail: gelashviliotari@mail.ru

ГОРШКОВ Теймураз Шотаевич, доктор, профессор кафедры логистики Грузинского технического университета, e-mail: tgor777@mail.ru

БУТХУЗИ Натия Бондоевна, ассоц. профессор кафедры логистики Грузинского технического университета, e-mail: natiaksi@mail.ru

AUTHORS:

Otari GELASHVILI, Doctor of science in Engineering, Professor, Head of transport and mechanical engineering Department, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, e-mail: gelashviliotari@mail.ru

Teimuraz GORSHKOV, Doctor, Professor of Logistik Department, Georgian Technical University Tbilisi, Georgia, e-mail: tgor777@mail.ru

Natia BUTKHUZI, Assoc. professor of Logistik Department, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia, e-mail: natiaksi@mail.ru

Стаття надійшла в редакцію 15.03.2016р.

Говорун А.Г., Корпач А.О., Філоненко О.Д.
Національний транспортний університет

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ ДИЗЕЛЯ

Проаналізовано результати експериментальних випробувань дизеля 4С11,0/12,5 (Д-241) при роботі в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу та при зміні кута випередження впорскування палива та при використанні добавки водневмісного газу до повітряного заряду.

Ключові слова: дизель, холостий хід, колінчастий вал, встановлювальний кут, добавка водневмісного газу.

Вступ. Запаси традиційних вуглеводневих палив неухильно зменшуються, тому широко досліджуються можливості використання альтернативних палив, які можуть використовуватись у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ), що поширені на автомобільному транспорті. Наразі, найбільш перспективними є палива, які містять у своєму складі чистий водень або його сполуки. Застосування водню можливе як самостійне паливо при використанні паливних елементів, пристроїв, що напряму перетворюють хімічну енергію в електричну, так і у вигляді сполук, як добавок до традиційних видів палив. Проте, його застосування має ряд недоліків, серед яких висока вибухопожежонебезпечність та значна маса паливних елементів, складність їх конструкцій. Застосування добавок чистого водню до дизельного палива свідчать про його позитивний вплив на показники паливної економічності [1], проте, зберігання його на борту транспортного засобу в достатній кількості досить складне завдання. Найпоширенішим способом отримання водневмісних сполук є термічна конверсія метанолу або гідроліз водного розчину луку (KOH чи NaOH) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження щодо застосування водневмісного газу, як добавки до повітряного заряду, проводяться в Національному транспортному університеті. Дослідження виконувались на різних типах дизелів та двигунах з іскровим запалюванням з різними системами живлення. Випробування проводяться в різних режимах роботи двигунів з метою встановлення оптимальної добавки газу та доцільності використання. Аналізуючи дані, отримані в ході експериментальних досліджень на двигунах з іскровим запалюванням, [3] можна зробити висновок про його позитивний вплив на паливну економічність та екологічні показники роботи двигуна на різних режимах роботи. Методика врахування затрат на електроліз, що дає можливість більш об'єктивного визначення паливної економічності наведена в [4].

Мета досліджень: встановити оптимальну величину добавки водневмісного газу до повітряного заряду дизеля при його роботі в режимі холостого ходу та її вплив на екологічні показники та паливну економічність. Визначити оптимальний кут випередження впорскування палива при використанні добавки водневмісного газу в цьому режимі роботи.

Виклад основного матеріалу.

На кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету проводять дослідження по використанню різних за величиною добавок водневмісного газу до повітряного заряду дизеля. Експериментальні випробування проводили при роботі двигуна 4С11,0/12,5 (Д-241) в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу ($n=600 \text{ хв}^{-1}$) та з різним кутом випередження впорскування палива. В ході експериментів застосовували різні відсоткові значення добавки водневмісного газу, від маси палива, з метою визначення оптимальної її величини та вплив на показники паливної економічності та екологічні показники дизеля для даного режиму роботи.

Експериментальні дослідження склались з двох етапів. На першому етапі за кута випередження впорскування палива $25-26^\circ$, що є штатним встановлювальним кутом для даного двигуна, застосовувалась різна відсоткова величина добавки водневмісного газу для визначення оптимального її значення та визначення її впливу на екологічні показники роботи дизеля. На наступному етапі при оптимальній добавці водневмісного газу визначався оптимальний кут випередження впорскування палива, при частоті обертання колінчастого вала $n=600 \text{ хв}^{-1}$.

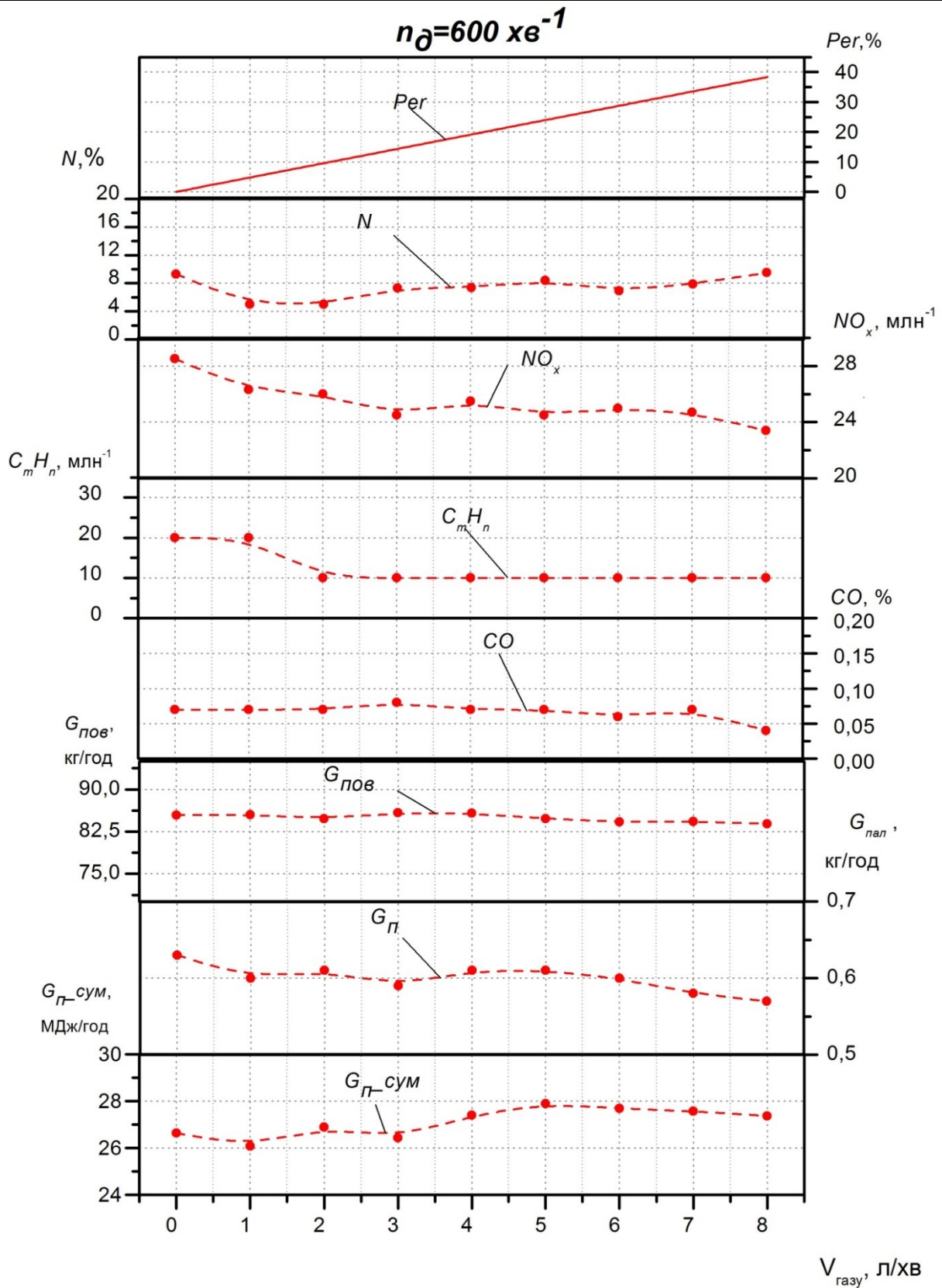


Рисунок 1 – Зміна показників роботи дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) в режимі холостого ходу ($n=600 \text{ хв}^{-1}$) з використанням різних величин добавки водневмісного газу

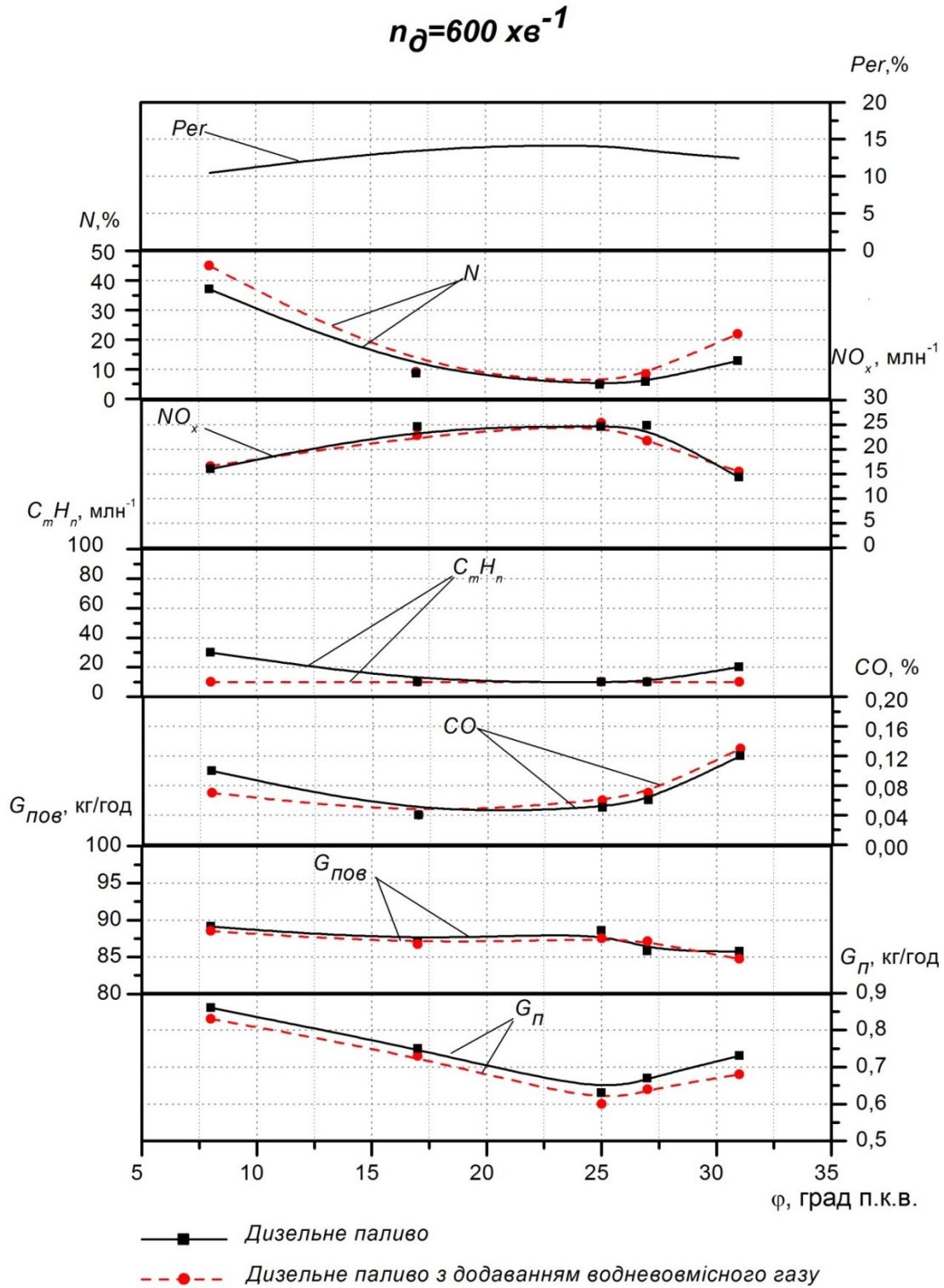


Рисунок 2 – Характеристика за кутом випередження впорскування палива дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) ($n=600 \text{ хв}^{-1}$) з використанням сталої добавки водневмісного газу

В ході досліджень визначали: годинні витрати повітря ($G_{пов}$, кг/год) та палива (G_n , кг/год або МДж/год), концентрації оксиду вуглецю (CO , %), вуглеводнів (C_mH_n , млн⁻¹), оксидів азоту (NO_x , млн⁻¹), димність (N , %), а також відсоткове значення величини добавки водневмісного газу (Per), від маси витрати дизельного палива. Зміна паливної економічності виражено з використанням теплових одиниць витрати палива. Сумарна теплота згоряння сумішевого палива ($G_{n_{сум}}$) розраховували за формулою:

$$G_{\text{п-сум}} = G_{\text{п}} * h_{\text{н.д.}} + V_{\text{газу}} * \frac{60}{1000} * \rho_{\text{в.г.}} * h_{\text{н.в.г.}} \quad (1)$$

де, $G_{\text{п}}$ – годинна витрата дизельного палива, кг/год;

$h_{\text{н.д.}}$ – нижча теплота згоряння дизельного палива, МДж/кг ($h_{\text{н.д.}} = 42,5$ МДж/кг);

$V_{\text{газу}}$ – об'єм добавки водневмісного газу, л/хв;

$\rho_{\text{в.г.}}$ – густина водневмісного газу, кг/м³;

$h_{\text{н.в.г.}}$ – нижча теплота згоряння водневмісного газу, МДж/кг ($h_{\text{н.в.г.}} = 13,2$ МДж/кг).

В ході досліджень величина добавки водневмісного газу змінювалась до 8 л/хв, при цьому відсоткове значення змінювалось до 38,36% по масі годинної витрати палива. Як видно з характеристики (рис. 1), на штатному дизельному паливі годинна витрата палива складає 0,63кг/год. При використанні добавки газу 8 л/хв годинна витрата палива зменшилась до 0,57 кг/год. Зменшення годинної витрати дизельного палива складало 9%. При використанні добавки водневмісного газу до 3 л/хв спостерігається практично однакова витрата сумарного палива в теплових одиницях в порівнянні із роботою дизеля на штатному паливі. Подальше збільшення добавки призводить до перевитрати енергії, тому прийнято вважати добавку 3 л/хв – оптимальною, при цьому зменшення годинної витрати дизельного палива складає 5,26%.

Димність відпрацьованих газів за коефіцієнтом ослаблення світлового потоку N знизилась майже вдвічі при добавці водневмісного газу 1-2 л/хв, проте із збільшенням величини добавки водневмісного газу вона підвищується аж до рівня, який відповідає роботі дизеля на штатному дизельному паливі. Концентрації $C_m H_n$ також знизилась. Концентрації CO залишилась практично на тому ж рівні, що і при роботі на штатному дизельному паливі. Лише при використанні добавки 8 л/хв вони знизилась із 0,07% до 0,04%. Концентрації NO_x при цьому знизилась на 12,3%, що можна пояснити додатковим збідненням паливоповітряної суміші.

Наступним етапом досліджень було визначення оптимального кута випередження впорскування палива при використанні добавки водневмісного газу 3 л/хв при роботі двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу.

Перед початком досліджень за допомогою моментоскопа встановлювали кут 25-26 град. п. к. в. Інші значення кута випередження впорскування палива встановлювались шляхом зміни положення шайби в приводі паливного насоса високого тиску. Поточне значення кута випередження впорскування визначалось електронним стробоскопом із використанням спеціальної приставки, що обладнана п'єзодатчиком, який встановлювався на паливопроводі високого тиску першого циліндра за шкалою, нанесеною на маховик колінчатого вала дизеля.

Як видно з рис. 2 найменші значення годинної витрати дизельного палива G_n та дизельного палива з добавкою відповідають куту 25-26 град. п.к.в.. При цьому витрата дизельного палива зменшилась на 4,35% при використанні добавки водневмісного газу. Концентрації CO у відпрацьованих газах при роботі двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) на дизельному паливі за пізніх та ранніх кутів були дещо вищими ніж за оптимального кута. Зміна концентрації CO при роботі на дизельному паливі з добавкою водневмісного газу має схожий характер із зміною при роботі на чистому дизельному паливі, за більш пізніх кутів концентрації нижчі. Спостерігається незначне зростання за більш ранніх кутів. Концентрації $StHn$ залишаються, практично, сталими при роботі на дизельному паливі з добавкою водневмісного газу у всьому діапазоні величин кутів випередження впорскування, при роботі на чистому дизельному паливі- за ранніх та пізніх кутів вони дещо вищі за значення, що отримані за оптимального кута. Концентрації оксидів азоту NO_x практично однакові. Димність при роботі двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) на чистому дизельному паливі знижувалась при зміні кута випередження впорскування палива від більш пізнього до оптимального і потім знову зростала за ранніх кутів. Зміна димності при роботі на дизельному паливі з добавкою водневмісного газу має такий же характер як і при роботі на чистому дизельному паливі, за пізніх кутів максимальне зниження складало близько 30%, за ранніх кутів - на 50%.

Висновок. Використання добавок водневмісного газу до повітряного заряду дизеля зменшує годинну витрату дизельного палива при роботі двигуна в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу в середньому на 3-5%. Оптимальною добавкою водневмісного газу для двигуна 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі в режимі холостого ходу ($n=600$ хв⁻¹) є добавка – 3 л/хв. Оптимальним кутом випередження впорскування палива при додаванні водневмісного газу 3 л/хв можна вважати кут у 25-26 град. п.к.в., дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) ($n=600$ хв⁻¹). Тобто, зміна встановлювального кута для даного двигуна в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу є недоцільною.

1. Сирота А.А. Повышение экономичности судовых ДВС путем использования водорода в качестве добавок к топливу./ А.А. Сирота//Двигатели внутреннего сгорания. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2006.-№1.-С.63-67
2. Фомин В.М., Хахимов Р.Р., Шевченко Д.В. Водород как химический реагент в кинетическом механизме образования углерода в дизеле / Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе» - № 3 (21) - 2011 г.- с.10-14
3. Гутаревич Ю.Ф. Вплив додавання суміші водню з киснем на паливну економічність і токсичність бензинового двигуна в режимі холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, А. О. Корпач, Є.В. Шуба, О. Д. Філоненко, І. В. Самойленко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. –Вип. 29.
4. Гутаревич Ю.Ф. Эффективность использования добавок водневмісного газу до повітряного заряду бензинових двигунів./ Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, С.В. Карев, О.Д. Філоненко, Є.В. Шуба // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк. Луцький НТУ, 2015.- №1(3). С. 59-63.

REFERENCES

1. Sirota, A. (2006). Increase of economic of marine engines by using hydrogen as additive to fuel. *Internal combustion engines*. Kharkiv: NTU «KPI» Publ.,no 1, pp. 63-67.
2. Fomin, V., Nakymov, R. & Shevchenko, D. (2011). Hydrogen as chemic reagent in kinematic mechanism of forming carbon in diesel. *Transport on alternative fuel*, no 3 (21), pp. 10-14.
3. Gutarevych, Yu., Korpach, A., Shuba, Ye., Filonenko, O. & Samoilenko, I. (2014). The impact of adding a mixture of hydrogen and oxygen to fuel efficiency and toxicity gasoline engine idling. *Proceedings of the National Transport University*, No. 29. Kyiv, NTU Publ.
4. Gutarevych, Yu., Korpach, A., Karev, S., Filonenko, O. & Shuba, Ye. (2015). Efficiency additives hydrogenincluding gas to air charge gasoline engines. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*, No. 1 (3), Lutsk, pp. 59-63.

Говорун А.Г., Корпач А.А., Філоненко А.Д. Эффективность использования добавок водородсодержащего газа к воздушному заряду дизеля.

Проанализированы результаты экспериментальных испытаний дизель 4СН11,0 / 12,5 (Д-241) при работе в режиме минимальной частоты вращения холостого хода и при изменении угла опережения впрыска топлива и при использовании добавки водородсодержащего газа к воздушному заряду.

Ключевые слова: дизель, холостой ход, коленчатый вал, установочный угол, добавка водородсодержащего газа.

A. Govorun, A. Korpach, A. Filonenko. Efficiency of additives hydrogen-containing gas to diesel air charge.

The results of experimental testing diesel 4СН11,0 / 12.5 (D-241) when operating mode the minimum frequency of idling and when you change the angle of fuel injection with additives hydrogen-containing gas to air charge.

Keywords: diesel, idling, crankshaft, the installation angle, additive of hydrogen-containing gas.

АВТОРИ:

ГОВОРУН *Анатолій Григорович*, кандидат технічних наук, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет;

КОРПАЧ *Анатолій Олександрович*, кандидат технічних наук, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет;

ФІЛОНЕНКО *Олександр Дмитрович*, аспірант кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет.

AUTHORS:

Anatolii HOVORUN, Ph.D. in Engineering, Professor of Engines and Heating Engineering Department, National Transport University;

Anatoly KORPACH, Ph.D. in Engineering, Professor of Engines and Heating Engineering Department, National Transport University;

Olexander FILONENKO, Postgraduate student of Engines and Heating Engineering Department, National Transport University.

Стаття надійшла в редакцію 05.03.2016р.

Горбай О.З.
Національний університет «Львівська політехніка»

ОЦІНКА МІЦНОСТІ ВУЗЛОВИХ З'ЄДНАНЬ КАРКАСА КУЗОВА АВТОБУСА

Дана оцінка міцності верхньої частини кузовів автобусів на основі тестування поглинальної здатності вузлів та з'єднань за методом тестування компонентів + симуляція складових («Component Testing + Numerical Simulation») під час прикладення статичних / динамічних навантажень з фіксацією реальних статичних, динамічних і залишкових деформацій у типових вузлових з'єднаннях каркасів несучих систем автобусів. На основі випробувань компонентів при прикладанні навантажень визначено місце знаходження пластичних шарнірів і зони пластичної деформації у силовій структурі каркасу автобуса.

Ключові слова: пасажирський автобус, каркас кузова, статична міцність, МСЕ, квазістатичні навантаження, Правила ЄЕК ООН 66, FMVSS No.216.

Постановка проблеми. Комплексний аналіз МСЕ напружено-деформованого стану усієї просторової структури каркаса кузова автобуса при заданні його у вигляді стрижневої моделі (beam-model), та розрахунків на той чи інший міцнісний режим забезпечує конструктора лише загальною інформацією про тенденції послаблення ферми у її складових вузлах. Для отримання точних результатів поведінки цих вузлів у поставлених крайових умовах доцільно переходити до їх локального МСЕ-аналізу – переходу до твердотілої моделі (solid-model), що представляє інтерес з погляду поповнення бібліотеки даних поведінки різних конструкційних матеріалів в умовах статичних/-динамічних навантажень. При цьому, слід звернути увагу, що існуючі технології дають змогу використовувати під час виготовлення каркасів кузовів сталі різних марок, проте, враховуючи фізико-механічні показники та собівартість матеріалу, найбільше розповсюдження отримала конструкційна сталь 20 з межею текучості 245 МПа та міцності 410 МПа відповідно. Використовуючи сучасні методи гартування та легування, під час виробництва відповідальних за міцність вузлів просторових ферм автобусів можуть бути застосовані сталі з границею текучості та міцності, збільшеними на 15–45 %, залежно від поставлених завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сучасного автобусобудування аналіз міцності кузовів автобусів ведеться на основі моделі каркаса кузова, що складається з типових стандартизованих та спеціальних профілів, зварених у вузли. Останні переважно представлені різними типами з'єднання елементів. Кожний вузол може складатись з двох або трьох профілів, що сполучаються між собою різними типами з'єднання. Вивчення двовісного зміщення усього перерізу особливо актуальне для стрижнів, що конструктивно з'єднуються у вузли [1]. Результати досліджень стрижня завдовжки 400 мм з еластичною і еластично-пластичною зонами деформацій за E в 210 МПа подано у роботах [2, 3]. Стрижень показано у вигляді чотирьох шарнірно з'єднаних тонкостінних оболонок. За такого подання стрижня у вигляді чотирьох еластично-пластичних тонкостінних оболонок з пластичними шарнірами (ПШ) та обов'язкового прикладення до них навантажень по двох осях кінематичні переміщення можуть відбуватися вздовж нейтральної осі або в площині, перпендикулярній до неї. Процеси деформації стосовно нейтральної осі, згину стосовно двох осей та гвинтоподібне скручування вимагають введення пружних елементів з нелінійними характеристиками [4]. Це дає змогу застосування експериментальних даних кривих прикладення сили, згинного моменту та кута закручування. Особливості прикладення згинних моментів та розміщення координатних осей та площин під час згину для тонкостінних профілів, які є основними складовими кожного каркаса кузова автобуса розглянуто у роботі [5].

У зоні ПШ за рахунок прикладення ексцентричного навантаження утворюються деформації торсійного типу. Поведінка тонкостінного стрижня при цьому моделюється додатковим крутним моментом, критичним і граничним кутом. У Т-подібному вузлі нелінійні пружні елементи знаходяться у місці з'єднання та по обидва боки ненавантаженого стрижня [6, 7]. Т-подібної форми міжвіконні стійки виконують важливі функції у структурі каркаса кузова автобуса, з'єднуючи верхню обв'язку даху з підвіконним брусом. Їх конструкції є одним з найслабших і водночас найвідповідальніших елементів каркаса [6]. Аналіз стрижневих 3D-моделей автобусів для режимів бокового перекидання згідно Правил №66 ЄЕК ООН подано у [8]. З умов недеформованості нижньої несучої частини каркаса кузова автобуса А079.23, практично підтвердженої багатьма попередньо проведе-

ними експериментами [9], прикладання в'язей виконувалось у вузлах шасі вантажного автомобіля, що в результаті аналізу пасивної безпеки даної моделі дозволило підтвердити напружено-деформований стан з максимальним значенням у 172 МПа [10].

Одним з варіантів перевірки міцності верхньої частини каркасу кузова є також метод навантаження всієї площини даху рівномірним баластом, еквівалентним 1,5 маси досліджуваної моделі, відповідно до нормативних вимог FMVSS No.216 [11]. Такий розрахунок також проведено для вузлів даху автобуса 4289 типу Low-entry. Такі Імітаційні випробування каркасу даху моделі 4289 типу Low-entry згідно вимог FMVSS No.216 та аналіз пасивної безпеки модифікації А079.23 на основі шасі вантажного автомобіля в умовах Правил №66 СЕК ООН [10] представляє інтерес з точки зору поповнення бібліотеки даних поведінки різних конструкційних матеріалів в умовах статичних/динамічних навантажень

Мета. Оцінка міцності верхньої частини кузовів на основі тестування поглинальної здатності вузлів та з'єднань за методом тестування компонентів + симуляція складових («Component Testing + Numerical Simulation») для великогабаритних автобусів.

Результати досліджень. Одним з перспективних напрямків досліджень пасивної безпеки автобусних кузовів є оцінка міцності верхньої частини кузовів на основі тестування поглинальної здатності вузлів та з'єднань за методом тестування компонентів + симуляція складових («Component Testing + Numerical Simulation»), який набирає усе більшої актуальності з точки зору створення бібліотеки даних, що характеризують поведінку різних матеріалів під час прикладення статичних / динамічних навантажень з фіксацією реальних статичних та динамічних і залишкових деформацій у типових вузлових з'єднаннях каркасів несучих систем автобусів.

Якщо еквівалентним методом оцінки міцності верхньої частини кузова вибрано квазістатичні розрахунки на основі випробувань компонентів, то необхідно знати місце знаходження ПШ і зони пластичної деформації (ЗПД) у силовій структурі. ЗПД вважається особлива геометрично обмежена частина силової структури, де концентруються під впливом динамічних ударних сил пластичні деформації. У них видозмінюється початкова форма поперечного перерізу, довжина чи інші геометричні характеристики і відбувається втрата міцності під впливом згинів. Результатом є поглинання кінетичної енергії за рахунок деформації. ПШ утворюється на стрижнях або у місцях їх з'єднань у зоні пластичної деформації. Конструктивні елементи між ЗПД і ПШ під час розрахунків подаються як жорсткими так і еластичними елементами. Однак, їх величини повинні визначатися з урахуванням їх реальних розмірів у конструкції, тип і напрямок навантаження, що прикладається до ЗПД і ПШ позначаються на схемі силової структури в їх геометрично визначених місцях (рис. 1, а).

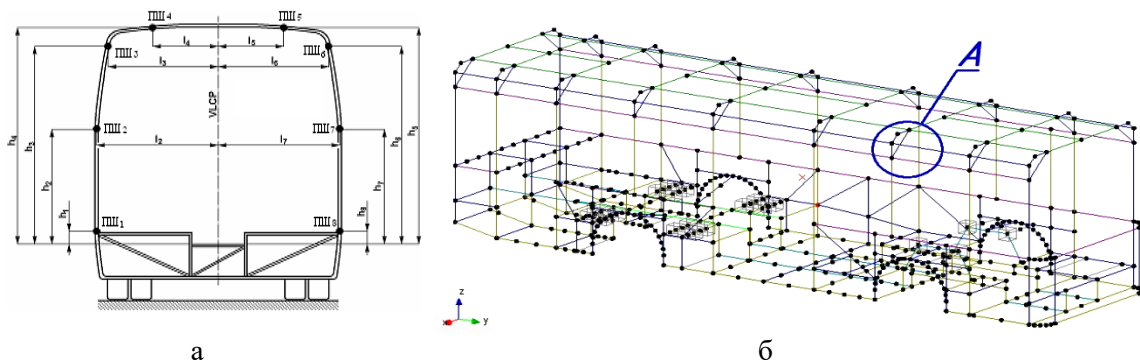


Рис. 1. ПШ та ЗПД на перерізі (а) і 3D-стрижневій моделі (б) силової структури

Для розрахунків використовуються статичні або динамічні характеристики ЗПД і ПШ у вигляді кривих залежності прогину від навантаження. У розрахунках ПШ повинні відповідати реальним розмірам стійок разом з конструктивними елементами з'єднання. Під час математичного моделювання силова структура подається як єдиний елемент несучого навантаження усієї конструкції. Для прикладу розглянемо об'ємний елемент з вісьмома вузлами, що має 24 ступені свободи і може забезпечити апроксимацію дійсного напружено-деформованого стану у межах об'єму скінченного елемента. Для такого типу елемента компоненти переміщень можна подати у формі таких поліномів:

$$\left. \begin{aligned} u &= \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 z + \alpha_5 xy + \alpha_6 xz + \alpha_7 yz + \alpha_8 x^2 \\ v &= \alpha_9 + \alpha_{10} x + \alpha_{11} y + \alpha_{12} z + \alpha_{13} xy + \alpha_{14} xz + \alpha_{15} yz + \alpha_{16} y^2 \\ w &= \alpha_{17} + \alpha_{18} x + \alpha_{19} y + \alpha_{20} z + \alpha_{21} xy + \alpha_{22} xz + \alpha_{23} yz + \alpha_{24} z^2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

або у матричній формі $[U] = [A][\alpha]$ (2)

Загальний вираз для матриці жорсткості має такий вигляд:

$$[K] = \int_V [D]^T [E_\varepsilon] [D] dV. \quad (3)$$

Щоб визначити матрицю $[D]$, яка входить до цього підінтегрального виразу, необхідно спочатку за допомогою залежностей Коші знайти із попередньої залежності значення компонентів деформацій

$$[\varepsilon] = [D_\alpha][\alpha]. \quad (4)$$

Це дасть змогу визначити вектор вузлових переміщень:

$$[q] = [B][\alpha]. \quad (5)$$

Скориставшись цією залежністю, можна привести попередній вираз до вигляду

$$[\varepsilon] = [D][q], \quad (6)$$

де

$$[D] = [D_\alpha][B]^{-1}. \quad (7)$$

Якщо усі грані об'ємного елемента паралельні до координатних площин, то він переходить у паралелепіпед, для якого компоненти переміщення у функції від вузлових переміщень матимуть такий вигляд:

$$\begin{aligned} u &= \frac{x}{a} \frac{y}{b} \frac{z}{c} u_1 - \frac{x}{a} \left(1 - \frac{y}{b}\right) \frac{z}{c} u_2 + \left(1 - \frac{x}{a}\right) \left(1 - \frac{y}{b}\right) \frac{z}{c} u_3 + \\ &+ \left(1 - \frac{x}{a}\right) \frac{y}{b} \frac{z}{c} u_4 + \frac{x}{a} \frac{y}{b} \left(1 - \frac{z}{c}\right) u_5 + \frac{x}{a} \left(1 - \frac{y}{b}\right) \left(1 - \frac{z}{c}\right) u_6 + \\ &+ \left(1 - \frac{x}{a}\right) \left(1 - \frac{y}{b}\right) \left(1 - \frac{z}{c}\right) u_7 + \left(1 - \frac{x}{a}\right) \frac{y}{b} \left(1 - \frac{z}{c}\right) u_8. \end{aligned} \quad (8)$$

Вираз для $v(x, y, z)$ та $w(x, y, z)$ можна записати за аналогією з (1), якщо в останню залежність замість u_i ввести v_i та w_i , що встановлює зв'язок між переміщеннями довільної точки паралелепіпеда $[U]$ та його вузловими переміщеннями $[q]$:

$$[U] = [C][q]. \quad (9)$$

Розгляд залежності (8) підтверджує висновок, що кожний із компонентів переміщень змінюється за лінійним законом вздовж будь-якої прямої, паралельною до однієї із координатних осей. Це приводить до того, що кінематичні граничні умови нерозривності переміщень за переходу через площини перерізу одного елемента в суміжний елемент є збереженими.

Використовуючи залежність (2), можемо визначити компоненти деформацій $[\varepsilon]$, компоненти напружень $[\sigma]$ та матрицю жорсткості $[K]$. Відмітимо, що використання МСЕ матриці $[K]$ для

паралелепіеда, що ґрунтується на апроксимації компонентів переміщення у формі (8), приводить до забезпечення умов суцільності всередині об'єму елемента та кінематичних умов на його поверхні.

Загальна енергія удару E_T , яку має поглинути каркас кузова при випробуваннях на відповідність Правилам №66 ЄЕК ООН визначається з емпіричної рівності [12]:

$$E_T = 0,75Mg\Delta h, \quad (10)$$

де: M - маса транспортного засобу в спорядженому стані, кг; $g = 9,81, \text{ м/с}^2$; Δh - різниця висоти положення центру мас автобуса при перекиданні на бік, м.

При цьому, нормативно визначена залежність енергії E_T в умовах імітаційного аналізу досліджуваної моделі автобуса приймає вигляд:

$$E_T = a_{\text{рез}} M \Delta h, \quad (11)$$

де: $a_{\text{рез}}$ - результуюче прискорення центру мас, отримане в результаті розрахунку на основі закону збереження енергії, м/с^2 .

Активне навантаження повинно діяти у поперечній площині, в якій знаходиться центр ваги силової структури автобуса і яке є перпендикулярним до його поздовжньої вертикальної площини симетрії (VLCP). Активне навантаження прикладається до верхньої обв'язки силової структури через абсолютно жорстку площину прикладення навантаження. спочатку для забезпечення точності прикладення навантаження повинні бути визначені точки дотику до площини прикладення навантаження з силовою структурою, а потім площина прикладення навантаження повинна торкатися тієї частини верхньої обв'язки, яка є найвіддаленішою від поздовжньої вертикальної площини симетрії автобуса аналогічно, як і для модуля кузова [13].

Під час розрахунків напрям активного навантаження не повинен змінюватися, воно має підвищуватися невеликими приростами, і за кожного збільшення навантаження розраховується деформація силової структури. Кількість приростів навантаження повинна перевищувати 100, а їх величина має бути однаковою. У процесі деформації, крім паралельного переміщення, може утворюватися обертання навколо осі перетину площини прикладення навантаження з поперечною площиною, що проходить через центр тяжіння.

Пасивної дії сили від жорсткої фіксації кузова не повинні впливати на наслідки у деформації конструкції. Величина поглиненої енергії (E_a) силовою структурою розраховується за кількістю приростів збільшення навантаження до моменту, за якого залишковий простір вперше стикається з будь-яким із жорстких конструктивних елементів модуля. У ході лабораторних випробувань знімається характеристика ЗПД, яка являє собою нелінійне співвідношення навантаження і деформації. Загальну форму кривої характеристики ПШ, що представляє співвідношення згинного моменту M і кута обертання φ , зображено на рис. 2

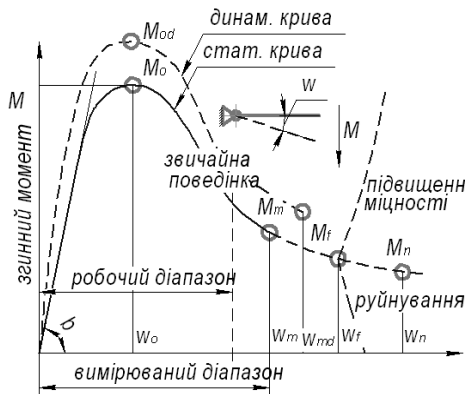


Рис. 2. Статична і динамічна характеристики ПШ

Під час розрахунків використовуються характеристики ПШ кривої M - φ лише у вимірюваному діапазоні. "Вимірюваний діапазон" кривої характеристик ПШ - це діапазон деформації, в якому проводяться вимірювання і він може включати діапазон руйнування та/або стрімкого підвищення міцності. Що стосується "робочого діапазону", то він не повинен перевищувати вимірюваний діапазон і може включати діапазон руйнування, але не діапазон стрімкого підвищення міцності.

Розрізняють два види характеристик ПШ і ЗПД: квазістатичні і динамічні. Останні визначаються такими двома способами: випробуванням компонента під час динамічного навантаження або введенням динамічного коефіцієнта K_d для перетворення квазістатичних характеристик ПШ. Це перетворення передбачає, що значення квазістатичного згинного моменту можуть бути

змінені за допомогою коефіцієнта K_d . Для сталевих елементів конструкції використовують коефіцієнт $K_d = 1,2$ без проведення лабораторного випробування [13].

МСЕ-імітація поведінки при задаванні крайових умов: реакцій, отриманих в результаті оцінки міцності при граничних міцнісних випробуваннях стрижневої моделі (див.рис.1) зображено на рис.3.

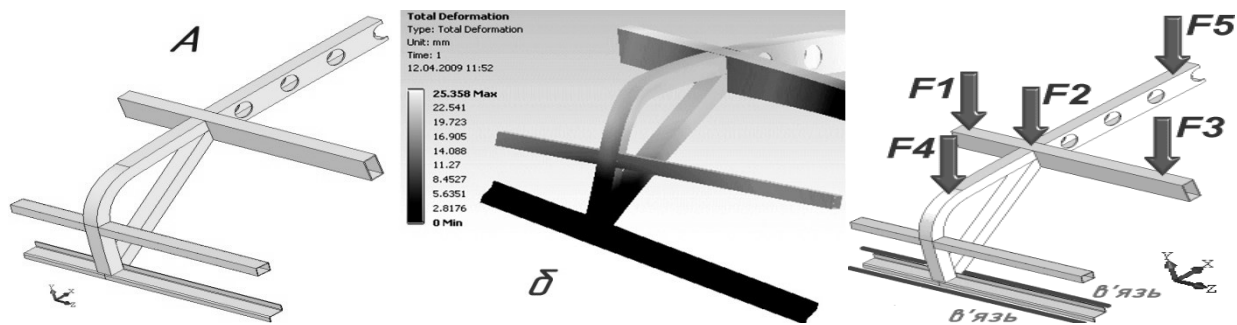


Рис. 3. ПШ (а), карта напружень (б) за даної схеми навантаження (в) досліджуваного вузла даху автобуса

Проведені розрахунки враховуючи нелінійність характеристик, робочий діапазон, масштабність можливих конструктивних деформацій ПШ дозволили виявити зони пластичної деформації. Алгоритм розрахунку передбачав завершення обчислень у випадку, якщо деформація ПШ перевищувала узгоджений робочий діапазон.

Висновок. Під час проведення квазістатичних розрахунків силової структури на основі випробувань вузлів алгоритм розрахунків і комп'ютерна програма повинні враховувати чинники нелінійності характеристик ПШ і припиняти розрахунки у тому випадку, якщо деформація ПШ перевищує узгоджений робочий діапазон ПШ і ЗПД, визначати значення загальної енергії, що поглинається силовою структурою за кожного збільшення навантаження, демонструвати деформовану форму силової структури і положення кожного жорсткого елемента у ній, вказувати, за якого збільшення навантаження відбувається перше проникнення будь-якого з жорстких конструктивних елементів у залишковий простір або настає втрата стійкості силової структури, тобто той момент, коли стан силової структури стає нестійким і деформація продовжується без збільшення навантаження.

1. Belingardi G., Peroni L. Numerical investigation on plastic collapse of thin walled beams subjected to biaxial bending VIII International Conference on Computational Plasticity. – Barcelona, 2005.
2. Peroni L. Plastic collapse of thin walled structures: models and experimental investigations, Ph.D. Thesis. – Politecnico di Torino, Dimec, 2003.
3. Kecman D. “Bending collapse of rectangular steel tubes in relation to the bus rollover problem”, Ph.D. Thesis. – Cranfield Institute of Technology, 1979.
4. Wierzbicki T. and Abramowicz W. On the Crushing Mechanics of Thin-Walled Structures // ASME Journal of Applied Mechanics. – 1983. – Vol. 50. – P. 720–739.
5. Воронков О.В., Песков В.И. Конструкция каркаса крыши автобуса повышенной энергоемкости и жесткости. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2009. – С. 127–128.
6. Brown J.C., G.H. Tidbury, “An investigation of the collapse of thin-walled rectangular beams in biaxial bending”, Int. J. Mech. Sciences, 1983. – P. 733–746.
7. Park S.J., Kim, H.W., Kwon Y.J., Yoo W.S. Comparison of beam model and shell model for rollover simulation of bus with the LS-DYNA program Proceedings of ACM06..
8. Горбай О.З. Міцність та пасивна безпека автобусних кузовів: монографія/ О.З. Горбай, К.Е. Голенко, Л.В. Крайник; Нац. ун-т “Львів. політехніка”. – Л. : Вид-во Львівської політехніки, 2013. – 276 с.
9. К.Е. Голенко, О.З. Горбай, Л.В. Крайник “Комп’ютерне моделювання і аналіз напружено-деформованого стану каркасу кузова автобуса типу Low-entry” у Віснику НУ “Львівська політехніка”. “Динаміка, міцність та проектування машин і приладів.” 2008 р. № 614, с. 63 – 68.
10. Горбай О.З. Дослідження напружено-деформованого стану типових вузлових з’єднань каркасів кузовів автобусів в умовах оцінки пасивної безпеки / О.З. Горбай, К.Е. Голенко, М.С. Козак // Вісті Автомобільно-дорожного інституту: наук.-вироб. зб. – Горлівка : АДІ ДонНТУ, 2009. – № 1(8). – С. 100 – 104.
11. Горбай О. З. Оцінювання міцності кузовів мікроавтобусів за умов пасивної безпеки / О.З. Горбай, К.Е. Голенко, М.С. Козак // Динаміка, міцність та проектування машин і приладів: вісник Нац. ун-ту “Львів. політехніка”. – Л. : Вид-во Нац. ун-ту “Львів. політехніка”, 2010. – Вип. 678. – С. 37 – 44.
12. 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.
13. Regulation Impact Statement ADR 59/00 Standards for Omnibus Rollover Strength. - Austrian Government, 2007. - 35 p.

REFERENCES

1. Belingardi, G. & Peroni, L. (2005). Numerical investigation on plastic collapse of thin walled beams subjected to biaxial bending. *VIII International Conference on Computational Plasticity*. Barcelona.
2. Peroni, L. (2003). *Plastic collapse of thin walled structures: models and experimental investigations*, Ph.D. Thesis. Politecnico di Torino, Dimec.
3. Kecman, D. (1979). *Bending collapse of rectangular steel tubes in relation to the bus rollover problem*, Ph.D. Thesis. Cranfield Institute of Technology.
4. Wierzbicki, T. & Abramowicz, W. (1983). On the Crushing Mechanics of Thin-Walled Structures. *ASME Journal of Applied Mechanics*. Vol. 50, pp. 720–739.
5. Voronov, O. & Peskov, V. (2009). The design of bus roof frame with increased stiffness and rigidity. Novgorod, pp. 127–128.
6. Brown, J.C., & Tidbury, G.H. (1983). An investigation of the collapse of thin-walled rectangular beams in biaxial bending, *Int. J. Mech. Sciences*, pp. 733–746.
7. Park, S.J., Kim, H.W., Kwon Y.J. & Yoo W.S. (2006). Comparison of beam model and shell model for rollover simulation of bus with the LS-DYNA program. *Proceedings of ACMD06*.
9. Horbay, O., Golenko, K. & Krainyk, L. (2013). *Strength and passive safety of bus body frame*. 276 p.
10. Holenko, K., Horbay, O. & Krainyk, L. (2008). Computer simulation and analysis of stress-strain state of body frame the Low-entry bus. *Dynamics, Durability and Design of Machines and Devices*, no. 614, pp. 63-68.
11. Horbay, O., Holenko, K. & Kozak, M. (2009). Investigation of stress-strain state of standard node connections of bus body frames in terms of passive safety assessment. *Proceedings of Automobile and Road Institute, Gorlovka*, No. 1(8), pp. 100-104.
12. Horbay, O., Holenko, K. & Kozak, M. (2010). Assessment of vans bodies strength under passive safety conditions. *Dynamics, Strength and Design of Machines and Devices*, no. 678, pp. 37-44.
13. UN/ ECE R 66-00:2002. *Uniform technical prescriptions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to the strength of their superstructure*. 61 p.
14. Regulation Impact Statement ADR 59/00 *Standards for Omnibus Rollover Strength*. Austrian Government, 2007. -35 p.

Горбай О.З. Оценка прочности узловых соединений каркаса кузова автобуса.

Дана оценка прочности верхней части кузова автобуса тестированием поглощающей способности узлов и соединений методом «компонентов + симуляция составляющих» во время приложения статических / динамических нагрузок с фиксацией реальных статических, динамических и остаточных деформаций в типичных узловых соединениях каркасов несущих систем автобусов. На основании испытаний компонентов при приложении нагрузок определено местонахождение пластических шарниров и зоны пластической деформации в силовой структуре каркаса автобуса.

Ключевые слова: пассажирский автобус, каркас кузова, статическая прочность, МКЭ. квазистатические нагрузки, Правила ЕЭК ООН № 66, FMVSS No.216.

Orest Horbay. Assessment the strength of hinges of bus body frame.

Estimated the strength of bus body superstructure in case of absorbed energy by application the «Component Testing + Numerical Simulation» test. Determined actual static, dynamic, and retention strain in typical hinges and bearing joints of the frame of buses. Defined location of plastic hinges and zones of plastic deformation in the superstructure of the frame of the bus by quasi-static loading test.

Keywords: passenger bus, body frame, static strength, FEA. quasi-static load, UNECE Regulation 66, FMVSS No.216.

АВТОР:

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

АВТОР:

ГОРБАЙ Орест Зенонович, доктор технических наук, доцент кафедры «Автомобилестроение», Национальный университет «Львівська політехніка», e-mail: orest_60@yahoo.ca

AUTHOR:

Orest HORBAY, Doctor of Science in Engineering, Assistant Professor of Automotive Department, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: orest_60@yahoo.ca

Стаття надійшла в редакцію 14.03.2016р.

Давідіч Н.В.

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова***ОЦІНКА ЯКОСТІ В ПРОЕКТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

Встановлено, що оцінити якість перевезення на маршрутах міського транспорту можливо з урахуванням суб'єктивної оцінки пасажирами умов обслуговування. Визначено значущість для пасажирів критеріїв якості роботи міського пасажирського транспорту. Запропоновано комплексний показник якості міського пасажирського транспорту. Показано, що за ступенем впливу на якість перевезення пасажирів складові часу пересування розподіляються наступним чином: час очікування на зупинному пункті, час пішохідної складової пересування, час поїздки, динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу.

Ключові слова: пасажир, перевезення, якість, значущість, маршрут, підхід, очікування, поїздка, зупинка.

Постановка проблеми. Існуючий рівень пасажирських перевезень не відповідає сучасним вимогам, що ставляться до якості перевезення пасажирів [1]. При цьому часто не забезпечується передбачений нормами час поїздок, що пояснюється низькими швидкостями сполучення основних видів міського пасажирського транспорту, необхідністю виконувати пересадки з причини недосконалої маршрутною мережі та втратами часу на підходи до зупинних пунктів.

Якість послуг пасажирського транспорту дослідники характеризують як сукупність властивостей процесу перевезення, які обумовлюють задоволення потреб пасажирів в поїздках відповідно до встановлених вимог. Перевезення пасажирів міським пасажирським транспортом повинно здійснюватися з найбільш зручностями, безпечно і з можливо меншою витратою часу на поїздку [2]. Основними характеристиками пересувань є довжина, швидкість сполучення й витрати часу [3]. Складові витрат часу на пересування розглядаються як узагальнена характеристика, що характеризує зручність пересувань. У загальному випадку це час на пішохідний рух, очікування транспорту, рух у транспорті. Загальні витрати часу жителів на пересування є одним з найбільш суттєвих критеріїв оцінки якості транспортного обслуговування [3]. Також дослідники додатково характеризують якість роботи міського пасажирського транспорту коефіцієнтом випуску транспортних засобів на лінію, коефіцієнтом наповнення, коефіцієнтом використання часу в наряді, швидкістю сполучення, інтенсивністю руху, інтервалом руху, коефіцієнтом регулярності, показником ефективності обслуговування, коефіцієнтом ефективності витрат, узагальненим показником якості роботи [3, 4]. Також науковці враховують тяжкість дорожньо-транспортних пригод [5].

При організації транспортного процесу науковцями вже проводилися дослідження з метою виявлення факторів, що впливають на якість пасажирських перевезень, і на визначення коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості пасажирських автотранспортних послуг. Було визначено, що оцінити якість надаваних пасажирських автотранспортних послуг доцільно через визначення комплексних показників якості. Їх оцінювання здійснюється через оцінку одиничних показників [4, 6]. Це вимагає чіткого розуміння поведінки пасажирів, його споживчих потреб та очікувань [7, 8]. Однак, існуючі методи оцінки якості в проектах міського пасажирського транспорту не повністю враховують суб'єктивну оцінку пасажирами умов обслуговування [9].

У зв'язку з цим **метою роботи** є формування комплексного показника якості міського пасажирського транспорту з урахуванням суб'єктивної оцінки пасажирами умов обслуговування та аналіз впливу складових часу пересування на значення цього показника.

Результати досліджень. Для визначення суб'єктивної оцінки пасажирами критеріїв якості транспортного обслуговування було проведено натурне обстеження, протягом якого проводилось опитування пасажирів щодо значущості параметрів перевезення з позицій якості. Було виявлено, що для пасажирів в першу чергу важливий час поїздки. Другим по значущості чинником є час очікування транспортного засобу. Третім – безпека руху. Менш значущими виявилися наступні фактори: кількість пересадок, час підходу і відходу від зупинки, наповнення салону транспортного засобу, культура обслуговування, якість дорожнього покриття, зовнішній вигляд і чистота салону, інформаційне забезпечення поїздки, обладнання зупиночних пунктів, конструктивні особливості транспортного засобу, система збору оплати за проїзд. Ці фактори було згруповано в показники, які можливо використовувати при плануванні якості проектів міського пасажирського транспорту: час

пішохідної складової транспортних пересувань, який включає час підходу та відходу від зупинки; час очікування транспортного засобу; час поїздки; динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу. Коефіцієнти вагомості одиничних показників визначено на підставі величини їх рангів за результатами обстеження. В наслідок цього, комплексний показник якості міського пасажирського транспорту може мати наступний вид:

$$K_{\text{я}}^{\text{маршрут}} = \left(\frac{t_{\text{ни}_{\text{min}}}}{t_{\text{ни}_{\text{ф}}}} \right)^{0,137} \cdot \left(\frac{t_{\text{оч}_{\text{min}}}}{t_{\text{оч}_{\text{ф}}}} \right)^{0,262} \cdot \left(\frac{t_{\text{н}_{\text{min}}}}{t_{\text{н}_{\text{ф}}}} \right)^{0,465} \cdot \left(\frac{\gamma_{\text{д}_{\text{min}}}}{\gamma_{\text{д}_{\text{ф}}}} \right)^{0,136}, \quad (1)$$

де 0,137; 0,262; 0,465; 0,136 – коефіцієнти вагомості одиничних показників при виконанні маршрутної поїздки; $t_{\text{н}_{\text{min}}}$ – мінімально можливий час поїздки, хв.; $t_{\text{н}_{\text{ф}}}$ – фактичний час поїздки, хв.; $\gamma_{\text{д}_{\text{min}}}$ – динамічний коефіцієнт використання місткості при заповненні місць для сидіння; $\gamma_{\text{д}_{\text{ф}}}$ – фактичний динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу; $t_{\text{ни}_{\text{min}}}$ – мінімальний час пішохідної складової транспортного пересування, хв.; $t_{\text{ни}_{\text{ф}}}$ – фактичний час пішохідної складової транспортного пересування, хв.; $t_{\text{оч}_{\text{min}}}$ – мінімальний час очікування, хв.; $t_{\text{оч}_{\text{ф}}}$ – фактичний час очікування, хв.

Для аналізу моделі було розроблено графіки зміни показника якості при виконанні маршрутної поїздки для різних значень часу поїздки, ступеню використання місткості, часу пішохідних складових пересувань та часу очікування. При побудові графіків для найкращих умов поїздки всі значення показників дорівнювали найменшим величинам, крім одного фактора, значення якого варіювалося. Для середніх умов всі, крім значення, яке змінюється, відповідали середнім значенням, та для найгірших умов – найбільшим значенням (рис. 1-4).

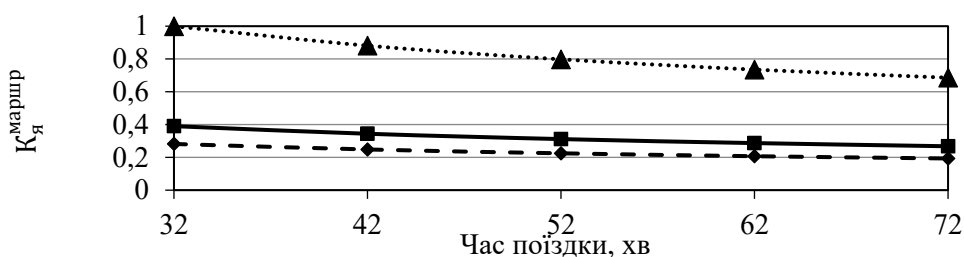


Рис. 1. Зміна комплексного показника якості міського пасажирського транспорту при виконанні маршрутної поїздки в залежності від часу поїздки:

••▲•• при найкращих умовах, —■— при середніх умовах, —◆— при найгірших умовах

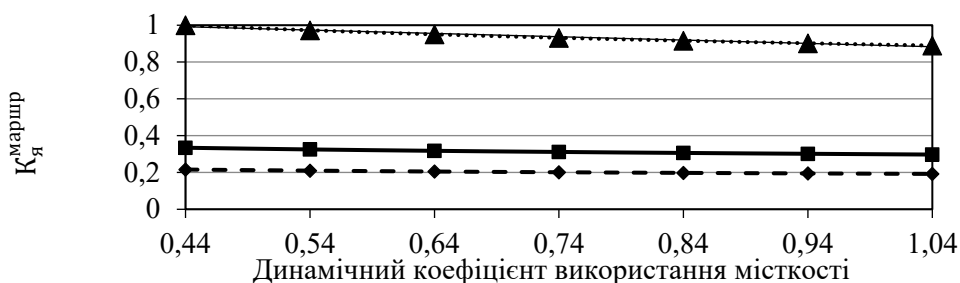


Рис. 2. Зміна комплексного показника якості міського пасажирського транспорту при виконанні маршрутної поїздки в залежності від динамічного коефіцієнта використання місткості:

••▲•• при найкращих умовах, —■— при середніх умовах, —◆— при найгірших умовах

Аналіз отриманих даних показує, що при найкращих умовах поїздки збільшення часу поїздки з 32 хв. до 72 хв. призводить до зміни показника якості з 1 до 0,71. Аналогічна зміна показника якості спостерігається при середніх та найгірших значеннях параметрів поїздки.

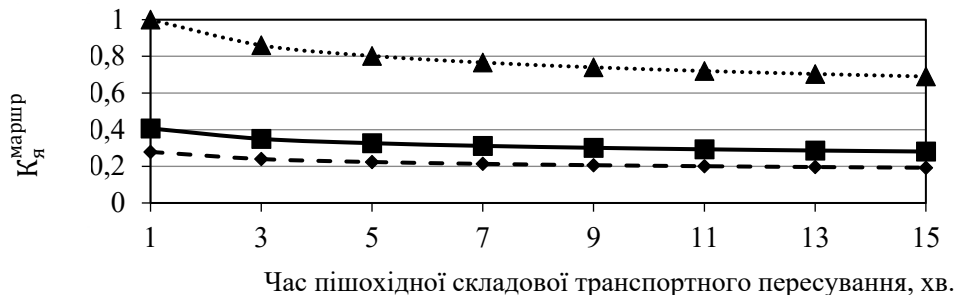


Рис. 3. Зміна комплексного показника якості міського пасажирського транспорту при виконанні маршрутної поїздки в залежності від часу пішохідної складової транспортного пересування:
 ••▲•• - при найкращих умовах, —■— - при середніх умовах, —◆— - при найгірших умовах

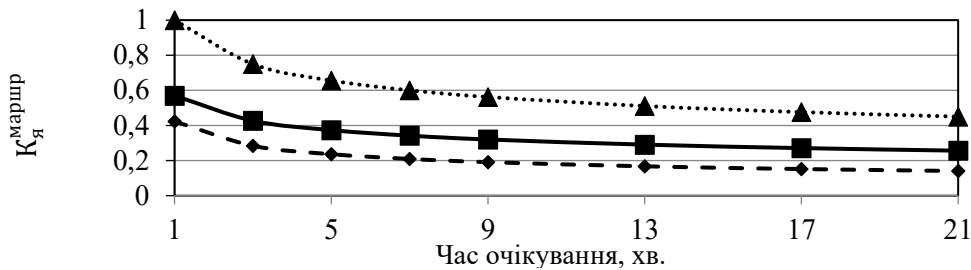


Рис. 4. Зміна комплексного показника якості міського пасажирського транспорту при виконанні маршрутної поїздки в залежності від часу очікування:
 ••▲•• - при найкращих умовах, —■— - при середніх умовах, —◆— - при найгірших умовах

У середньому при зміні часу поїздки в реальних діапазонах якість змінюється на 30 відсотків. Така суттєва зміна коефіцієнта якості пояснюється великою значущістю часу поїздки для пасажирів.

При найкращих умовах поїздки збільшення динамічного коефіцієнта використання місткості з 0,44 до 1,04 призводить до спаду показника якості від 1 до 0,89. При середніх умовах показник якості змінюється від 0,33 до 0,29. При найгірших умовах показник якості змінюється з 0,21 до 0,19. В середньому зміна динамічного коефіцієнта використання місткості призводить до зміни показника якості на 10 відсотків. Незначне зменшення якості визначається невеликим ступенем значущості динамічного коефіцієнта використання місткості для пасажирів.

Зміна часу пішохідної складової транспортних пересувань при найкращих умовах поїздки призводить зміни показника якості з 1 до 0,72. При середніх умовах показник якості змінюється від 0,41 до 0,3, а при найгірших від 0,28 до 0,2. У середньому показник якості зменшується на 30 відсотків. Таким чином спостерігається досить суттєва зміна показника коефіцієнта якості.

Зміна часу очікування при найкращих умовах поїздки призводить до зміни показника якості від 1 до 0,5. При середніх умовах показник якості змінюється від 0,56 до 0,28. Найгірші умови поїздки визначають зміну показника якості 0,4 до 0,2. В цілому, зміна часу очікування призводить до зміни якості на 50 відсотків. Це найбільш суттєвий вплив на зміну комплексного показника якості.

Висновки. Сформований комплексний показник якості міського пасажирського транспорту базується на суб'єктивній оцінці пасажирів та включає в себе визначення одиничних показників якості: пішохідної складової пересувань, часу очікування, часу поїздки, динамічного коефіцієнта використання місткості при виконанні маршрутної поїздки.

1. Рудзінський В. В. Дослідження стану пасажироперевезень в місті Житомирі, аналіз проблеми / В.В.Рудзінський, С.В. Мельничук, О.І. Рафальський, В.П. Шумляківський //Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2014. – №. 2. – С. 117-122.

2. Куш Є. І. Параметри автотранспортних технологічних процесів при перевезенні пасажирів / Є. І. Куш, Ю. О. Давідіч, М. В. Калюжний. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 275 с.
3. Доля, В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків: Форт, 2011. – 504 с.
4. Gabriella Mazzulla. A Service Quality experimental measure for public transport / Laura Eboli, Gabriella Mazzulla. – European Transport / Trasporti Europein, 2006. – №34. – P. 42–53.
5. Marcucci E. Local public transport, service quality and tendering contracts in Venezia / E. Marcucci, E. Valeri, A. Stathopoulos, V. Gatta // Urban Sustainable Mobilita. – Milano, 2011. – P. 1–14.
6. Стригунова М. Н. Причинно - следственный анализ факторов, влияющих на качество пассажирских автотранспортных услуг / М. Н. Стригунова, М. А. Никитюк // Збірник наукових праць «Якість технологій та освіти». – 2011. – № 2. – С. 14–18.
7. Давідіч Н. В. Розвиток технології планування управління якістю в проектах міського пасажирського транспорту / Н. В. Давідіч, І. В. Чумаченко // Компетентнісне управління проектами розвитку в умовах нестабільного оточення: тези доповідей XII Міжнародної конференції “Управління проектами у розвитку суспільства”. – К: КНУБА. 2015. – С. 94–96.
8. Понкратов Д. П. Вибір пасажирами шляху пересування у містах / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 164 с.
9. Margareta Friman. Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: The Quality Paradox / Margareta Friman, Markus Felleson / Karlstad University, Sweden. Journal of Public Transportation, 2009. – Vol. 12, No. 4. – P. 57–69.

REFERENCES

1. Rudzinsky, V., Melnychuk, S., Rafalski, O. & Shumlyakivsky, V. (2014). Research of passenger traffic in the city of Zhytomyr, problem analysis. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*. No. 2, pp. 117-122.
2. Kush, E., Davidich, Y. & Kalyuzhny, M. (2015). *Settings motor processes during transportation of passengers*. Kharkiv, O.M. Beketov HNUMH Publ., 275 p.
3. Dolya, V. (2011). *Passenger transportation*. Kharkiv, Fort Publ. 504 p.
4. Gabriella Mazzulla, Laura Eboli. (2006). A Service Quality experimental measure for public transport / *European Transport / Trasporti Europein*, No.3, pp 42-53.
5. Marcucci, E., Valeri, E., Stathopoulos, A. & Gatta, V. (2011). Local public transport, service quality and tendering contracts in Venezia. *Urban Sustainable Mobilita*. Milano. pp. 1–14.
6. Strigunova, M. & Nikitiuk, M. (2011). Cause - effect analysis of the factors affecting the quality of passenger transportation services. *Yakist tekhnolohii ta osvity*, No. 2, pp. 14–18.
7. Davidich, N. & Chumachenko, I. (2015). Technology development planning of quality management in projects of public passenger transport. *Project management competency development in an uncertain environment: Abstracts XII International Conference "Project Management in the development of society"*. Kiev, KNUCA, pp. 94-96.
8. Ponkratov, D. & Faletka, G. (2015). *Selecting the movement of passengers in cities*. Kharkiv: O.M. Beketov HNUMH Publ., 164 p.
9. Margareta Friman, Markus Felleson. (2015). Service Supply and Customer Satisfaction in Public Transportation: The Quality Paradox. *Journal of Public Transportation*. Vol. 12, No. 4. Karlstad University, Sweden, pp. 57–69.

Давидіч Н.В. Оценка качества в проектах городского пассажирского транспорта.

Установлено, что оценить качество перевозки на маршрутах городского транспорта возможно на основе субъективной оценки пассажирами условий обслуживания. Определена значимость для пассажиров критериев качества работы городского пассажирского транспорта. Предложен комплексный показатель качества городского пассажирского транспорта. Показано, по степени влияния на качество перевозки пассажиров составляющие времени передвижения распределяются следующим образом: время ожидания на остановочном пункте, время пешеходной составляющей передвижения, время поездки, динамический коэффициент использования вместимости транспортного средства.

Ключевые слова: пассажир, перевозки, качество, значимость, маршрут, подход, ожидания, поездка, остановка.

N. Davidich. Quality assessment in projects of public passenger transport.

The main purpose of the study is to develop a comprehensive indicator of the quality of public passenger transport on the basis of subjective evaluation passenger service conditions and analysis of influence of parameters of movement on this indicator. In the article it is discussed the method of assessing the quality of transport service for passengers using integrated Quality Score. On the base of the surveys' result sit was made ranking the transport process' parameters as indicators of quality travel route. It was found that for passengers it is especially important the time which the traveling takes. Another important factor is the waiting time of the vehicle. The third was safety. Less significant were the following factors: the number of changing transport, the time of approach and departure from the bus stop, the number of passengers in the vehicle, the level of service, quality of road surface, appearance and cleanliness of interior, information travel, equipment of stops, the design features of the vehicle, the system of fare. To assess the quality of passenger public passenger transport it has been used parameters that can be used in planning projects as urban passenger transport, a transport component pedestrian movement, including the approach and departure from the station; the waiting time of the vehicle; the trip; dynamic utilization of the vehicle's capacity. These parameters are used to develop individual quality indicators, which are related minimum and actual values of

these parameters. The factors of individual quality's importance were determined based on the values of ranks of parameters which were made from the processing of passenger surveys. It made possible to formalize a comprehensive index of quality of public passenger transport, which is a multiplication of individual quality indicators relevant factor in the degree of importance. Analysis of the proposed comprehensive measure of quality when assessing the impact of routing options trips to the value of quality showed that changing the time of travelling and vehicle component pedestrian movement relative to the minimum quality ranges in real changes to 30 percent. At the same changes the dynamic capacity utilization of quality changes by 10 percent. A similar change timeout leads to change as 50 percent. This makes it possible to assess the different options for projects of public passenger transport in the interests of transport companies and passengers.

Keywords: passenger, transportation, quality, relevance, route, approach, expectations, trip stop.

АВТОР:

ДАВІДІЧ Наталія Василівна, аспірант, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, e-mail: pmkaf@kname.edu.ua.

АВТОР:

ДАВИДИЧ Наталья Васильевна, аспірант, Харьковський національний університет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, e-mail: pmkaf@kname.edu.ua.

AUTHOR:

Natalia DAVIDICH, post-graduate student, O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, e-mail: pmkaf@kname.edu.ua.

Стаття надійшла в редакцію 08.02.2016

Дембіцький¹ В.М., Сітовський² О.П.

¹ДП "Науково-дослідний та технологічно-конструкторський інститут міського господарства"

²Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ НА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ

Розглянуто сучасні тенденції розвитку систем автоматичного гальмування. Запропоновано загальну схему роботи системи автоматичного гальмування транспортного засобу з електричним приводом, яка ґрунтується на системі ACS. Наведено математичну модель роботи системи рекуперативного автоматичного гальмування.

Ключові слова: автоматичне гальмування, рекуперация енергії, система, електричний привід, перешкода, сповільнення.

Вступ. Сучасний досить стрімкий розвиток транспортних засобів з електричним приводом, який зумовлений економічними та екологічними аспектами призводить до необхідності проведення робіт щодо вдосконалення та поліпшення експлуатаційних властивостей та характеристик систем гібридних та/або електричних автомобілів. Одним з важливих елементів колісного транспортного засобу з електричним приводом є система рекуперативного гальмування.

Актуальність досліджень. Системи рекуперативного гальмування (ARBS) досить широко застосовуються на сучасних транспортних засобах, однак дуже часто не в повній мірі використовуються можливості такої системи, оскільки в даному випадку досить велике значення має стиль їзди, тобто суттєвим є людський чинник [1]. Водночас все ширшого розвитку набувають системи автоматичного гальмування. Їх основна задача забезпечення безпеки руху. Система автоматичного гальмування (**Active City Stop, ACS**) постійно відслідковує дорожню обстановку та приймає рішення щодо здійснення гальмування, у випадку якщо відсутня реакція водія на небезпеку або інтенсивність гальмування є недостатньою [2]. Окрім вищезазначеної системи ACS варто відмітити ряд інших допоміжних систем, в які можна інтегрувати систему ARBS, з метою покращення її ефективності:

ESP (Electronic Stability Program) – електронна система прискорення реакцій гальмівної системи;

HDC (Hill Descent Control) – система контролю руху автомобіля на затяжних спусках;

SBC (Sensotronic Brake Control) – електронна система, яка забезпечує взаємодію між педаллю гальм та гальмівними механізмами.

Таким чином, можна відмітити, постійне вдосконалення гальмівної системи автомобіля, спрямоване на підвищення безпеки руху та мінімізацію людських факторів.

Система ARBS також покликана підвищити безпеку руху, окрім того вона дозволяє акумулювати у накопичувачі рекуперовану енергію, тим самим підвищуючи енергоефективність транспортного засобу.

Постановка мети досліджень. За результатами проведених досліджень [3 – 6] встановлено, що стиль керування транспортним засобом має досить суттєвий вплив як на витрату палива класичного автомобіля так і на роботу системи рекуперативного гальмування транспортного засобу з електричним приводом. Таким чином, метою досліджень є визначення можливості підвищення ефективності процесу рекуперативного гальмування, застосуванням систем автоматичних систем сповільнення транспортного засобу.

Провівши аналіз будови та принципу дії вищенаведених систем можна зробити висновок, що найбільш доцільно створювати систему рекуперативного автоматичного гальмування на основі системи ACS. Окрім того комітет Euro NCAP опублікував звіт щодо розповсюдження систем автоматичного гальмування на усіх сучасних транспортних засобах [7].

Результати досліджень. В загальному схема роботи системи автоматичного рекуперативного гальмування наведена на рис. 1.

Під час руху транспортного засобу система управління відстежує дорожню ситуацію. У випадку виникнення перешкоди здійснюється її ідентифікація. Якщо перешкоду неможливо однозначно ідентифікувати подається світловий та звуковий сигнал водію. Якщо перешкода ідентифікована, проводиться оцінка параметрів та розраховується необхідна інтенсивність

гальмування. При цьому, якщо гальмівна педаль не задіяна, система розпочинає автоматичне гальмування електричним складником гальмівної системи, одночасно подаючи сигнал водію. Розрахунок необхідної інтенсивності гальмування здійснюється постійно, і залежно від отриманих даних здійснюється коректування ефективності гальмування, з тим, щоб забезпечити максимальне акумулювання рекуперованої енергії. Окрім того, враховуючи аспекти безпеки, першочерговим завданням системи автоматичного рекуперативного гальмування є зупинка транспортного засобу, уникнення зіткнення, тому, механічний складник приводиться в дію у випадку, якщо неможливо лише електричним складником сповільнити або зупинити транспортний засіб.

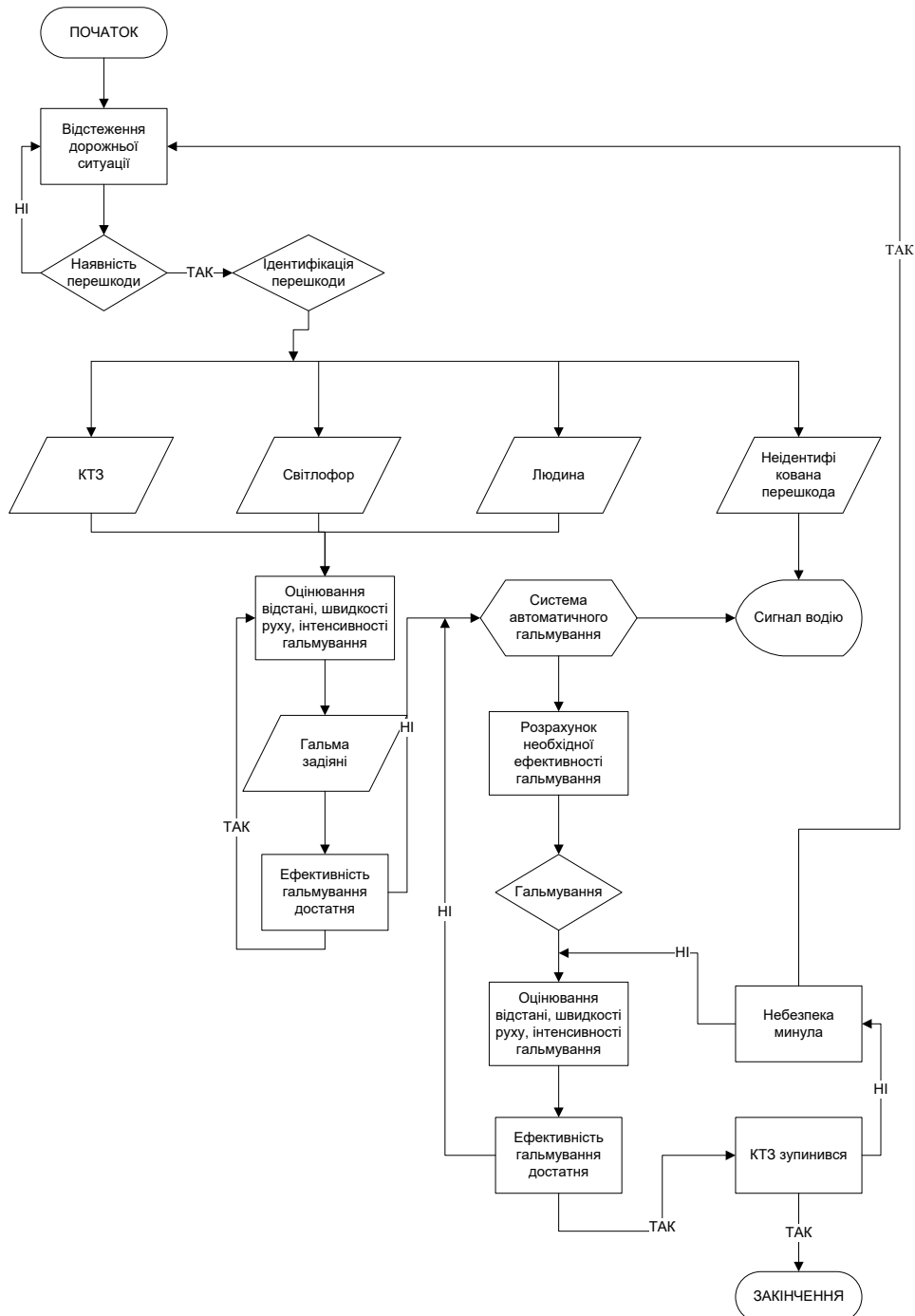


Рисунок 1. Загальна схема роботи системи рекуперативного автоматичного гальмування транспортного засобу з електричним приводом

На основі вищевикладеного можна описати примірний склад системи автоматичного рекуперативного гальмування:

- підсистема стеження;

- підсистема обробки вхідних даних;
- підсистема обробки інформації та прийняття рішень;
- виконавчі механізми.

Оскільки передбачається, що система автоматичного рекуперативного гальмування повинна приймати рішення щодо подальших дій, тоді вона матиме назву інтелектуальна система автоматичного рекуперативного гальмування. Окрім того система повинна автоматично здійснювати ідентифікацію перешкод. Найбільш значимими перешкодами є світлофор, інший транспортний засіб, людина. Якщо система не може однозначно ідентифікувати перешкоду, повинен бути передбачений відповідний алгоритм дій.

Зважаючи на те, що система втручається в керування транспортним засобом, водію повинен подаватися відповідний сигнал.

На основі вищенаведених тверджень можна описати суть роботи системи автоматичного рекуперативного гальмування. Під час руху транспортного засобу підсистема стеження відслідковує дорожню обстановку та передає відповідні сигнали на підсистему обробки вхідних даних. Вхідні дані обробляються, якщо перешкода відсутня – транспортний засіб рухається в заданому режимі, якщо підсистема виявила перешкоду, здійснюється її ідентифікація. В першому наближенні можна ідентифікувати наступні об'єкти: транспортний засіб, світлофор, людину. У випадку неможливості однозначно ідентифікувати перешкоду, підсистема подає сигнал “ПЕРЕШКОДА НЕ ІДЕНТИФІКОВАНА”, і подається сигнал водію.

За наведеною блок-схемою можна математично описати процес автоматичного рекуперативного гальмування. Для оцінювання дорожньої ситуації ARBS повинна контролювати зміну дистанції між автомобілем та перешкодою ΔS , контролювати сповільнення, з яким здійснюється гальмування j_{ARBS} , врахувати необхідне значення сповільнення, для уникнення зіткнення j_S . Оскільки в даній роботі розглядається транспортний засіб з електричним приводом, то його сповільнення буде становити:

$$j_{ARBS} = f(V_{ARBS}, n_{ed}, I_{ed}), \quad (1)$$

де V_{ARBS} – швидкість автомобіля, на якому встановлена система автоматичного рекуперативного гальмування, м/с;

I_{ed} – струм електричного двигуна, А;

n_{ed} – оберти електричного двигуна, хв.⁻¹.

Значення необхідного сповільнення можна визначити за залежністю:

$$j_S = \frac{2(V_{ARBS} - V_1)^2}{S_0}, \quad (2)$$

де S_0 – відстань між транспортним засобом та перешкодою, м;

V_1 – швидкість транспортного засобу, який рухається попереду, м/с.

Зміна дистанції між автомобілем та перешкодою, за умови, що перешкода рухома:

$$\Delta S = S_0 + t \cdot (V_1 - V_{ARBS}) + \frac{j_{ARBS} \cdot t^2}{2}, \quad (3)$$

де t – час від початку спрацювання системи ARBS, с.

Звівши рівняння 1 – 3 в систему можна отримати в певному наближенні математичну модель системи автоматичного рекуперативного гальмування:

$$\begin{cases} \Delta S = S_0 + t \cdot (V_1 - V_{ARBS}) + \frac{j_{ARBS} \cdot t^2}{2} \\ j_S = \frac{2(V_{ARBS} - V_1)^2}{S_0} \\ j_{ARBS} = f(V_{ARBS}, n_{ed}, I_{ed}) \\ j_{ARBS} \geq j_S \end{cases} \quad (4)$$

Висновки: На основі аналізу сучасних систем автоматичного гальмування визначено найбільш раціональну схему, яка може бути основою для створення системи рекуперативного автоматичного гальмування. Розроблено загальну схему роботи системи автоматичного рекуперативного гальмування та запропоновано наближену математичну модель для опису роботи системи ARBS.

1. Сітовський О. П. Вплив стилю водіння на рекуперацію енергії / О.П. Сітовський, В. М. Дембіцький // LXXI Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. – Київ, 2015. – С. 57.
2. Системи автоматичного гальмування [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу: <http://autopark.pp.ua/369-sistemi-avtomatichnogo-galmutvannya.html>. Дата звернення: 08.02.2016 р.
3. Осипов М. А., Майборода О. В. О совершенствовании характеристик путевого расхода топлива / М.А. Осипов, О.В. Майборода // Молодой ученый. – №4. Т.3. – Казань, 2011. – С. 110-112.
4. Ефремов Б.Д., Оверин Ю.В. Метод инструментальной оценки квалификации водителей автомобилей / Б.Д. Ефремов, Ю.В. Оверин // Техничко-технологические проблемы автосервиса. – Вып. 3 (21). – СПбГЭУ, 2012. – С. 53 – 55.
5. Дембіцький В. М. Дослідження приводу гальмівної системи транспортного засобу з гібридною силовою установкою та рекуперацією енергії / В.М. Дембіцький // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2013. – Вип. 29 (1002). – С. 28–33.
6. Дембіцький В. М. Математична модель процесу електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортного засобу, обладнаного електроприводом / В. М. Дембіцький, О. П. Сітовський та ін. // Наукові нотатки. – Вип. 45. – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – С. 159–167.
7. Система автоматического экстренного торможения (АЕВ) станет обязательной [Електронний ресурс] – 14.02.2012. – Режим доступа: <http://www.cardefence.ru/sobytiya/sistema-avtomaticheskogo-jekstrennogo-tormozhenija-aeb-stanet-objazatelnoj>. Дата обращения: 08.02.2016 р.

REFERENCES

1. Sitovskiy, O. & Dembitskiy, V. (2015). Vpliv stilju vodinnja na rekuperaciju energii. *LXXI Naukova konferencija profesors'ko-vikladac'kogo skladu, aspirantiv, studentiv ta spivrobotnikiv vidokremlenih strukturnih pidrozdiliv universitetu*,. Kiyv,. p. 57.
2. Automatic braking systems. Available at: <http://autopark.pp.ua/369-sistemi-avtomatichnogo-galmutvannya.html>. (accessed 08.02.2016).
3. Osipov, M. & Majboroda, O. (2011). O sovershenstvovanii harakteristik putevogo rashoda topliva. *Molodoj uchenyj*. No. 4. Vol.3. Kazan, pp. 110-112.
4. Efremov, B. & Overin, Ju. (2012). Metod instrumental'noj ocenki kvalifikacii voditelej avtomobilej. *Tehniko-tehnologicheskie problemy avtoservisa*. No. 3 (21), SPbGEU Publ., pp. 53 – 55.
5. Dembitskiy, V. (2013). Doslidzhennja privodu gal'mivnoї sistemi transportnogo zasobu z gibridnoju silovuju ustanovkoju ta rekuperacieju energii. *Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu “HPI”. Avtomobile- ta traktorobuduvannja*, Kharkiv, No. 29 (1002), pp. 28–33.
6. Dembitskiy, V., Sitovskiy, O. et al. (2014). Matematychna model protsesu elektrodinamichnoho halmutvannja z rekuperatsiieiu enerhii transportnoho zasobu, obladnanoho elektropryvodom. *Naukovi notatki*. No. 45, Lutsk, pp. 159–167.
7. Sistema avtomaticheskogo ekstretnogo tormozhenija (AEB) stanet objazatel'noj. Available at: <http://www.cardefence.ru/sobytiya/sistema-avtomaticheskogo-jekstrennogo-tormozhenija-aeb-stanet-objazatelnoj>. (accessed: 08.02.2016).

Дембицкий В.Н., Ситовский О.Ф. Применение систем автоматического торможения на транспортных средствах с электрическим приводом.

Рассмотрены современные тенденции развития систем автоматического торможения. Предложена общая схема работы системы автоматического торможения транспортного средства с электрическим приводом, которая основывается на системе ACS. Приведена математическая модель работы системы рекуперативного автоматического торможения.

Ключевые слова: автоматическое торможение, рекуперация энергии, система, электрический привод, препятствие, замедление.

V. Dembitskyi O. Sitovskyi. The use of automatic braking in vehicles with electric drive

Considered current trends the systems of automatic braking. Offered the general scheme of the system of automatic braking of the vehicle with electric drive. Its principle of work is based on a system ACS. Introduced a mathematical model of the system of automatic regenerative braking.

Keywords: automatic braking, energy recuperation, system, electric drive, obstacle, deceleration.

АВТОРИ:

ДЕМБИЦЬКИЙ Валерій Миколайович, завідувач лабораторії надійності і рухомого складу відділу міський електричний транспорт, Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», e-mail: dvm2@meta.ua

СІТОВСЬКИЙ Олег Пилипович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

АВТОРЫ:

ДЕМБИЦКИЙ Валерий Николаевич, заведующий лабораторией надежности и подвижного состава отдела городской электрический транспорт, Государственное предприятие «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт городского хозяйства», e-mail: dvm2@meta.ua

СИТОВСКИЙ Олег Филиппович, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

AUTHORS:

Valeryj DEMBITSKYI, Head of the Laboratory of reliability and rolling stock of the city electric transport, State enterprise «Scientific, research, design and technology institute», e-mail: dvm2@meta.ua

Oleg SITOVSKYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: sitovsky@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 19.03.2016

Жук М.М., Півторак Г.В.
Національний університет «Львівська політехніка»

ОЦІНКА ТРИВАЛОСТІ ПОСАДКИ-ВИСАДКИ ПАСАЖИРІВ НА ЗУПИНЦІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КІЛЬКОСТІ МАРШРУТІВ

Проведено збір даних про тривалість простою транспортних засобів на зупинці громадського транспорту для посадки – висадки пасажирів. Проведено оцінку отриманих значень. Визначено частоту появи часу простою певної тривалості на зупинках з різною кількістю маршрутів. Кількість маршрутів на зупинці здійснює вплив на час посадки-висадки пасажирів та його рівномірність протягом дня. Цей вплив відрізняється для автобусів середньої та великої вмістимості.

Ключові слова: час простою, зупинка ГПТ, кількість маршрутів.

Постановка проблеми. Правильна організація роботи автобусів на маршруті громадського транспорту, зокрема формування та дотримання розкладів руху, впливає на якість обслуговування пасажирів. А складання адекватних розкладів неможливе без достовірної інформації про час оберту, який складається з часу руху по перегонах маршруту та часу простою на зупинках.

Питанням дослідження тривалості простою автобуса на зупинці громадського транспорту (ГТ) приділено багато уваги. Проте ці дослідження в основному стосуються аналізу впливу на час простою технічних параметрів автобуса: місткості, довжини автобуса, кількості дверей в автобусі, ширини дверей, висоти платформи [1 – 4] та характеристик пасажиропотоків: коефіцієнта заповнення салону автобуса [1, 2, 5], коефіцієнта змінюваності пасажирів або кількості пасажирів, що здійснюють посадку-висадку [1, 2, 4, 6, 7].

Закордонні дослідники також відзначають вплив на тривалість простою способу оплати за проїзд [3, 5] та періоду доби [4, 6].

Дослідження, виконані Давідічем Ю.О., встановлюють вплив на тривалість простою кількості зупинних пунктів на маршруті [1].

Досліджень впливу характеристик зупинки на час простою значно менше. Зокрема, Зедгенізов А.В. [1] визначив залежність часу простою від близькості регульованого перехрестя та інтенсивності транспортних засобів (ТЗ) на крайній правій смузі. Також на час простою впливає наявність кишень на зупинці [7].

Вплив наявності інших маршрутів на роботу досліджуваного маршруту враховує у своїх дослідженнях Виноградов М.С. Його дослідження стосуються аналізу можливостей зменшення часу очікування пасажирів на зупинці за рахунок узгодження руху автобусів різних маршрутів на сумісній ділянці руху.

Вплив загальної кількості маршрутів, які проходять через зупинку, на час простою автобуса певного маршруту на зупинці ГТ, в наукових працях не висвітлено.

У зв'язку з цим метою роботи є оцінка тривалості простою транспортного засобу на зупинці для посадки-висадки пасажирів в залежності від кількості маршрутів, що проходять через дану зупинку.

Результати досліджень. У роботі використано GPS-дані досліджень характеристик руху маршрутних транспортних засобів (часу оберту, часу простою, затримок відносно розкладу руху тощо). Такі дані отримано для шести маршрутів м. Львова. На маршрутах №№ 32, 37 та 46 працюють автобуси середньої вмістимості, а на маршрутах № 2а, 3а та 4а – автобуси великої вмістимості (в середньому загальна вмістимість 100 - 120 осіб).

Можливу тривалість часу простою автобуса на зупинці ГТ поділено на окремі часові періоди: до 10 секунд, від 10 до 20 с, від 20 до 30с, від 30 до 45 с, від 45 до 55 с, від 55 до 65 с та більше 65 с. Проведено аналіз даних в робочі дні з розподілом на пікові і міжпікові періоди. Підраховано кількість попадань тривалості часу простою автобуса на зупинці в кожен діапазон та частоту появи часу простою певної тривалості, а також визначено середній час простою автобуса на зупинці.

Зупинки ГТ поділено на 4 групи:

- I група: зупинки з кількістю маршрутів, що проходять через них, до п'яти;
- II група: зупинки з кількістю маршрутів, що проходять через них, від 6 до 10;
- III група: зупинки з кількістю маршрутів, що проходять через них, від 11 до 15;
- IV група: зупинки з кількістю маршрутів, що проходять через них, більше 15.

Загальна характеристика досліджуваних маршрутів подана в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних маршрутів ГТ

Номер маршруту	Кількість проміжних зупинок в одному напрямку	Кількість зупинок			
		I групи	II групи	III групи	IV групи
32	29	3	12	11	3
37	28	5	9	10	4
46	30	3	17	7	3
1a	12	4	2	3	3
2a	13	-	13	-	-
3a	15	3	7	5	-

Уточнення щодо результатів збору даних для автобусів середньої вмістимості:

- тривалості часу простою для зупинок першої групи суттєво відрізняються для зупинок, що знаходяться на початку маршруту (друга – третя зупинки маршруту) та для решти зупинок. Зупинки, які знаходяться всередині маршруту, характеризуються малими тривалостями часу простою (у 70 % і більше випадків час простою не перевищує 25 с). В подальших розрахунках ці зупинки не враховуються;

- для зупинок II групи зустрічалася частота появи тривалості часу простою більше 65 с в межах 45% та тривалості часу простою більше 45 с в межах 76%, проте кількість таких випадків не перевищувала 3%. Для зупинок III групи максимальні значення становили 48% та 85% відповідно.

Уточнення щодо результатів збору даних для автобусів великої вмістимості:

- для зупинок II групи зустрічалася частота появи тривалості часу простою більше 65 с в межах 95% та тривалості часу простою більше 45 с таких же межах, проте кількість таких випадків не перевищувала 3%. Для зупинок III групи максимальні значення становили 97%.

Результати проведених розрахунків подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Залежність часу простою на зупинках ГТ від кількості маршрутів

Кількість маршрутів, що проходять через зупинку	Межі частоти появи часу простою більше 65 с, %	Середня частота появи часу простою більше 65 с, %	Межі частоти появи часу простою більше 45 с, %	Середня частота появи часу простою більше 45 с, %
Середні автобуси, пікові періоди				
1...5	29 – 35	33.40	67 – 78	72.50
6...10	0 – 9	2.8	3 – 23	14.18
11...15	0 – 26	6.7	7 – 44	18.5
>15	3 – 21	13	9 – 36	24.8
Середні автобуси, міжпікові періоди				
1...5	46 – 49	47.50	77 – 92	84.60
6...10	0 – 7	3.12	7 – 36	19.31
11...15	2 – 33	10.19	8 – 45	32.5
>15	2 – 16	7.6	19 – 50	37
Великі автобуси, пікові періоди				
1...5	6 – 17	10.30	25 – 45	34.30
6...10	0 – 40	15.3	9 – 60	37.13
11...15	7 – 35	16.6	18 – 60	35.5
Великі автобуси, міжпікові періоди				
1...5	7 – 22	17.40	31 – 50	41.60
6...10	0 – 30	15	13 – 63	39.3
11...15	3 – 25	12.5	20 – 60	34.8

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки:

- для автобусів середньої вмістимості ймовірність появи тривалого часу простою на зупинках I групи є досить значною: час простою більше 65 с спостерігається в середньому в 33% випадків, а більше 45 с – в 72% випадків в пікові періоди, а в міжпікові (коли інтервали руху ТЗ на маршруті зростають) – в 47 та 84% випадків відповідно;

- на зупинках другої – четвертої груп частота появи тривалого часу простою для автобусів середньої вмістимості значно менша: до 13 та 37 % відповідно. При цьому частота має тенденцію до зростання зі зростанням кількості маршрутів та більша в міжпікові періоди (тривалість часу простою більше 45 с зустрічається в міжпікові періоди в середньому на 50% частіше, ніж в пікові);

- для великих автобусів частота появи тривалого часу простою теж більша для міжпікових періодів;

- для зупинок II та III груп верхні межі можливих інтервалів появи тривалого часу простою для великих автобусів є вищими, ніж для середніх: до 60 % в першому випадку та до 45% - в другому;

- середня частота появи часу простою більше 45 с для великих автобусів у всіх випадках перевищує 34%;

- в загальному кількість маршрутів більше впливає на час простою середніх автобусів.

Також цікаво відзначити, що кількість маршрутів впливає на рівномірність тривалості часу простою на зупинці протягом дня. Побудовані залежності для автобусів середньої та великої вмістимості подано на рис. 1 та рис. 2 відповідно.

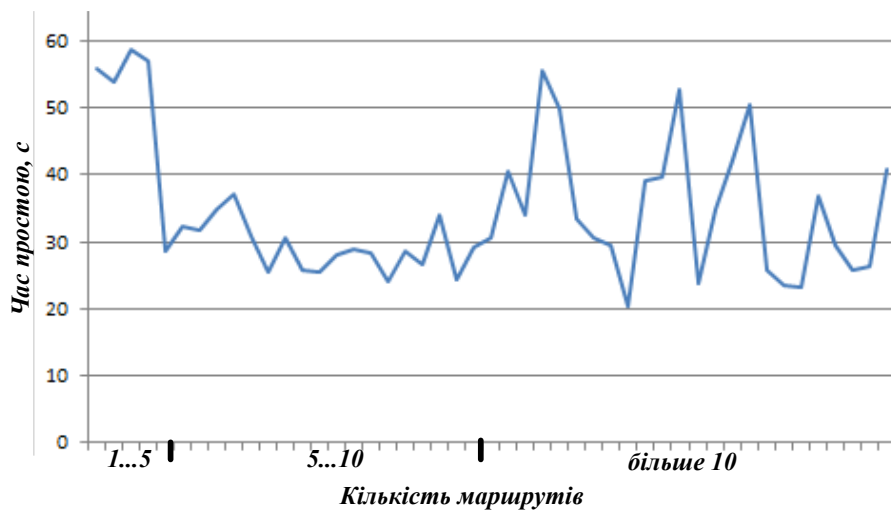


Рис. 1. Зміна середнього часу простою автобуса середньої вмістимості на зупинці

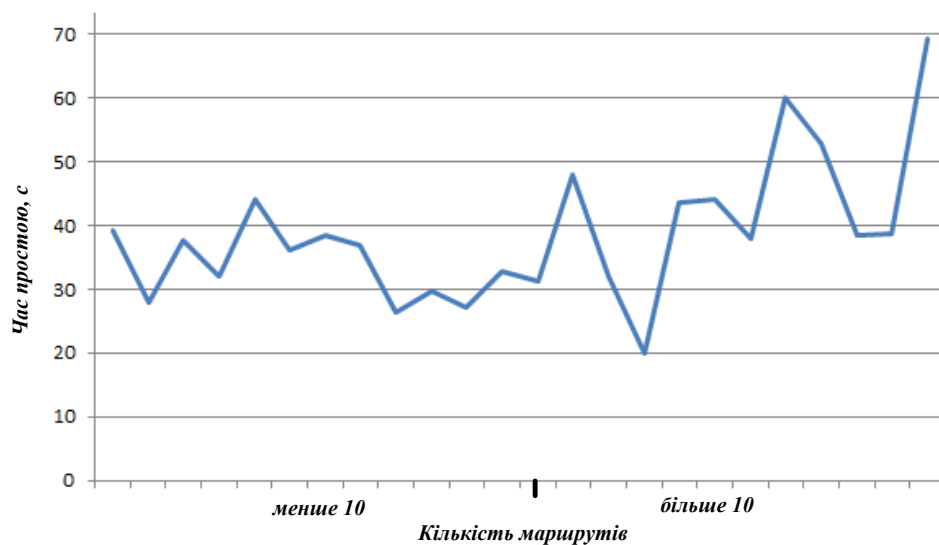


Рис. 2. Зміна середнього часу простою автобуса великої вмістимості на зупинці

Для середніх автобусів найбільш рівномірними є часи простою на зупинках з кількістю маршрутів від 0 до 5 (середні значення 55 с з коливанням ± 3 с) та від 5 до 10 (середні значення 30 с з коливанням ± 5 с), при кількості маршрутів більше 10 коливання зростають до ± 20 с. Для великих автобусів при кількості маршрутів до 10 час простою змінюється в межах 35 с ± 7 с, а при зростанні кількості маршрутів діапазон зміни зростає до ± 25 с.

Висновки. Проведені дослідження для оцінки впливу кількості автобусів, що проходять через зупинку, на час посадки – висадки пасажирів на ній відобразили цікаві залежності, які потребують подальших досліджень на більшому масиві даних. Визначено, що кількість маршрутів, що проходять через зупинку, по-різному впливає на час простою автобусів великої та середньої вмістимості. Визначено діапазони частоти появи часів простою тривалістю більше 45 та 65 с. Оскільки ці значення часто перевищують 30%, то вплив таких зупинок на загальну тривалість рейсу на маршруті доцільно враховувати.

1. Давідич Ю.О. Оцінка тривалості простою транспортних засобів на проміжних зупинках/ Ю.О. Давідич, Д.П. Понкратов, Є.І. Куш, М.В. Калюжний // Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник № 105. – 2012. – с. 390 – 394.
2. Зедгенизов А.В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10/ А.В. Зедгенизов; ИГТУ. – Иркутск, 2008. – 20 с.
3. Effect of Passenger–Bus–Traffic Interactions on Bus Stop Operations. Rodrigo Fernández, Nick Tyler. *Transportation Planning and Technology*. Volume 28, Issue 4, 2005, p.273 – 292.
4. Determinants of Bus Dwell Time, Kenneth J. Dueker, Thomas J. Kimpel, James G. Strathman, Steve Callas, *Journal of Public Transportation*, 7 (1): 2004, p. 21 – 40.
5. Modeling the Factors Affecting Bus Stop Dwell Time: Use of Automatic Passenger Counting, Automatic Fare Counting, and Automatic Vehicle Location Data, Martin Milkovits, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 2072, 2008, p. 125–130.
6. Estimation of Bus Dwell Times with Automatic Passenger Counter Information, Rajat Rajbhandari, Steven Chien, Janice Daniel, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Volume 1841, 2003, p. 120 – 127.
7. Димова И.П. Повышение эффективности работы городского пассажирского транспорта на основе исследования показателей работы остановочных пунктов / И.П. Димова, Я.А. Борщенко // Наука, техника и образование – № 5 (5), 2014. – с. 62 – 65.

REFERENCES

1. Davidich, Yu., Ponkratov, D., Kush, Ye. & Kaliuzhnyi, M. (2012). Otsinka tryvalosti prostoiu transportnykh zasobiv na promizhnykh zupynkakh. *Komunalne hospodarstvo mist*, Vol. 105., pp. 390 – 394.
2. Zedgenizov, A. (2008). *Povyshenye effektivnosti dorozhnoho dvyzheniya na ustanovochnykh punktakh horodskoho passazhyrskoho transporta*: abstract diss. cand. eng. sciences, Irkutsk, p. 20.
3. Fernández, R., Tyler, N. (2005). Effect of Passenger–Bus–Traffic Interactions on Bus Stop Operations. *Transportation Planning and Technology*. Vol. 28, Issue 4, pp.273 – 292.
4. Dueker, K., Kimpel, T., Strathman Ja., Callas S. (2004). Determinants of Bus Dwell Time, *Journal of Public Transportation*, Vol. 7 (1), pp. 21-40.
5. Milkovits, M. (2008). Modeling the Factors Affecting Bus Stop Dwell Time: Use of Automatic Passenger Counting, Automatic Fare Counting, and Automatic Vehicle Location Data, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 2072, pp. 125–130.
6. Rajbhandari, R., Chien, S., Daniel, Ja. (2003). Estimation of Bus Dwell Times with Automatic Passenger Counter Information, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Vol. 1841, pp. 120 – 127.
7. Dimova, I. (2014). Povyshenye effektivnosti raboty horodskoho passazhyrskoho transporta na osnove issledovaniya pokazatelei raboty ustanovochnykh punktov. *Nauka, tekhnika i obrazovanie*, Vol. 5. pp. 62 – 65.

Жук М.М., Півторак Г.В. Оценка продолжительности посадки-высадки пассажиров на остановке ОПТ в зависимости от количества маршрутов.

Проведен сбор данных о продолжительности простоя транспортных средств на остановке общественного транспорта для посадки-высадки пассажиров. Проведена оценка полученных значений. Определены частоты появления времени простою определенной продолжительности на остановках с различным количеством маршрутов. Количество маршрутов на остановке влияет на время посадки-высадки пассажиров и его равномерность в течении дня. Это влияние отличается для автобусов средней и большой вместимости.

Ключевые слова: время простоя, остановка ОПТ, количество маршрутов.

M.Zhuk, H.Pivtorak. Estimation of time approach and landing for passengers at public stop depending on the number of routes.

Conducted data collection about time approach and landing for passengers at public transport stop. Conducted evaluation received data. Determined the frequency of downtime some length at stops with different number of routes. Number of routes at the bus stop has influence on the passengers handling and their uniformity throughout the day. This effect is different for average and large capacity buses.

Keywords: dwell time, public stop, number of routes.

АВТОРИ:

ЖУК Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: zhukmm65@gmail.com

ПІВТОРАК Галина Василівна, асистент кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: kostelnhal@gmail.com

АВТОРЫ:

ЖУК Николай Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Транспортные технологии», НУ «Львовская политехника», e-mail: zhukmm65@gmail.com

ПІВТОРАК Галина Васильевна, ассистент кафедры «Транспортные технологии», НУ «Львовская политехника», e-mail: kostelnhal@gmail.com

AUTHORS:

Mykola ZHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Department of Transportation Technology, National University Lviv Polytechnic, e-mail: zhukmm65@gmail.com

Halyna PIVTORAK, Assistent of Department of Transportation Technology, National University Lviv Polytechnic, e-mail: kostelnhal@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 26.03.2016р.

Кашканов¹ А.А., Кашканов¹ В.А., Грисюк² О.Г.

¹ *Вінницький національний технічний університет*

² *Барський коледж транспорту та будівництва*

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПОВІДОМЛЕННЯ ПРО ДТП ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

Проведено аналіз існуючих автоматизованих систем реєстрації параметрів руху транспортних засобів, які можуть бути використані при розслідуванні ДТП. Визначено необхідність удосконалення існуючих експертних методів дослідження обставин ДТП з урахуванням автоматизації процесів фіксування механізму ДТП, з метою підвищення ефективності традиційних методів та мінімізації впливу суб'єктивних факторів.

Ключові слова: дорожньо-транспортна пригода, автоматизована система, «чорний ящик», експертиза.

Постановка проблеми. Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) займають лідируюче положення в списку факторів, що обумовлюють рівень травматизму і загибелі людей. Тривожна статистика останніх років свідчить про постійне зростання кількості ДТП і постраждалих в них людей.

Існуюча практика експертних досліджень в Україні базується на використанні просторово-слідової інформації, що зафіксована, як правило, на паперових носіях, складених співробітниками поліції або слідства: протокол огляду місця ДТП, схема ДТП, протоколи огляду транспортних засобів – учасників ДТП тощо [1-3]. Досить часто необхідний обсяг інформації виконується з багатьма порушеннями та неточностями, а в інструментальній базі використовується лише рулетка та цифровий фотоапарат.

Для проведення автотехнічної експертизи експерту достатньо розрахувати ті чи інші параметри за відомими з теорії експлуатаційних властивостей автомобіля формулами. Проте отримати надійні і достовірні результати розрахунків можливо лише за умови підстановки в формули достовірних чисельних значень відповідних вихідних даних – результатів вимірювань, параметрів та коефіцієнтів. Це має принципове значення, оскільки лише за умови достовірності вихідних даних можна говорити про обґрунтованість, об'єктивність, достовірність висновків експерта та можливість їхнього використання в якості доказів.

Позитивний досвід США та Європи, де інформація електронних систем керування, безпеки і комфорту транспортних засобів вже більше 15 років успішно використовується в цілях встановлення обставин дорожньо-транспортних пригод, а також все більша комп'ютеризація транспортних засобів, оснащення їх електронними системами, здатними вмішуватись в процес керування автомобілем, на наш погляд, переконує в необхідності розвитку технологій використання записів електронних бортових систем під час розслідування дорожньо-транспортних пригод.

У зв'язку з цим **метою роботи** є аналіз існуючих автоматизованих систем реєстрації параметрів руху транспортних засобів, які можуть бути використані при розслідуванні ДТП.

Результати досліджень. На сьогоднішній день в автомобілях використовуються системи реєстрації та фіксації даних. Це автомобільні тахографи, які реєструють усі основні показники роботи вантажних автомобілів, що виконують міжнародні автомобільні перевезення, а також автомобільні відеореєстратори.

Тахограф забезпечує дотримання режимів праці та відпочинку водіїв, контроль швидкості руху транспортного засобу, при цьому покази тахографа є юридично визнаними даними при розгляді в суді або при транспортному контролі на дорогах. Документ, що видається тахографом, є підставою для накладення стягнень правоохоронними органами, оскільки він є об'єктивним, автоматично формованим, захищеним від фальсифікацій документом. На сьогодні весь новий транспорт, який здійснює міжнародні перевезення, обов'язково повинен бути оснащений цифровими тахографами.

Єврокомісія запровадила нові вимоги для тахографів, згідно з якими з 1 жовтня 2011 року всі нові тахографи, що встановлюються на автомобілі для міжнародних перевезень, повинні бути електронними. Нові вимоги Єврокомісії спрямовані на захист від шахрайства, точніший облік часу в дорозі та зменшення часу на завантаження даних із тахографів у комп'ютери транспортних компаній.

Сучасні відеореєстратори оснащені вбудованими GPS-приймачами, ІЧ-підсвічуванням, датчиками руху, та знімають у FULL HD роздільній здатності. Вони здійснюють безперервний запис

абсолютно кожної ситуації на дорозі. Кожен кадр відеороликів промаркований часом, дані відеозапису є документальним підтвердженням тих чи інших подій, які мали місце на дорозі. Автомобільний відеореєстратор на сьогодні – чи не єдиний спосіб протистояти беззаконню на дорогах, як із боку можновладців, так і, безумовно, співробітників правоохоронних органів. Камера дозволяє об'єктивно фіксувати дорожню обстановку й усю навколишню ситуацію, можна пред'явити цей запис у разі звинувачення в порушенні або скоєнні ДТП.

Сучасні автомобілі мають багато давачів, які передають дані про різні параметри автомобіля на електронний пристрій (автомобільний комп'ютер), який називається Electronic Control Modules (ECM). Вся інформація, що поступає з давачів і сенсорів та обробляється ECM, використовується для включення алгоритмів роботи підсистем автомобіля в різних режимах, наприклад: керування системою подачі палива двигуна автомобіля, керування антиблокувальною системою гальм (ABS), керування системою курсової стійкості (ESP), керування системою подушок безпеки на різних швидкостях руху. Системи і підпрограми ECM відповідають і за запуск діагностування автомобіля, і за запис помилок, що виникли при роботі систем автомобіля, і за роботу лампочок аварійної сигналізації на панелі приладів автомобіля.

ECM з функцією EDR (Event Data Recorder) звичайно не забезпечує великим об'ємом даних за тривалий період. Перші EDR містили лише дані про швидкість автомобіля в момент аварії. Сучасні ECM з функцією EDR зберігають дані про передаварійний стан роботи багатьох систем автомобіля, включаючи показники давачів швидкості автомобіля в інтервалі від п'яти до двадцяти секунд до і після зіткнення.

Об'єм інформації, фіксованої модулем EDR, залежить від моделі устрою та комплектації транспортного засобу, але, як правило, містить три групи даних [4, 5] (рис. 1). Деякі види EDR модулів виконують неперервний запис даних, поки запис не буде зупинено в результаті ДТП, інші активують запис в певних ситуаціях, що розпізнає модуль як зіткнення (наприклад, раптова різка зміна швидкості, різке гальмування, спрацьовування датчиків удару). При цьому інформація в модулі пам'яті зберігається до його перепрограмування.



Рис. 1. Типовий масив даних, які зберігаються в модулі EDR

Сучасні EDR модулі зберігають інформацію всередині своєї плати на мікросхемі типу EEPROM у вигляді шістнадцятирічного коду. При цьому точність і похибка запису даних за трьома основними реєстрованими показниками подані в табл. 1.

Табл. 1. Приклади похибки запису даних EDR

Параметр	Діапазон вимірювання	Мінімальна реєстрована одиниця	Похибка	Частота оновлення
Втрата швидкості на удар	±89,44 км/год	0,64 км/год	±10%	Запис кожні 0,01 с, вимірювання кожні 0,00125 с
Швидкість руху ТЗ	253,4 км/год	0,96 км/год	±4%	Зміна швидкості на ≥ 0,2 км/год
Частота обертання колінчатого валу	16383 об/хв	¼ об/хв	±1 об/хв	Зміна частоти на ≥ 32 об/хв

Методи отримання даних EDR можна поділити на 3 групи:

Група 1. Через канал зв'язку для передачі даних через діагностичний порт (SAE J1962, OBD-II, connector). Часто обмежені протоколом безпеки в протоколі доступу, для попередження небажаного доступу до даних.

Група 2. Через послідовний шлях передачі даних, через кабель підключений напряму до цільового ECU. Даний метод прямого під'єднання ECU не відповідає вимогам ASTM E2493-07 - Standard Guide for the Collection of Non-Volatile Memory Data in Evidentiary Vehicle Electronic Control Units. Це пов'язано з тим, що в результаті розбирання виникає проблема неповного системного оточення EDR / ECU та часто приводить до неможливості перевірити викликані розбиранням зміни даних (наприклад, генеруючі коди несправностей для неіснуючих датчиків).

Група 3. Пряме з'єднання через врізання в плату EDR, для витягання необроблених двійкових кодів безпосередньо через контактні клеми. Цей процес є більш трудомістким, ніж методи 1 і 2 груп, але долає заборону системи безпеки, а також дозволяє уникнути проблем перевірки, викликаних зміною даних при підключенні пристроїв. Таким чином, ці методи відповідають ASTM E2493 – 07, оскільки працюють незалежно від серійних портів передачі даних.

В цілому методику обробки даних можна представити у вигляді закритого процесу дешифрування двійкового, шістнадцятиричного коду або текстового файлу у форматі *.log (шляхом зміни розширення може бути переведений у формат *.txt. Обробка даних здійснюється виключно на програмному рівні, ручне використання і обробка даних EDR має бути заборонене з метою збереження незмінності поля даних. Приклади візуалізації даних з модуля EDR можна побачити на рис. 2, 3.

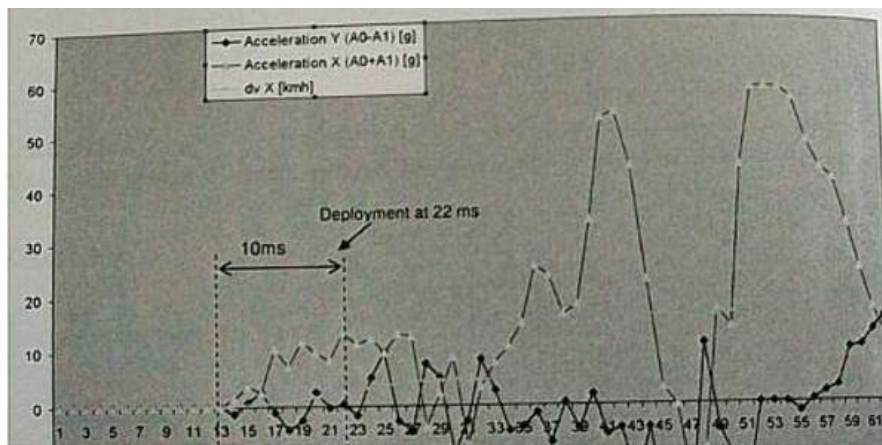


Рис. 2. Приклад діаграми зареєстрованих даних з модуля EDR

У США на сьогодні пристроями EDR вже комплектується близько 96% автомобілів, що сходять з конвеєрів автовиробників, в країнах Євросоюзу тільки розпочалось впровадження EDR на серійні ТЗ. Для України практика отримання даних з модулів EDR здається дуже віддаленою (навіть більше ніж використання фотограмметрії або GPS позиціонування в зйомці місця ДТП), оскільки на даний момент у нас немає ні власного виробника подушок безпеки, ні стандартів, що визначають вимоги до форматів даних EDR, ні законодавства, що визначає порядок використання даних з модулів органами поліції, прокуратури, експертами або співробітниками страхових компаній.

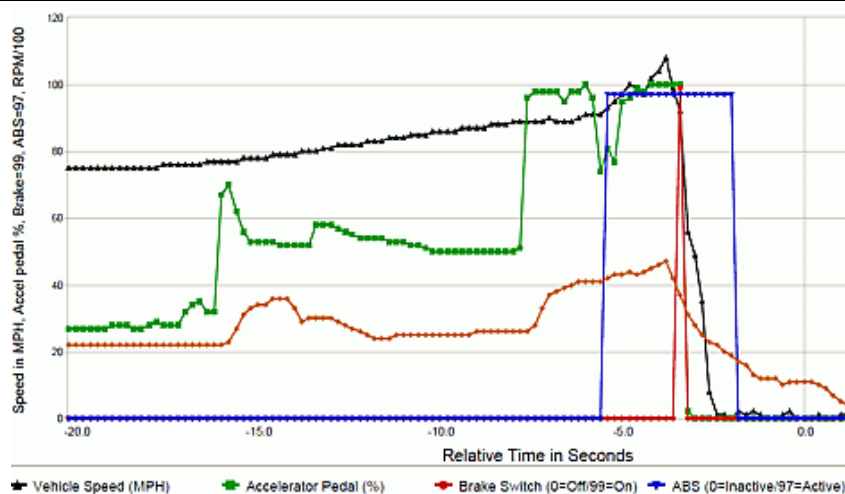


Рис. 3. Відтворення зміни у часі зареєстрованих даних з модуля EDR

Висновки. Сучасні автоматизовані системи реєстрації параметрів руху транспортних засобів дозволяють дослідити обставини ДТП на різних етапах експертизи, але існує ряд проблем, пов'язаних з їх впровадженням в Україні:

- брак досвіду застосування автоматизованих засобів і методів дослідження ДТП;
- результати дослідження ДТП за допомогою автоматизованих методів можуть суттєво відрізнятися від результатів дослідження того ж ДТП за традиційною методикою.

Необхідно розвивати та удосконалювати існуючі експертні методики дослідження обставин ДТП з урахуванням можливостей автоматизації процесів фіксування механізму і місця ДТП, проведення вимірювань і виконання розрахунків параметрів руху транспортних засобів з метою підвищення ефективності традиційних методів та мінімізації впливу суб'єктивних факторів.

1. Туренко А. М. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підручник для вищих навчальних закладів / А. М. Туренко, В. І. Клименко, О. В. Сараєв, С. В. Данець. – Харків : ХНАДУ, 2013. – 320 с.
2. Кашканов А. А. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних : монографія / А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, В. А. Кашканов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 148 с.
3. Кашканов А. А. Концептуальні засади підвищення ефективності автотехнічної експертизи ДТП / А.А. Кашканов // Вісник НТУ «ХПІ». Автомобіле- та тракторобудування.- Х.: НТУ «ХПІ», 2015.- № 8 (1117).- С. 89-95.
4. DOT HS 810 935. Marco P daSilva. Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement 2008. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/EDR/Research/811015.pdf> (дата звернення 06.04.2016). – Назва з екрана.
5. Event Data Recorders - Europa. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/vehicles/study_edr_2014.pdf (дата звернення 06.04.2016). – Назва з екрана.

REFERENCES

1. Turenko, A., Klimenko, V., Saraev, S. & Danets, S. (2013). *Autotechnical expertise. Research circumstances of the accident*. Kharkiv, 320 p.
2. Kashkanov, A., Rebedaylo, V. & Kashkanov, V. (2010). *Evaluation braking performance of vehicles in inaccurate initial data: monograph*. Vinnitsa, VNTU. 148 p.
3. Kashkanov, A. (2015). Conceptual foundations efficiency expertise autotechnical accident. *Visnyk NTU «KhPI». Automobile- ta traktorobuduvannia*, Kharkiv, NTU “KhPI”. No 8 (1117), pp. 89–95.
4. DOT HS 810 935. Marco P daSilva. (2008). Analysis of Event Data Recorder Data for Vehicle Safety Improvement. Available at: <http://www.nhtsa.gov/DOT/NHTSA/NRD/Multimedia/PDFs/EDR/Research/811015.pdf>
5. Event Data Recorders - Europa. Available at: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/vehicles/study_edr_2014.pdf

Кашканов А.А., Кашканов В.А., Грысюк О.Г. Автоматизированные системы оповещения о ДТП и перспективы их использования.

Проведен анализ существующих автоматизированных систем регистрации параметров движения транспортных средств, которые могут быть использованы при расследовании ДТП. Определена необходимость совершенствования существующих экспертных методов исследования обстоятельств ДТП с

учетом автоматизации процессов фиксации механизма ДТП, с целью повышения эффективности традиционных методов и минимизации влияния субъективных факторов.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, автоматизированная система, «черный ящик», экспертиза.

A. Kashkanov, V. Kashkanov, O. Grysyuk. Automated notification of car accidents and the prospects for their use.

The analysis of existing automated systems, motion detection parameters of vehicles, which can be used in the investigation of the accident. The necessity of improving the existing methods of expert research of circumstances of accidents taking into account the automation of processes of fixing the accident mechanism, in order to increase the effectiveness of traditional methods and to minimize the influence of subjective factors.

Key words: car accident, an automated system, «black box», examination.

АВТОРИ:

КАШКАНОВ Андрій Альбертович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

КАШКАНОВ Віталій Альбертович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kash_2004@ukr.net

ГРИСЮК Олег Григорович, викладач, Барський коледж транспорту та будівництва, e-mail: aloha_bar@ukr.net

АВТОРЫ:

КАШКАНОВ Андрей Альбертович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

КАШКАНОВ Виталий Альбертович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: kash_2004@ukr.net

ГРИСЮК Олег Григорьевич, преподаватель, Барский колледж транспорта и строительства, e-mail: aloha_bar@ukr.net

AUTHORS:

Andrey KASHKANOV, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Car and Transport Management Department, Vinnitsa National Technical University, e-mail: a.kashkanov@gmail.com

Vitaliy KASHKANOV, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Car and Transport Management Department, Vinnitsa National Technical University, e-mail: kash_2004@ukr.net

Oleg GRYSUK, Lecturer, Bars'kiy College of transport and construction, e-mail: aloha_bar@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 25.02.2016р.

Кравченко О.П.
Житомирський державний технологічний університет

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДВЗ АВТОМОБІЛІВ-ТЯГАЧІВ MERCEDES-BENZ 1844 ACTROS LS

Наведено аналіз надійності ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 Actros LS, які виконують міжнародні вантажні перевезення. Встановлено, що агрегат є надійною системою автомобіля, що відповідає вимогам економічності і екологічності, але в якому мають місце несправності. Фактично кожна десята несправність є причиною виконання ремонтних робіт. Отримано розподіл порушень працездатності і загальні показники експлуатаційної надійності - середнє число відмов на один автомобіль, середній пробіг до першої відмови, середнє напрацювання на відмову. Приведено приклад річних питомих витрат на один автомобіль щодо виконання ремонтних робіт. Встановлено елементи агрегату з більшою кількістю відмов; для інтеркулера ця величина складає 18,6%, для розпилювачів форсунок - 23,8%. Отримано закономірності порушень працездатності автомобілів-тягачів в експлуатації, які в значній мірі відрізняються на етапах гарантійного та післягарантійного пробігів.

Ключові слова: автомобіль-тягач, двигун внутрішнього згорання, показники надійності, відмова, закономірність, кількісні показники, планування.

Постановка проблеми. Одним з основних завдань, що стоїть перед автоперевізниками для забезпечення інтенсивного використання автопоїздів є підтримання рухомого складу в працездатному стані. Ефективна робота автомобілів забезпечується комплексом показників підприємства-виробника та підтримкою експлуатаційної надійності в умовах використання рухомого складу. Поширеним видом вантажних автомобілів, що виконують міжнародні перевезення, є автомобілі-тягачі Mercedes-Benz 1844 Actros LS. Аналіз надійності цих вантажівок в гарантійний період експлуатації (один рік) дозволив розробити пропозиції щодо підвищення ефективності роботи транспортного підприємства, управління і планування раціонального використання запасних частин, організації технічного обслуговування [1, 2, 3]. Дослідження, виконані в цей період експлуатації, визначили менш надійні елементи і дали можливість більше приділяти їм уваги. Спостереженнями за 160 автомобілями із середнім річним пробігом 76,8 тис. км (мін. – 11,35 тис. км; макс. – 121,27 тис. км) було встановлено, що середнє напрацювання до першого порушення працездатності склало 31,0 тис. км, в середньому на кожному автомобілі виявлено 12,4 несправності, що зажадали гарантійного впливу (на пробігу 0-20 тис. км – 76 порушень працездатності, 20-40 тис. км – 110, 40-60 тис. км – 123, 60-80 тис. км – 93, 80-100 тис. км – 176, 100-120 тис. км – 210). На перших 10-ти тис. км пробігу двадцяти п'яти автомобілям виконані гарантійні ремонти (заміна коробки передач, турбокомпресора, паливного бака, автономного обігрівача, тахографа, сальника хвостовика ведучого моста, рульових тяг, блоку управління двигуном). В середньому час простою кожного автомобіля склало 12,0 годин. Спільними зусиллями виробника автомобілів і перевізника виявлені і усунені недоліки технології виготовлення автомобілів, визначена подальша організація профілактичних робіт.

Мега роботи. Дослідження надійності автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 Actros LS в умовах післягарантійної експлуатації, виявлення вузлів і агрегатів найбільш часто схильних до ремонтів для поліпшення організації технічного обслуговування і підвищення ефективності роботи автотранспортного підприємства.

Матеріали і результати дослідження. Дослідницька робота виконана по оцінці надійності автомобілів-тягачів Mercedes-Benz 1844 Actros LS з пробігом до 900 тис. км. Період обстеження - з 2004 по початок 2014 року. Категорія умов експлуатації автомобілів - I-II.

На підставі зібраних статистичних даних проаналізовано усунення дефектів і несправностей, отримані закономірності порушень працездатності, виявлені основні статистичні характеристики. Основні порушення працездатності відбувалися в: електро- та електронному обладнанні, ходовій частині, гальмівній системі, двигуні, трансмісії, рульовому управлінні (рис. 1, табл. 1, 2). Дослідженнями встановлено, що витрати на забезпечення рухомого складу запасними частинами за один рік можуть досягати 30% від усіх витрат підприємства (табл. 3) [4]. Порушення роботоздатності агрегатів та вузлів у післягарантійний період експлуатації в загалом підпорядковані нормальному закону, однак мають місце складнощі при розрахунку закону розподілу (табл. 4).

Аналізуючи несправності механізмів і систем двигуна встановлено, що агрегат є надійною системою автомобіля, яка відповідає вимогам економічності і екологічності, але в якому мають місце несправності. Фактично кожна десята несправність є причиною виконання ремонтних робіт.

Можна помітити, що більша частина порушень працездатності припадає на розпилювач форсунки (128 відмов) і інтеркулер (100 відмов). Значна частина несправностей припадає на термостат, турбокомпресор і прокладки (відповідно 2,8 %, 5,9 % і 13,0 %).

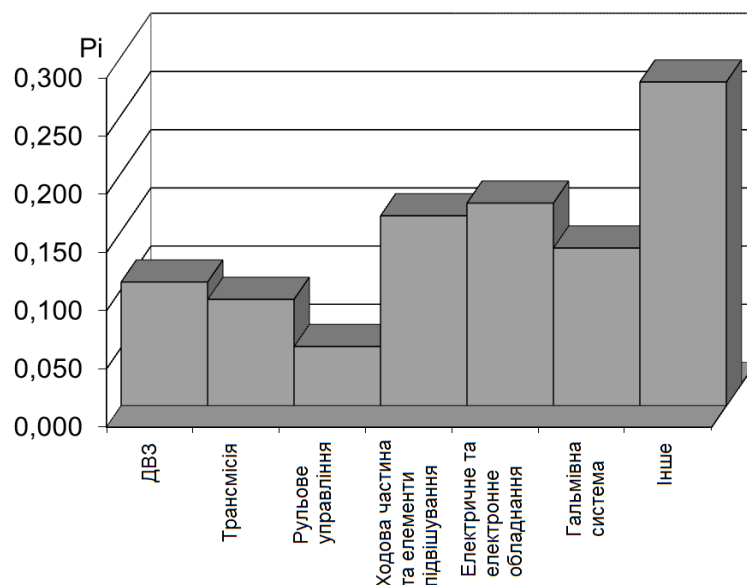


Рисунок 1 – Розподіл несправностей та відмов механізмів і систем

Таблиця 1 - Загальні показники надійності

Показник	Mercedes-Benz 1844 Actros LS
Середнє число відмов на один автомобіль, од.	33,11
Середній пробіг до першої відмови, км	31,0
- гарантійний період;	171881
- післягарантійний період	
Середнє напрацювання на відмову, км	23582

Таблиця 2 – Кількісний розподіл відмов по елементам

Найменування елементів автомобіля	Кількість, од.	Кількість, %
ДВЗ	602	11,36%
Трансмсія	538	10,15%
Рухове управління	282	5,32%
Ходова частина	884	16,69%
Електро- и електронне обладнання	916	17,29%
Гальмівна система	761	14,36%
Інше	1315	24,82%

Таблиця 3 – Витрати на запасні частини автомобілів-тягачів

Марка автомобіля	Кількість, од.	Період	Питомі витрати на один автомобіль, грн.
Mercedes-Benz 1844 Actros LS	159	01.01.2013-31.12.2013	23869,34

Таблиця 4 – Статистична характеристика відмов та несправностей

Елементи автомобіля	Гарантійний період	Післягарантійний період
	Закони розподілу	Закони розподілу
Двигун	експоненціальний	відсутній
Агрегати	Вейбулла	відсутній
Електро- та електронне обладнання	Вейбулла	нормальний
Підвіска	нормальний	нормальний
Гальмівна система	відсутній	нормальний

При виконанні ремонтних робіт мали місце заміни: двигуна в зборі, задній плити двигуна і кришки клапанів - по одному випадку, паливного насоса і радіатора - по два випадки, вентилятора з приводом, гільзи двигуна, комплекту циліндро-поршневої групи і маховика - по чотири випадки (табл. 5, 6).

Отримані результати лягли в основу методики розрахунку номенклатури запасних частин для автотранспортного підприємства з урахуванням показників часу доставки деталей, часу заміни, цінової політики [5].

Таблиця 5 – Розподіл по елементам

Елементи агрегату	Відмови, од.	Відмови, %	Наробіток до першої відмови, км	Середній наробіток до відмови, км
Вентилятор с приводом	4	0,7%	367000	486750
Гільзи ДВЗ	4	0,7%	261000	497000
Датчик обертів	6	1,1%	550000	540500
ДВЗ у зборі	1	0,2%	198000	198000
Задня плита ДВЗ	1	0,2%	336000	336000
Інтеркулер	100	18,6%	233000	334310
Кільця поршневі	5	0,9%	402000	476400
Комплект ЦПГ	4	0,7%	377000	515500
Кришка клапанів	1	0,2%	703000	703000
Маховик двигуна	4	0,7%	404000	509250
Патрубок та хомут інтеркулера	24	4,5%	278000	554750
Піддон ДВЗ	6	1,1%	266000	480000
Сальники	9	1,7%	261000	414111
Термостат	15	2,8%	498000	647133
Паливний насос	2	0,4%	415000	445000
Турбокомпресор	32	5,9%	234000	450063
Форсунки	8	1,5%	391000	601625
Прокладки	70	13,0%	190000	474386
Ремкомплект рідиного насосу	5	0,9%	594000	632400
Радіатор	2	0,4%	539000	662000
Розпилювач форсунки	128	23,8%	280000	511664
Інше	107	19,9%	-	-

Таблиця 6 – Загальні статистичні характеристики відмов

Елементи системи	Вид розподілу	D [x]	β_1	β_2	Щільність ймовірності
Інтеркулер	Лог-нормальний	$3,54 \cdot 10^9$	1,17	2,12	$f(x) = \frac{1}{x \cdot 5949,55 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \ln 3343103)^2}{2 \cdot 5949,55^2}}$
Прокладки	Рівномірний	$2,19 \cdot 10^{10}$	-	-	$f(x) = \frac{1}{760000 - 574000}$

Висновки. Отримані в результаті проведеного аналізу дозволяють зробити висновки про надійність елементів ДВЗ автомобілів-тягачів Mercedes-Benz Actros 1844 LS. Встановлено, що агрегат є надійною системою автомобіля, відповідає вимогам економічності і екологічності, але в якому мають місце несправності. Фактично кожна десята несправність є причиною виконання ремонтних робіт. Проведені дослідження дали змогу раціонально організувати технічне обслуговування автомобілів та оптимізувати кількість запасних частин, які повинні бути в наявності на підприємстві для зменшення простою автомобільного парку і підвищення ефективності його роботи.

1. Кравченко А.П. Исследование эксплуатационной надежности автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Матеріали ІV Міжнародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів», (Донецьк-Святогірськ, 23 – 25 квітня 2012), Донецьк: ЛАНДОН – XXI, 2012. – С. 160-164.
2. Кравченко А.П. Статистический анализ надежности автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS / А.П. Кравченко, Е.А. Верительник // Материалы 7 -й международной научно-технической конференции «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств», (18 -20 мая, 2012 г. Пенза), ПГУАС, 2012. – С. 188-192.
3. Кравченко О.П. Статистичні дослідження несправностей автомобілів-тягачів MERCEDES-BENZ у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації / О.П. Кравченко, Є.А. Верительник // Одинадцятий міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2013. – С. 112–113.
4. Кравченко О.П. Моніторинг витрати запасних частин автомобілів-тягачів MERCEDES - BENZ ACTROS 1844 LS / О.П. Кравченко, Є.А. Верительник // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики», м. Луганськ, 5-8 травня 2014.: збірник наукових праць. - Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2014. – С. 166-168.
5. Кравченко О.П. Фактори що впливають на формування номенклатури та кількість запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту / О.П. Кравченко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. №2(4). – Луцьк: ЛНТУ, 2015, - С. 60-66.

REFERENCES

1. Kravchenko, A. & Veritelnik, E. (2012). Investigation of operational reliability of vehicles-trucks Mercedes-Benz 1844 Actros LS [Issledovanie jekspluatacionnoj nadezhnosti avtomobilej-tjagachej Mercedes-Venz 1844 Actros LS]. *Materials IV-th International Scientific Conference "Logistics industrial regions". [Materiali IV Minarodnoї naukovopraktichnoї konferencії «Logistika promislovih regioniv»]*. Donec'k, LANDON, HHI, pp. 160-164.
2. Kravchenko, A. & Veritelnik, E. (2012). Statistical analysis of reliability of vehicles-trucks Mercedes-Benz 1844 Actros LS [Statisticheskij analiz nadezhnosti avtomobilej-tjagachej Mercedes-Venz 1844 Actros LS]. *Materials 7-th International scientific conference "Problems of quality and operating a motor vehicle". [Materialy 7-j mezhdunarodnoj nauchnotekhnicheskoy konferencії «Problemy kachestva i jekspluatacii avtotransportnih sredstv»]*. Penza, PGUAS, pp. 188-192.
3. Kravchenko, A., Veritelnik, E. (2013). Statistical investigation malfunctions vehicles - trucks MERCEDES-BENZ in warranty and post-warranty periods of operation [Statistichni doslidzhennja nespravnostej avtomobiliv-tjagachiv MERCEDES-BENZ u garantijnij i pisljagarantijnij periodi ekspluatacії]. *11th International Symposium Ukrainian Mechanical Engineers in Lviv: Abstracts. [Odinadcjatij mizhnarodnij simpozium ukraїnskikh inzheneriv-mehanikiv u L'vovi: Tezi dopovidej]*. L'viv, KINPATRI LTD, pp. 112-113.
4. Kravchenko, A., Veritelnik, E. (2014). Monitoring of costs spare parts of vehicles-trucks MERCEDES-BENZ ACTROS 1844 LS [Monitoring vitrati zapasnih chastin avtomobiliv-tjagachiv MERCEDES - BENZ ACTROS 1844 LS]. *Materials of V-th International scientific conference "Problems of development of transport systems and logistics". [Materiali V Mizhnarodnoї naukovopraktichnoї konferencії «Problemi rozvytku transportnih sistem i logistiki», zbirnik naukovih prac']*. Lugans'k, SNU im. V. Dalja, pp. 166-168.
5. Kravchenko, A. (2015). Factors influencing the nomenclatura and number of spare parts for the enterprises of motor transport [Faktori shho vplivajut' na formuvannja nomenklaturi ta kil'kist' zapasnih chastin na pidpriemstvah avtomobil'nogo transportu]. *Advances in Mechanical Engineering and transport*, No. 2 (4), pp. 60-66.

Кравченко А.П., Анализ эксплуатационной надежности ДВС автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS.

Проведен анализ надежности ДВС автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS, которые выполняют международные грузовые перевозки. Установлено, что агрегат является надежной системой автомобиля, отвечающий требованиям экономичности и экологичности, но в котором имеют место неисправности. Фактически каждая десятая неисправность является причиной выполнения ремонтных работ. Получены распределения нарушений работоспособности и общие показатели эксплуатационной надежности - среднее число отказов на один автомобиль, средний пробег до первого отказа, средняя наработка на отказ. Приведен пример годовых удельных затрат на один автомобиль по выполнению ремонтных работ. Установлены элементы агрегата с большим количеством отказов; для интеркулера эта величина составляет 18,6%, для распылителей форсунок - 23,8%. Получены закономерности нарушений работоспособности автомобилей-тягачей в эксплуатации, которые в значительной степени отличаются на

этапах гарантийного и послегарантийного пробегов. Проведенные исследования позволили рационально организовать техническое обслуживание автомобилей и оптимизировать количество запасных частей, которые должны быть в наличии на предприятии для уменьшения простоя подвижного состава и повышения эффективности его работы.

Ключевые слова: автомобиль-тягач, двигатель внутреннего сгорания, показатели надежности, отказ, неисправность, закономерность, количественные показатели, планирование.

Kravchenko O., Analysis of operational reliability of the internal combustion engine of vehicles-trucks Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS.

The analysis of reliability of the ICE cars, trucks Mercedes-Benz 1844 Actros LS, who perform international cargo transportation. It is established that the machine it is reliable system of car that meets the requirements of economy and environmental friendliness, but in which there are malfunctions. In fact, one in ten the malfunctions is the cause of the repair work. The article presents the distributions of infringements of working capacity and the common indicators of operational reliability - the average number of faults on vehicle, average mileage before the first failure, the average time between failures. Example of annual unit costs on repair works of vehicle has been presented. Elements of the unit with a large number of failures - for the intercooler, this value is 18.6%, for the spray nozzles - 23.8%. The article presents the laws of infringements of working capacity in the towing vehicle operation, which greatly differ on steps of warranty runs of and post-warranty runs of. The research made it possible to efficiently organize maintenance of vehicles and optimize the number of parts that must be in place at the plant to reduce fleet downtime and increasing efficiency.

Keywords: vehicles-trucks, reliability, refusal regularities, quantitative indicators, planning.

АВТОР:

КРАВЧЕНКО Олександр Петрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство», Житомирський державний технологічний університет, e-mail: avtoap@ukr.net

AUTHOR:

Oleksandr KRAVCHENKO, Doctor of Science in Technology, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Motor-Car Economy, Zhytomyr State Technological University, e-mail: avtoap@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 13.02.2016р.

Куш Є.І., Скрипін В.С.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ЗАКОНОМІРНІСТЬ ЗМІНИ ВИТРАТ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Проведено імітаційне моделювання технологічного процесу перевезення тарно-штучних вантажів розвізними маршрутами в м. Харкові. Отримано маршрути розвезення вантажів містом при умові варіювання вантажопідйомності транспортних засобів при незмінних інших вхідних параметрах. Отримано закономірності зміни загального пробігу і часу роботи залежно від вантажопідйомності транспортних засобів. Визначення вантажопідйомності транспортних засобів для роботи на мережі маршрутів проводилося на підставі загальних транспортних витрат. Встановлено закономірність зміни витрат на перевезення залежно від вантажопідйомності транспортних засобів.

Ключові слова: імітаційне моделювання, вантажопідйомність, транспортний засіб, закономірність, витрати на перевезення.

Постановка проблеми. Питання ефективності використання транспортних засобів важливі для автотранспортних підприємств на різних етапах планування роботи [1]. Особливої уваги заслуговують вирішення проблеми мінімізації фінансових і часових витрат на перевезення при доставці вантажів в містах. Існують різні методи зниження даного виду витрат: вибір оптимального рухомого складу, організація руху найкоротшим шляхом, розробка розвізних маршрутів, кооперація перевізників на мережі великого розміру [2-5].

Одним з підходів підвищення ефективності перевізного процесу є вибір оптимального за вантажопідйомністю транспортного засобу для роботи на маршрутах. Даною проблемою займалися багато іноземних і вітчизняних вчених. Дослідники в роботах [1, 6] пропонують вибір ефективного рухомого складу на підставі фізико-механічних властивостей вантажу, швидкості доставки і розміру партії. Також вченими пропонується обирати автомобілі для перевезення вантажів відповідно до природно-кліматичних умов, партійності перевезень, характеру і структури вантажопотоку, дорожніми умовам [7]. Забезпечення безпеки руху і мінімальні витрати також є критеріями оптимальності автомобілів [6-8].

При умові доставки невеликих партій вантажу доцільно використовувати розвізні маршрути, які дозволяють більш ефективно використовувати рухомий склад через збільшення продуктивності їх роботи [1]. В даному випадку ставиться задача вибору оптимального транспортного засобу яка вирішується вченими у двох постановках: коли для перевезення планується використання автомобілів однакової вантажопідйомності і коли є можливість задіяти різний рухомий склад [6]. Задачу вибору оптимального автомобіля може також бути сформульована як задача формування парку автомобілів оптимальної структури і задача оптимального їх розподілу по маршрутам [9]. Ці задачі вирішують послідовним зіставленням собівартості перевезення однієї тони вантажу.

Такий підхід використовується для визначення економічних показників роботи транспорту на розвізному маршруті. Задача визначення ефективності роботи і вибору оптимальних транспортних засобів для обслуговування мережі отримувачів вантажу, на даний момент, не достатньо повно вирішена. Її складність полягає у необхідності враховувати перелік факторів, що характеризують транспортну мережу, вантаж, транспортні засоби, вантажовідправника і вантажоодержувачів. Вирішувати дану задачу потрібно з використанням методу імітаційного моделювання процесу перевезення вантажів розвізними маршрутами. В якості критерію оптимальності доцільно використовувати загальні витрати.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення закономірності зміни витрат на перевезення залежно від вантажопідйомності транспортних засобів.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети на першому етапі дослідження було проведено імітаційне моделювання технологічного процесу перевезення тарно-штучних вантажів розвізними маршрутами в м. Харкові з використанням розробленого програмного забезпечення.

Даний програмний продукт дозволяє отримати схеми розвізних маршрутів і їх параметри з урахуванням ряду вхідних даних, до яких відносяться: топологічна карта міста, швидкість руху на дугах мережі залежно від часу доби, затримки на перехрестях, схема організації дорожнього руху,

місце розташування відправника і вантажоодержувачів вантажу, кількість пунктів завезення, параметри вантажу, час на навантаження-розвантаження одиниці вантажу, обсяг завезення, час роботи на маршруті, час початку перевізного процесу, параметри транспортних засобів.

Перевірка адекватності розробленої імітаційної моделі, що була проведена на основі співставлення параметрів змодельованих і реальних маршрутів розвезення вантажів, свідчить про можливість її застосування на практиці.

Моделювання процесу розвезення вантажів містом проводилося при умові варіювання вантажопідйомності транспортних засобів, що працюють на маршрутах (від 1,5 т до 20 т), при незмінних інших вхідних параметрах: кількість пунктів завезення – 70 од., обсяг завезення для кожного пункту фіксований незалежно від рухомого складу, що виконує перевезення (варіюється від 180 кг до 1110 кг), час початку руху – 6:00, час роботи на маршруті 10 год. В результаті було отримано схеми транспортування вантажів, які складаються з розвізних маршрутів. Параметри одного з них наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри розвізного маршруту

Номер заїзду	Код пункту	Заїзд, год. : хв	Виїзд, год. : хв	Завезення, кг	Вивезення, кг	Пробіг від відправника, км
0	1297	5:00	6:00	0	37410	0
1	1376	6:02	6:36	1440	0	1,391
2	1307	6:40	7:19	1440	0	3,462
0	1297	7:21	7:21	0	0	4,604

В результаті вирішення задачі розвезення вантажів по пунктах заводу на мережі було отримано дані по кожній зі схем доставки залежно від вантажопідйомності транспортних засобів на маршрутах. До них відносяться кількість сформованих маршрутів, час роботи і час обслуговування мережі, загальний пробіг, пробіг з вантажем, обсяг перевезень і вантажооберт (табл.2). Кожний з цих параметрів, окрім обсягу перевезень, змінюється залежно від того, яким транспортним засобом здійснюється перевезення.

Таблиця 2 – Результати розрахунків параметрів схем доставки вантажів залежно від вантажопідйомності транспортних засобів

Вантажопідйомність транспортного засобу, т	Кількість маршрутів, од.	Час роботи, год.	Час обслуговування мережі, год.	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажооберт, ткм
1,5	27	54	22,08	335,5	218,49	37410	205,46
...
20	4	37	24,4	117,4	104,79	37410	496,42

На підставі отриманих даних було побудовано графіки зміни загального пробігу і часу роботи залежно від вантажопідйомності транспортних засобів (рис. 1-3). Їх аналіз дозволяє зробити висновки, що збільшення вантажопідйомності транспортних засобів призводить до зменшення загального пробігу і часу роботи в мережі. Це пояснюється тим, що збільшення вантажопідйомності дозволяє отримати маршрути з більшою кількістю пунктів завезення, внаслідок цього загальна їх кількість зменшується.

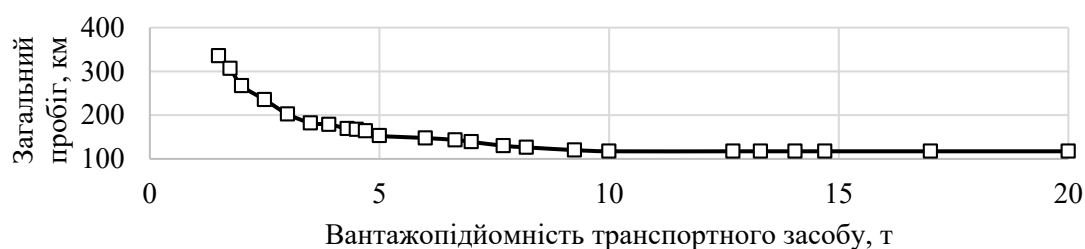


Рисунок 1. Залежність загального пробігу від вантажопідйомності транспортних засобів

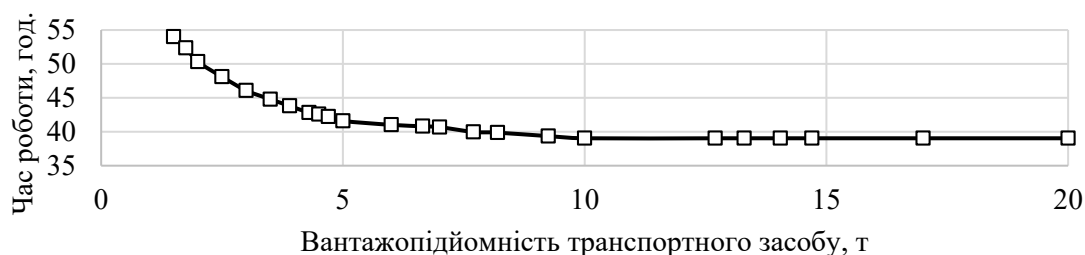


Рисунок 2. Залежність часу роботи від вантажопідйомності транспортних засобів

Визначення вантажопідйомності транспортних засобів для роботи на мережі маршрутів проводилося на підставі загальних транспортних витрат, визначення яких пропонується проводити на підставі розробленої багатофакторної регресійної моделі:

$$C_o = (0,113 \cdot q_n^{0,339} + 0,067 \cdot R_n^{-0,092}) \cdot L + (0,0015q_n^{0,92} + 0,0389A^{-0,095}) \cdot T \quad (1)$$

де q_n – вантажопідйомність транспортного засобу, т, R_n – питома витрата палива транспортного засобу, (л/100 км)/т, L – довжина маршруту, км, A – кількість транспортних засобів, од., T – час роботи транспортного засобу, год.

В результаті було побудовано графік зміни загальних витрат від вантажопідйомності транспортного засобу (рис. 4).

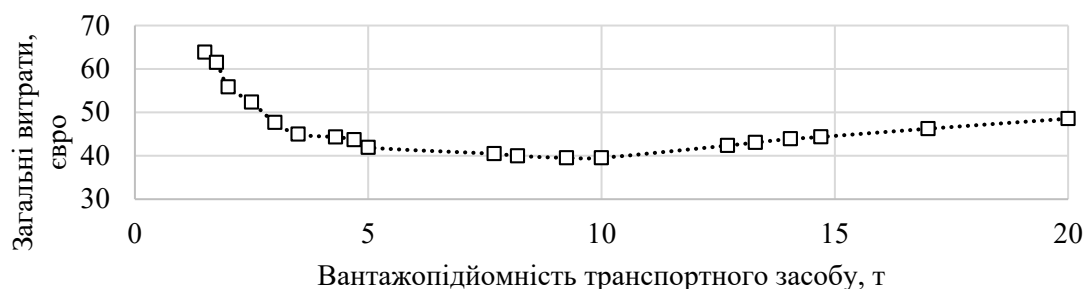


Рисунок 3. Закономірність зміни загальних витрат від вантажопідйомності транспортного засобу

Його аналіз дозволяє зробити висновок про наявність такої вантажопідйомності, що забезпечує мінімум витрат. Для даних умов оптимальним є транспортний засіб вантажопідйомністю 9,25 т.

На величину раціональної вантажопідйомності транспортного засобу, що забезпечує мінімальні витрати впливають параметри маршрутів і обсяги завезення до вантажоодержувачів. Для інших умов транспортного процесу залежність загальних витрат буде змінюватися.

Висновки. Отриманий в роботі підхід дозволяє визначати вантажопідйомність транспортних засобів, що забезпечують мінімум загальних витрат на перевезення вантажів розвізними маршрутами в схемах доставки залежно від параметрів транспортної мережі, учасників перевізного процесу і автомобілів.

1. Майборода М. Е. Грузовые автомобильные перевозки / М. Е. Майборода, В. В. Беднарский. Ростов на Дону: Феникс, 2008. 442 с.

2. Семенов Ю. Н. Использование методов моделирования для построения маятниковых маршрутов / Ю. Н. Семенов, О. С. Семенова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – № 3 (109). 136-140

3. Ergun I. Shipper collaboration / I. Ergun, G. Kuyzu, M. W. P. Savelsbergh // Computers & Operations Research. – 2007. – V. 34. – P. 1551–1560.

4. Krajewska M. A. Horizontal cooperation among freight carriers: request allocation and profit sharing / M. A. Krajewska, H. Kopfer, G. Laporte, S. Ropke, G. Zaccour // Journal of the Operational Research Society. – 2008. – V. 59. – P. 1483–1491.

5. Shchegryaev A. Multi-period cooperative vehicle routing games / A. Shchegryaev, V. Zakharov. // Contributions to Game Theory and Management, 7 (2014), 349–359

6. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.

7. Вельможин А. В. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2006 – 560 с.
8. Василенко Т. Є. Підвищення ефективності роботи суб'єктів підприємницької діяльності при перевезенні дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом / Т. Є. Василенко, О. Є. Губін //Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – 2014. – №. 1. – С. 28-33.
9. Шептура А. Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки: дисс... канд. техн. наук / А. Н. Шептура. – Харьков, 2004. – 162 с.

REFERENCES

1. Majboroda, M. E., & Bednarskij, V. V. (2008). *Trucking [Gruzovye avtomobil'nye perevozki]*. Rostov n/D: Feniks.
2. Semenov, Ju. N., & Semenova, O. S. (2015). Using modeling techniques to construct commuter routes [Ispol'zovanie metodov modelirovaniya dlja postroeniya majatnikovyh marshrutov]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, (3 (109))
3. Ergun, Ç., Kuyzu, G., & Savelsbergh, M. (2007). Shipper collaboration. *Computers & Operations Research*, 34(6), 1551-1560.
4. Krajewska, M. A., Kopfer, H., Laporte, G., Ropke, S., & Zaccour, G. (2008). Horizontal cooperation among freight carriers: request allocation and profit sharing. *Journal of the Operational Research Society*, 59(11), 1483-1491.
5. Shchegryaev, A. N., & Zakharov, V. V. E. (2014). Multi-period cooperative vehicle routing games. *Contributions to Game Theory and Management*, 7(0), 349-359.
6. Vorkut, A. I. (1986). *Trucking [Gruzovye avtomobil'nye perevozki]*. K.: Vishha shkola.
7. Vel'mozhin, A. V., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B., & Kulikov, A. V. (2006). *Trucking [Gruzovye avtomobil'nye perevozki]*. M.: Gorjachaja liniya-telekom, 560.
8. Vasylenko, T. Ye., & Hubin, O. Ye. (2014). Improving the efficiency of businesses at shot lot of supply items transportation by road [Pidvyshchennia efektyvnosti roboty subiektiv pidpriemnytskoi diialnosti pry perevezenni dribnopartiinykh vantazhiv avtomobilnym transportom]. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*, (1), 28-33.
9. Sheptura, A. N. (2004). *Improving the efficiency of lot trucking under variable demand for transportation [Povyshenie jeffektivnosti avtomobil'nyh perevozok partiionnyh gruzov pri peremennom sprosye na perevozki]*. spec. 05.22.01.

Куш Е.И., Скрипин В.С. Закономерность изменения затрат на перевозку в зависимости от грузоподъемности транспортных средств.

Проведено имитационное моделирование технологического процесса перевозки тарно-штучных грузов развозочными маршрутами в г. Харькове. Получены маршруты развозки грузов по городу при условии варьирования грузоподъемности транспортных средств с неизменными другими входными параметрами. Получены закономерности изменения общего пробега и времени работы в зависимости от грузоподъемности транспортных средств. Определение грузоподъемности транспортных средств для работы на сети маршрутов проводилось на основании общих транспортных затрат. Установлена закономерность изменения затрат на перевозки в зависимости от грузоподъемности транспортных средств.

Ключевые слова: имитационное моделирование, грузоподъемность, транспортное средство, закономерность, затраты на перевозку.

Y. Kush, V. Skrypin. The regularity of changes in transportation costs, depending on the load capacity.

The article presents a simulation study of unit load transportation by delivery routes in Kharkiv using the developed software. This software provides a system of delivery routes and their parameters on the basis of a number of input data which include: a topological map of the city, speed on curves network depending on time of day, delays at intersections, the scheme of traffic, the location of the sender and consignees of goods, the number of delivery points, the parameters of load, time for loading and unloading cargo units, volume of delivery, time on route, the transportation process starting time, the parameters of vehicles. The routes of cargo delivery within the city provided varying vehicles load capacity at other constant input parameters have been developed. As a result of solving the problem of distribution of the goods on the network delivery points the data for each of the delivery schemes depending on vehicles load capacity on the routes have been obtained. These include the number of existing routes, working time and network service time, the total mileage, cargo mileage, cargo volume and cargo turnover. Based on these data, graphs of change in the total mileage and work time depending on vehicles load capacity have been built. Their analysis allows concluding that increasing vehicles load capacity results in reducing the total mileage and network service time. Definition of vehicles load capacity to run on the route network has been carried out on the basis of total transport costs. The graph of changes in total costs depending on vehicle load capacity has been built. Its analysis suggests the existence of the capacity ensuring minimum cost. Routes parameters and volumes of delivery to the consignees affect the value of rational load capacity of the vehicle, ensuring minimal costs. For other conditions of the transport process dependence of total costs will change. The resulting approach allows determining the load capacity of vehicles providing a minimum total cost of freight by delivery routes in delivery schemes depending on the parameters of the transport network, the participants of the transportation process and automobiles.

Keywords: simulation study, load capacity, vehicles regularity, minimum total cost.

АВТОРИ:

КУШ Євген Іванович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Транспортні системи і логістика», Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, e-mail: kush_bush@mail.ru

СКРИПІН Василь Сергійович, аспірант кафедри «Транспортні системи і логістика», Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, e-mail: skrypinvs@gmail.com

АВТОРЫ:

КУШ Евгений Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Транспортные системы и логистика», Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, e-mail: kush_bush@mail.ru

СКРЫПИН Василий Сергеевич, аспирант кафедры «Транспортные системы и логистика», Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, e-mail: skrypinvs@gmail.com

AUTHORS:

Yevhen KUSH, Ph.D., associate professor of Transport Systems and Logistics department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: kush_bush@mail.ru.

Vasil SKRYPIN, PhD student of Transport Systems and Logistics department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, e-mail: skrypinvs@gmail.com.

Стаття надійшла в редакцію 18.03.2016р.

Ларін О.О., Потопальська К.Є.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАНЬ ДВОВІСНОЇ АВТОЦИСТЕРНИ ПРИ ПЕРЕЇЗДІ ЧЕРЕЗ ОДИНИЧНУ НЕРІВНІСТЬ

У роботі виконується комп'ютерне моделювання коливань напівпричепу автоцистерни при переїзді через одиничну нерівність, яка моделюється як імпульс зовнішньої сили, що діє на вісі напівпричепу з урахуванням запізнення його дії у часі. Дослідження проводилось на основі тривимірного скінчено-елементного моделювання з явним інтегруванням у часі рівнянь динаміки. Для вивчення коливань було створено параметричну скінченно-елементну модель, яка дозволила провести серію варіативних розрахунків із наявністю та відсутністю внутрішніх жорсткісних елементів. Проведено порівняльний аналіз коливань в різних точках конструкції, що дозволив відстежити вплив внутрішніх жорсткісних елементів (хвилерізів) на динаміку коливань порожньої автоцистерни.

Ключові слова: автоцистерна, транспортний засіб, імпульсивне навантаження, одинична нерівність.

Постановка проблеми. У сучасних умовах питанням перевезення рідких нафтопродуктів приділяється багато уваги. При постійному зростанні кількості перевезень, стає гостре питання щодо безпечності та своєчасності вирішення логістичних проблем. Пошкодження цистерни, що здатні з'являтися під час експлуатації внаслідок накопичення та розвитку втоми призводять до виникнення тріщин та розгерметизації котла цистерни. Несвоечасне виявлення таких пошкоджень конструкції може призвести до надзвичайної аварійно-небезпечної ситуації. Тому питанням розрахунків конструкцій транспортних засобів, що призначені для перевезення нафтопродуктів, з точки зору надійності їх елементів необхідно приділяти велику увагу. Особливо гостро ця проблема постає при проектуванні, оцінці тягових і швидкісних показників, загальної динаміки, прохідності, стійкості руху та плавності ходу, що тісно пов'язані з вертикальними коливаннями автоцистерни. Отже, розвиток методів розрахункового моделювання конструкцій цистерн для оцінки їх міцності як на стадії проектування, так і в умовах експлуатації з метою забезпечення безпечної роботи є актуальним. Аналіз пошкоджень базується на визначенні параметрів напружено-деформованого стану (НДС) конструкції при її експлуатації.

В сучасній технічній літературі приділяється багато уваги питанням дослідження працездатності елементів конструкції великогабаритних транспортних засобів [1-11]. Більшість робіт поділяється на дві групи. До першої групи слід віднести дослідження динаміки транспортних засобів (ТЗ) на спрощених моделях. До другої відносяться дослідження в яких представлено скінченно-елементне (СЕ) моделювання коливань відповідних ТЗ.

В роботах [7-11] проводиться аналіз коливань ТЗ, у яких модель представлена у вигляді зосереджених мас і жорсткостей, що їх зв'язують. У статті [11] описується метод аналізу вібрацій ТЗ методом псевдо збуджень. У роботі [9] проведено аналіз чутливості та надійності за різними критеріями: перекидання і злам транспортного засобу. Розглядається надійність при раптових відмовах шарнірно сполучених трактора і тривісного напівпричепу. Збурення задається у вигляді вектора випадкових параметрів. Результати аналізу надійності отримані у вигляді графіка імовірності відмови по відношенню до початкової швидкості. При цьому, з огляду на те, що використовувалася спрощена модель ТЗ, у вигляді зосереджених мас і жорсткостей, це не дозволило дослідити внутрішні деформації та напруження.

Відповідна проблема вирішується визначенням динамічного НДС елементів конструкції в експлуатації, застосовуючи для цього СЕ моделі [1-6]. Розглянуті в роботах моделі є вузько спеціалізованими, а результати придатні для оцінки НДС лише конкретних типів та моделей транспортних засобів. Проте підходи та загальні висновки й рекомендації є значно більш загальними та співпадають із задачами та метою даної статті.

Крім того, проведений аналіз робіт [1-6], дозволяє стверджувати, що в зазначених роботах недостатньо уваги приділено визначенню параметрів міцності конструкцій напівпричепів автоцистерн безрамного типу. В цьому сенсі заслуговує на увагу робота [4] представлено підхід до оцінки надійності залізничних цистерн. Виконано аналіз НДС циліндричної оболонки та еліптичних

днищ котла залізничної цистерни при статичному навантаженні та залишкових деформацій котла залізничної цистерни від пошкоджень типу «вм'ятина» з використанням методу скінченних елементів (МСЕ) і проведено оцінку надійності її елементів при відмовах багатовісної втоми. Але автори обмежились лише аналізом міцності у детермінованій постановці в припущенні гармонічного навантаження, яке відповідає умовам стаціонарного руху.

Взагалі слід відмітити те, що зазвичай автори досліджень недостатньо уваги приділяють питанням адекватності завдання зовнішнього навантаження. Так, у більшості робіт навантаження задається або детермінованим, або у вигляді шуму, при цьому не враховується, що багатовісні колісні ТЗ мають залежний вплив на свої осі. Дійсно навантаження, яке діє на передню вісь автомобіля під час цього руху є таким самим як і навантаження на задню вісь але воно діє із запізненням на час проходження ТЗ шляху між цими осями. Також мало уваги приділяється нестационарним режимам руху ТЗ (різкі зупинки, аварійні ситуації, подолання дорожніх перешкод тощо). Разом із тим автоцистерна може зазнавати великі динамічні перенавантаження на нестационарних режимах, особливо при переїзді через одиничні нерівності (бордюри, лежачого поліцейського, ями та ін.). Тому дослідження особливостей такого руху має своє окреме важливе та актуальне значення.

У зв'язку з цим **метою даної роботи** є проведення дослідження нестационарних коливань напівпричепу автоцистерни, що виникають при переїзді через одиничну нерівність та визначення впливу на характеристики цих коливань наявності елементів додаткової жорсткості (хвилерізів).

Результати досліджень. Напівпричіп складається зі зовнішньої оболонки, внутрішніх хвилерізів, глухих перегородок, люків та опор. Креслення конструкції представлено на рис.1. Напівпричіп має наступні базові розміри: корпус еліптичної форми (менший радіус – 0,964 м, більший – 1,244 м), довжина корпусу цистерни – 11,435 м, висота еліптичних днищ – 0,288 м, товщина стінок прийнята однакова для усієї конструкції (10 мм). Матеріалом є сталь 09Г2С з наступними механічними властивостями: $[\sigma_T]=178.5$ МПа, модуль пружності $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, щільність $\rho = 7850$ кг/м³, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0.21$.

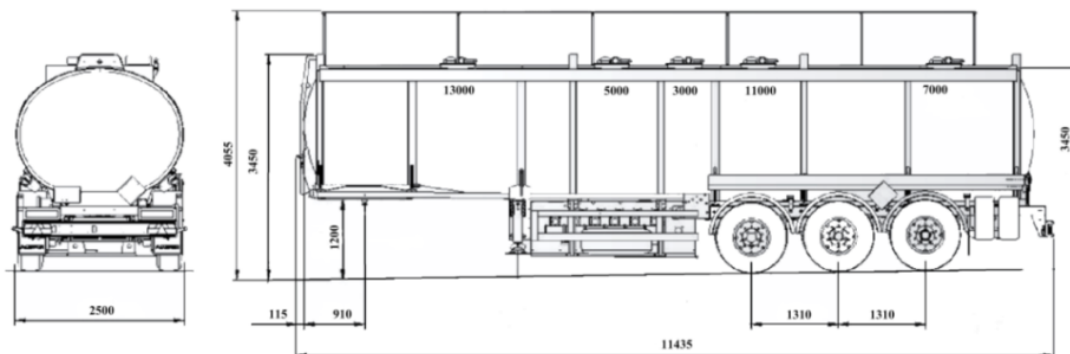


Рис.1 – Креслення напівпричепу автоцистерни [12]

При моделюванні переїзду через одиничну нерівність використовувалась скінченно-елементна модель, яка складається з основного корпусу, опор та ресор на які приводиться навантаження (рис.2).

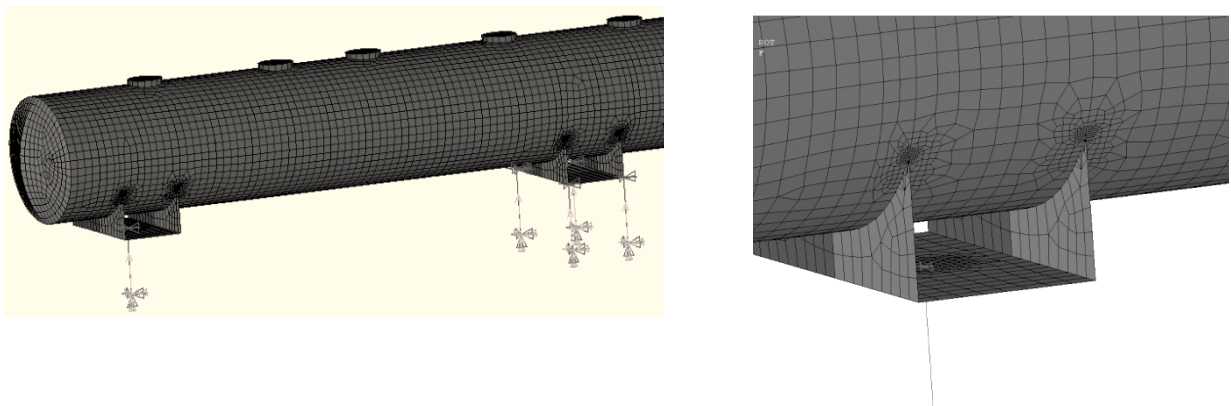


Рис.2. SE-модель

Область стику опори та основного корпусу є типовим концентратором напружень, тому запропоновано згустити SE-сітку у цьому місті. Це можна бачити на рис.2.

При розрахунку коливань автоцистерни змодельований випадок – переїзд через одиничну нерівність, дія якої на колеса носить ударний характер (імпульс зовнішньої сили). При цьому враховано, що при русі через одиничну нерівність автоцистерна відчуває навантаження на вісі не одночасно, а з запізненням у часі, яке залежить від міжосьової довжини (L_s) та швидкості руху (v). Тому навантаження приводилось на ресори у вигляді зображеному на рис. 3.

При дослідженні коливальних процесів, що виникають при переїзді однієї нерівності, приймаємо, що початкові умови в момент наїзду на нерівність відомі і є тривіальними однорідними.

Рівняння руху автоцистерни можна компактно записати в матричній формі відносно вектора узагальнених переміщень $\{z\}$:

$$[M] \cdot \{\ddot{z}\} + [K] \cdot \{\dot{z}\} + [C] \cdot \{z\} = \{f\}, \quad (1)$$

де $[M]$, $[K]$, $[C]$ – матриці узагальнених мас, коефіцієнтів демпфування та пружності відповідно; $\{f\}$ – вектор-стовпчик узагальнених сил. Зовнішня сила прикладається у вигляді імпульсивного навантаження.

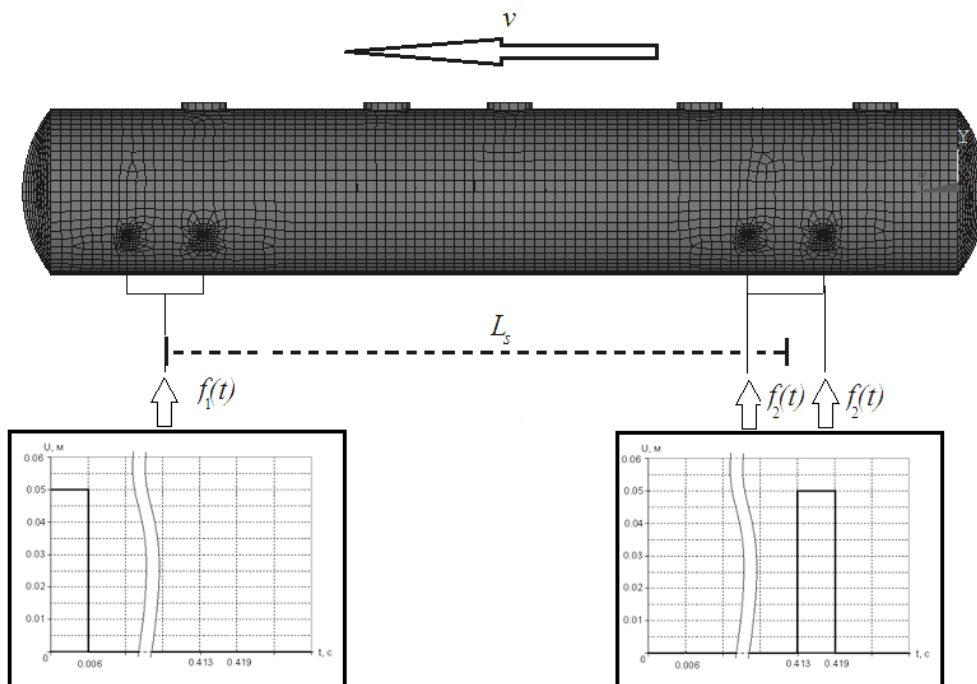


Рис. 3 Графік прикладання навантаження з урахуванням запізнення у часі

При дослідженні було проведено два розрахунки з усіма хвилерізами та без них (рис.4). Розрахунки проводилася при швидкості 60 км/год. Приведені графіки переміщень (рис.5) та напружень (рис.6) на лівому краю цистерни та на правому краю цистерни для двох розрахункових моделей.

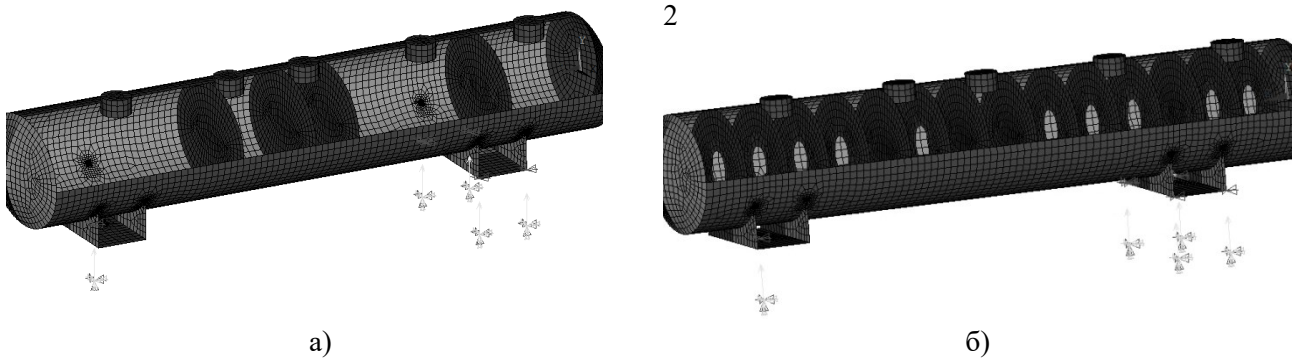


Рис.4 Розрахункові моделі а) без внутрішніх хвилерізів та б) з внутрішніми хвилерізами

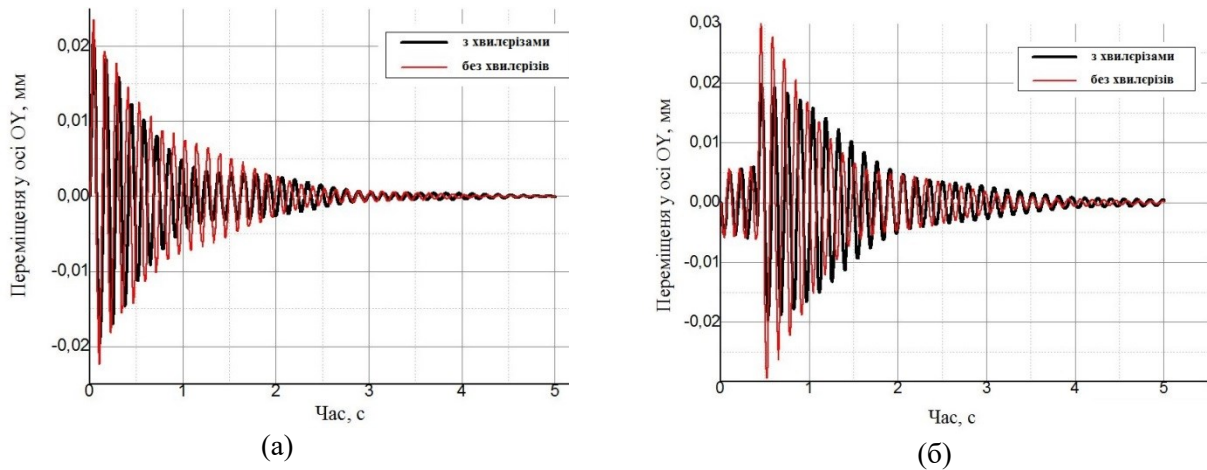


Рис. 5 Графік переміщень на лівому краю (а) та на правому краю (б) цистерни

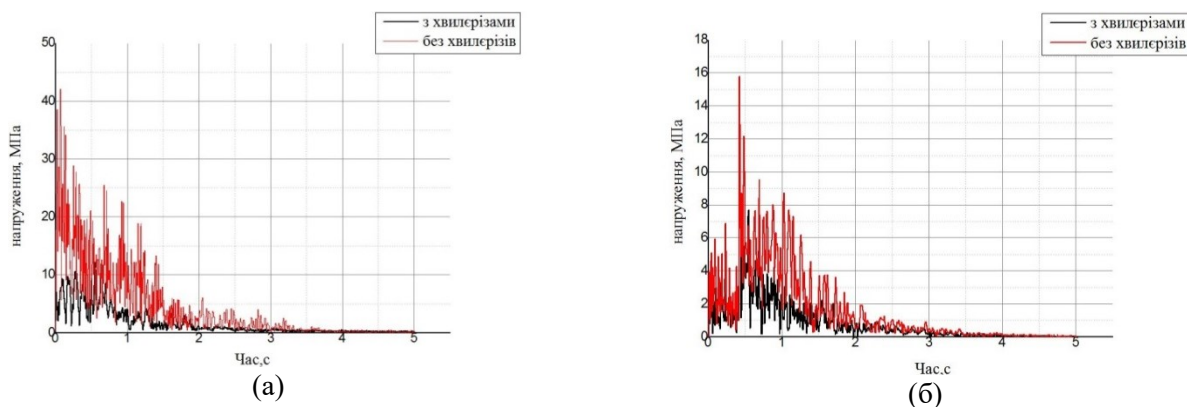


Рис. 6 Графік напруження на лівому краю (а) та на правому краю (б) цистерни

Коливання напівпричепу мають пульсуючий характер. На лівому краю напівпричепу максимальна амплітуда переміщень спостерігається на початку руху і дорівнює 2 мм у обох випадках (рис.5). З графіків на рис 5 можна побачити, що наявність хвилерізів впливає на амплітуду коливань лівого краю цистерни, тобто амплітуда збільшується на другому відрізку. При наявності хвилерізів гасіння коливань від дії навантаження на першу вісь відбувається протягом першої секунди, а потім спостерігається незначний зріст амплітуди переміщень, який досягає максимального значення на другій секунді, з подальшим пульсуючим затуханням. У випадку відсутності хвилерізів швидкість затухання суттєво менша ніж у попередньому випадку, крім того амплітуда більша у два рази.

З іншого боку, вплив на правий край напівпричепу не такій явний, лише на початку руху при наявності хвилерізів спостерігається збільшення максимальної амплітуди переміщень на 40%. У даному випадку коливання не мають явного пульсуючого характеру.

При аналізі графіків напружень визначено, що вплив внутрішніх хвилерізів значний. Так, на лівому краю максимальні амплітуди більші у 4 рази, а на правому краю у два рази в порівнянні з конструкцією що має хвилерізи. Також при відсутності хвилерізів спостерігається більша неоднорідність концентрації напружень і на лівому краю виникають напруження більше у 2.5 рази ніж на правому краю. У обох випадках гасіння коливань цистерни відбувається на 4 секунді. Напруження нестационарний коливальний характер з досить високою частотою (вібропереміщення проявлялись на значно нижчій частоті)

Висновки. У даній роботі побудована параметрична модель напівпричепу автоцистерни. Дослідженні коливання конструкції під дією імпульсивного навантаження при наявності хвилерізів та без них. Визначено, що вплив хвилерізів більший на лівому краю напівпричепу у два рази. На правому краю максимальна амплітуда коливань збільшується на 40% при відсутності хвилерізів. Також визначено, що виникаючі напруження більші у 4 рази на лівому краю цистерни.

1. Аврамов М.В. Разработка метода расчета несущих систем колесных машин при случайных стационарных колебаниях / М.В Аврамов — Саратов : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец 01.02.06. «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», 2009. — 17 с.
2. Галимянов И.Д. Оценка усталостной долговечности кабин грузовых автомобилей расчетно–экспериментальным методом / И. Д. Галимянов. — Набережные Челны : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины», 2009. — 16 с.
3. D. Younesian Fatigue life estimation of MD36 and MD523 bogies based on damage accumulation and random theory / D. Younesian, A. Solhmirzaei, A. Gachloo. // *Journal of Mechanical science and technology*, 2011. — 9 с.
4. Шостак Р.М. Ризики виникнення пожеж під час експлуатації залізничних цистерн з пошкодженнями типу «вмятина» / Р.М. Шостак. — Київ : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 21.06.02 — «пожежна безпека», 2012. — 23 с.
5. Мясницкий Р.Н. Разработка расчетных моделей и методов оценки работоспособности цистерн несущей конструкции / Мясницкий Р. Н. — М. : дис. кандидата тех. наук 05.05.04, 2009. — 173 с
6. A.V.Hougaz Probabilistic Structural Analysis Applied To Spring Leaf Suspension Assembly Of Semi-Trailer Tank Vehicle / A.V.Hougaz, C.A.N. Dias. // *San Pauls :17th International Congress of Mechanical Engineering*, 2003. — 8 с.
7. Milan Saga Simulation Of Vertical Vehicle Non-Stationary Random Vibrations Considering Various Speeds / Milan Saga, Lenka Jakubovichova. // *Transport z.84*, 2014. — 6 с.
8. J.Dai Random displacement and acceleration responses of vehicles with uncertainty / J.Dai, W.Gao, N. Zhang. // *Journal of Mechanical science and technology*, 2011. — 8 с. 9. H. Badi Sensitivity and reliability analysis of articulated heavy vehicle / H. Badi, F.Bernardin, M. Bouteldja, M. Fogli, C.H. Lamarque. // *Leuven, Belgium Eurodyn*, 2011. — 9 с.
10. V. Rouillard On the Non-Gaussian Nature of random vehicle vibrations / V. Rouillard. // *Progressing of the world congress on engineering Vol II, London U.K.*, 2007. — 6 с.
11. Li-Xin Guo Vehacle Vibration Analysis in changeable speeds solved by pseudoexcitation / Li-Xin Guo, Li-Ping Zhang. // *Mathematical Problems in Engineering.*, 2009. — 9 с.
12. Ричардс Р.Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин / Ричардс Р.Б. — Р. «Зинатне», 1988. — 282 с.

REFERENCES

1. Avramov, M. (2009). *Development of a method for calculating bearing systems-wheeled vehicles with stationary random vibrations*. Saratov, 17 p.
2. Galimyanov, I. (2009). *Assessment of fatigue life truck cabins of methods to assess*. Naberezhnye Chelny, 16 p.
3. Younesian, D. Solhmirzaei, A. Gachloo A. (2011). Fatigue life estimation of MD36 and MD523 bogies based on damage accumulation and random theory. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 9 p.
4. Shostak, R. (2012). *Risk of fire during the operation of railway tanks with injuries such as "dent"*. Kyiv, 23 p.
5. Myasnitskiy, R. (2009). *The development of computational models and methods for assessing performance tank support structure*. Moscow, 173 p.
6. Hougaz, A.B., Dias C.A.N. (2003). Probabilistic Structural Analysis Applied To Spring Leaf Suspension Assembly Of Semi-Trailer Tank Vehicle. *Sas Pauls: 17th International Congress of Mechanical Engineering*, 8 p.
7. Milan Saga, Lenka Jakubovichova. (2014). Simulation Of Vertical Vehicle Non-Stationary Random Vibrations Considering Various Speeds. *Transport*, no.84, 6 p.
8. J.Dai, W.Gao, N. Zhang. (2011). Random displacement and acceleration responses of vehicles with uncertainty. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 8 p.
9. Badi, H., Bernardin, F., Bouteldja, M., Fogli, M. & Lamarque, C.H. (2011). Sensitivity and reliability analysis of articulated heavy vehicle. *Leuven, Belgium Eurodyn*, 9 p.
10. Rouillard, V. (2007). On the Non-Gaussian Nature of random vehicle vibrations. *Progressing of the world congress on engineering*, Vol II, London, U.K., 6 p.
11. Li-Xin Guo, Li-Ping Zhang. (2009). Vehacle Vibration Analysis in changeable speeds solved by pseudoexcitation. *Mathematical Problems in Engineering*, 9 p.
12. Richards, R.B. (1988). *The finite element method in the theory of shells and plates*. Riga, 282 p.

Ларін А.А., Потопальська К.Є. Моделирование колебаний двуосной автоцистерны при переезде через единичную неровность

В работе выполняется компьютерное моделирование колебаний полуприцепа автоцистерны при переезде через единичную неровность, которая моделируется как импульс внешней силы, действующей на оси полуприцепа с учетом запаздывания его действия во времени. Моделирование проводилось на основе трехмерного конечно-элементного моделирования с явным интегрированием во времени уравнений динамики. Для исследования колебаний была создана параметрическая конечно-элементная модель, которая позволила провести серию вариативных расчетов с наличием и отсутствием внутренних жесткостных элементов. Проведен сравнительный анализ колебаний в различных точках конструкции, позволивший отследить влияние внутренних жесткостных элементов (волнорезов) на динамику колебаний пустой автоцистерны.

Ключевые слова: автоцистерна, транспортное средство, импульсивное нагружки, единичная неровность.

O. Larin, K. Potopalska. The simulation vibration of two-axle semi-trailer tank vehicle when driving across single unevenness

In this paper is carried out computer simulations of a tanker semi-trailer vibration when moving through a unit unevenness, which is modeled as an impulse of the external force acting on the semi-trailer axle with time lag. The simulation was performed on the basis of three-dimensional finite element modeling with explicit integration of dynamic equations of time. To investigate the vibrations parametric finite element model was created, which allowed a series of variant calculations with and without internal stiffness elements. A comparative analysis of vibrations at different points in the structure allowed to track the influence of internal stiffness elements (breakwaters) on the dynamics of vibrations empty tanker.

Keywords: semi-trailer tank vehicle, vehicle, impulse load, single unevenness.

АВТОРИ:

ЛАРИН Олексій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Динаміка та міцність машин», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: alexeya.larin@gmail.com

ПОТОПАЛЬСЬКА Ксенія Євгенівна, аспірант кафедри «Динаміка та міцність машин», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: ks.potopalskaya@gmail.com

АВТОРЫ:

ЛАРИН Алексей Александрович, к. т. н., доцент кафедры «Динамика и прочность машин», Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: alexeya.larin@gmail.com

ПОТОПАЛЬСКАЯ Ксения Евгеньвна, аспирант кафедры «Динамика и прочность машин», Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: ks.potopalskaya@gmail.com

AUTHORS:

Olexey LARIN, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of dynamics and strength of machines Department, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", e-mail: alexeya.larin@gmail.com

Kseniia POTOPALSKA, Master, Ph.D student; Dynamics and strength of machines department of the National Technical University «KPI», e-mail: ks.potopalskaya@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 08.02.2016р.

Матейчик В.П., Цюман М.П.
Національний транспортний університет

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПРИ РУСІ В ПОТОЦІ

Проведено аналіз показників екологічної безпеки транспортного засобу в умовах міського транспортного потоку з застосуванням методів математичного моделювання за умови отримання динамічної інформації про параметри руху. Встановлено часові межі основних фаз руху транспортного засобу в типових міських умовах і закономірності зміни показників його екологічної безпеки в умовах руху в транспортному потоці.

Ключові слова: транспортний засіб, витрата палива, емісія шкідливих речовин, екологічна безпека, транспортний потік.

Постановка проблеми. В сучасних економічних умовах транспортне забезпечення господарської діяльності відіграє важливу роль. Найбільшу частку в транспортних процесах складає автомобільний транспорт. Враховуючи той факт, що переважним типом транспортних енергоустановок є енергоустановки на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), найбільш значущими аспектами транспортних процесів є ефективність споживання моторних палив і рівень забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами, що містяться у відпрацьованих газах (ВГ) транспортних засобів (ТЗ). Тому актуальною задачею сьогодення є розробка і впровадження в експлуатацію ефективних заходів, що сприятимуть підвищенню екологічної безпеки через ефективне паливовикористання і зменшення шкідливого навантаження на навколишнє середовище. Разом з тим, ефективність впровадження таких заходів неможливо оцінити без об'єктивного моніторингу окремих показників екологічної безпеки ТЗ протягом життєвого циклу. В процесі моніторингу повинні враховуватись усі можливі конструктивні і експлуатаційні фактори, що визначають загальний еколого-економічний рівень ТЗ. До значущих факторів впливу відносять такі, що сильно залежать від конкретних умов експлуатації, зокрема, технічний стан ТЗ, вид використовуваного палива, дорожні умови руху, транспортні умови руху, що визначаються щільністю, швидкістю і інтенсивністю транспортного потоку (ТП), тощо. Вплив цих факторів на паливну економічність ТЗ і його екологічні показники в умовах експлуатації достатньо складний, тому їх врахування вимагає застосування відповідних системних методів дослідження.

Питання дослідження впливу на навколишнє середовище об'єктів дорожньої мережі, окремих ТЗ і ТП та способів підвищення їх екологічної безпеки, розробки методик дослідження і прогнозування екологічної безпеки окремих ТЗ та рівня забруднення придорожного середовища ТП, а також розробки систем екологічного моніторингу на транспорті досліджувались в роботах багатьох вчених таких як Гутаревич Ю.Ф., Луканін В.Н., Трофименко Ю.В., Звонов В.А., Канило П.М. та інших [1-5].

На основі результатів цих досліджень в працях [6, 7] висвітлені особливості побудови математичної моделі системи «транспортний потік - дорога» та питання формування окремих елементів інтелектуальної системи моніторингу показників екологічної безпеки ТЗ на стадії експлуатації. Разом з тим питання практичного застосування розроблених методів моделювання паливної економічності і екологічних показників ТЗ в умовах безпосередньо його руху потребують додаткових досліджень.

Метою статті є аналіз особливостей моделювання показників екологічної безпеки транспортного засобу при русі в потоці.

Результати досліджень. З метою врахування максимального числа факторів впливу на паливну економічність і екологічні показники ТЗ розроблено алгоритм моделювання для випадку ТЗ з бензиновим ДВЗ і трикомпонентним каталітичним нейтралізатором (рис. 1), що базується на використанні статичної інформації, яку складають конструктивні параметри ТЗ: параметри енергоустановки і трансмісії, масогабаритні параметри; умовно статичної інформації про параметри дороги і навколишнього середовища: коефіцієнт дорожнього опору, температура і вологість повітря, атмосферний тиск; динамічної інформації, що характеризує реальні транспортні умови руху ТЗ в потоці і включає дані бортової системи *On Board Diagnostic (OBD)* [8]: температура охолоджуючої рідини $t_{ох}$, ступінь відкриття дросельної заслінки, частота обертання колінчастого валу, кут

випередження запалювання, швидкість автомобіля V_a , напруга і стан датчика кисню, масова витрата повітря, діагностичні коди несправностей.

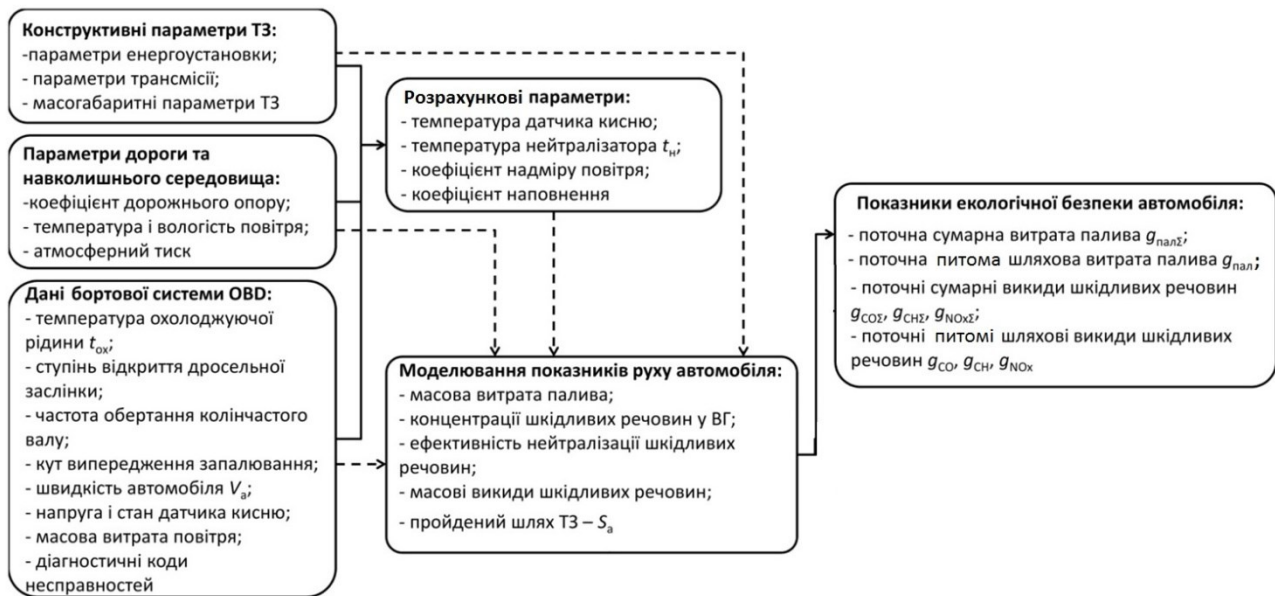


Рис. 1. Алгоритм моделювання показників екологічної безпеки ТЗ при русі в потоці

На основі вищенаведеного діапазону даних та із застосуванням математичної моделі руху ТЗ з каталітичним нейтралізатором [6] спочатку моделюються такі параметри енергоустановки як температура датчика кисню, що необхідна для визначення коефіцієнту надміру повітря, температура нейтралізатора t_n , коефіцієнт наповнення циліндрів двигуна. З використанням вхідних статичних і динамічних даних і розрахованих параметрів енергоустановки моделюються показники руху автомобіля: масова витрата палива, концентрації шкідливих речовин у ВГ, ефективність нейтралізації шкідливих речовин, масові викиди шкідливих речовин, пройдений шлях ТЗ S_a .

Отримані в результаті показники руху автомобіля дають можливість визначити показники екологічної безпеки ТЗ: поточні сумарні витрату палива $g_{\text{пал}\Sigma}$ і викиди шкідливих речовин g_{CO_2} , g_{CH_4} , g_{NO_x} , а також поточні питомі шляхові витрати палива $g_{\text{пал}}$ і викиди шкідливих речовин g_{CO} , g_{CH} , g_{NO_x} .

З використанням розробленого алгоритму отримано параметри руху (рис. 2), параметри теплового режиму агрегатів (рис. 3), витрату палива і викиди шкідливих речовин (рис. 4, 5) автомобіля ВАЗ-21101 при його русі в типовому міському транспортному потоці з моменту пуску двигуна до прибуття в пункт призначення.

Аналіз отриманих параметрів руху ТЗ (рис. 2) дозволяє встановити три характерні часові фази руху: прогрів, рух у вільному потоці і рух в заторі. Фаза прогріву характеризується невисокими швидкостями руху, підвищенням температури охолоджуючої рідини і нейтралізатора (рис. 3) до робочих значень і триває близько 400 секунд. Також в цій фазі дуже високі значення питомих шляхових витрати палива і викидів шкідливих речовин (рис. 5).

Фаза руху в потоці займає близько половини всього часу руху ТЗ і характеризується підвищенням швидкісного режиму (рис. 2, а) і, відповідно, збільшенням пройденого шляху (рис. 2, б), нормальним тепловим режимом роботи системи охолодження (рис. 3, а) і нейтралізатора (рис. 3, б). Це сприяє зниженню значень питомих шляхових витрати палива і викидів шкідливих речовин (рис. 5) до мінімальних рівнів.

Фаза руху в заторі також займає майже половину часу руху ТЗ на досліджуваній ділянці. В цій фазі тепловий режим системи охолодження характеризується максимальними значеннями і періодичним вмиканням вентилятора охолодження радіатора (рис. 3, а). На відміну від цього, тепловий режим нейтралізатора характеризується зниженням температури (рис. 3, б), що пов'язано з низьким навантаженням двигуна. Значення поточних шляхових витрати палива і викидів шкідливих речовин в цій фазі зростають (рис. 5).

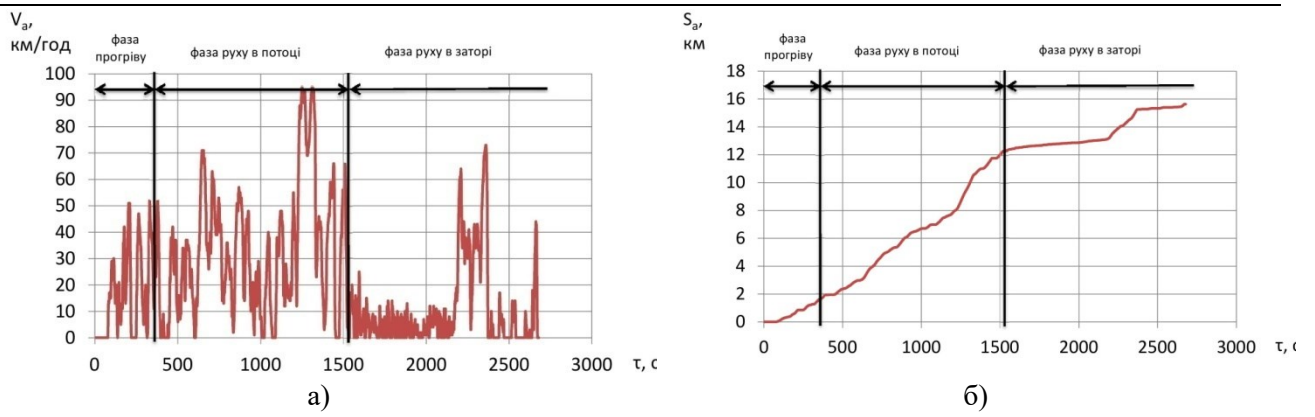


Рис. 2. Параметри руху ТЗ в транспортному потоці: а) швидкість; б) пройдений шлях

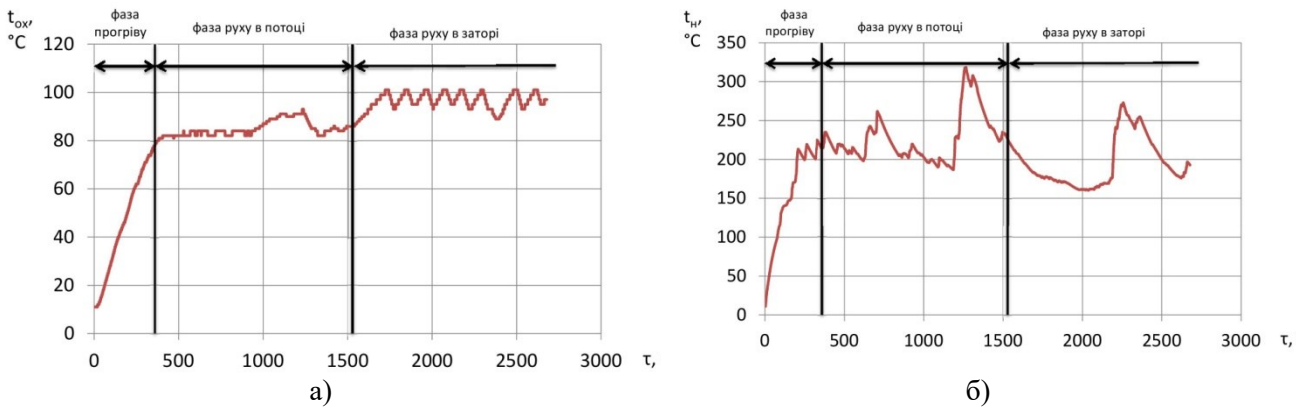


Рис. 3. Параметри теплового режиму агрегатів ТЗ: а) система охолодження; б) нейтралізатор

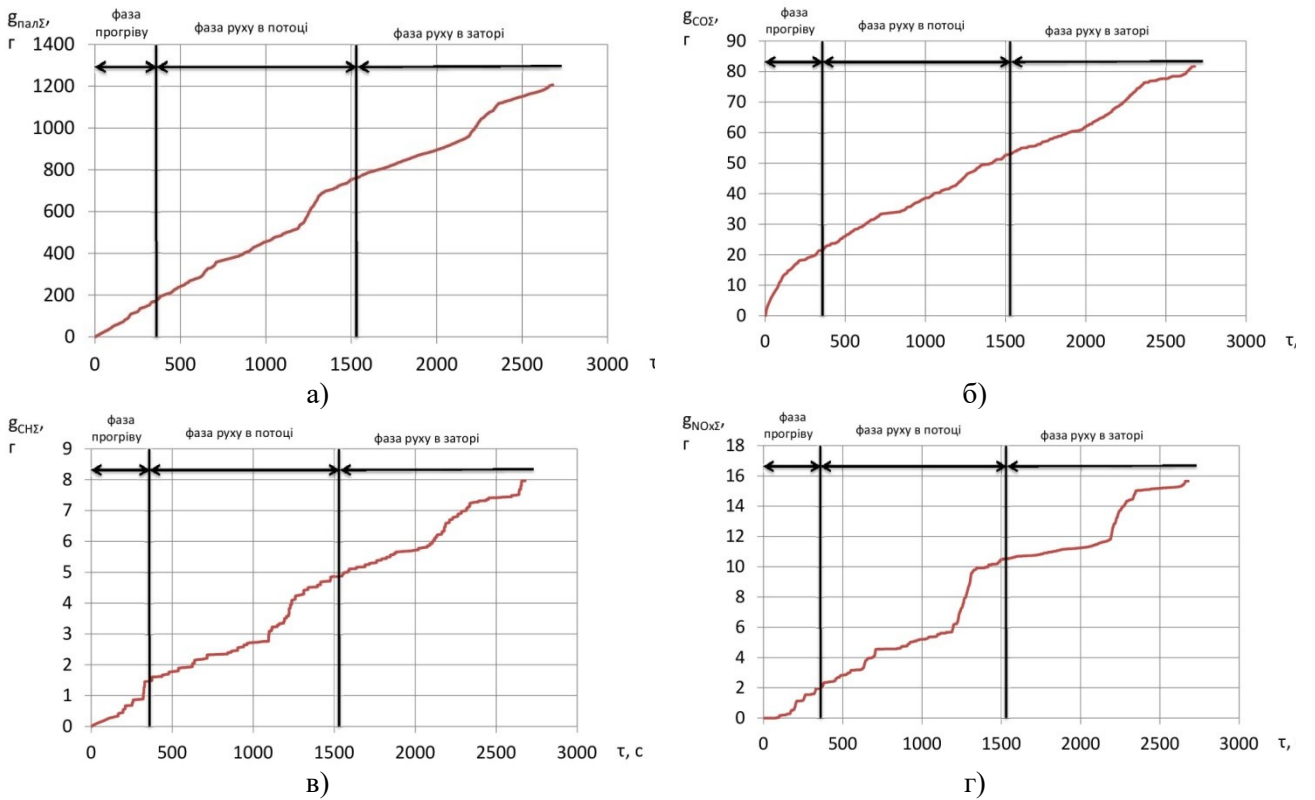


Рис. 4. Поточні сумарні витрата палива і викиди шкідливих речовин ТЗ: а) витрата палива; б) викиди оксиду вуглецю; в) викиди вуглеводнів; г) викиди оксидів азоту

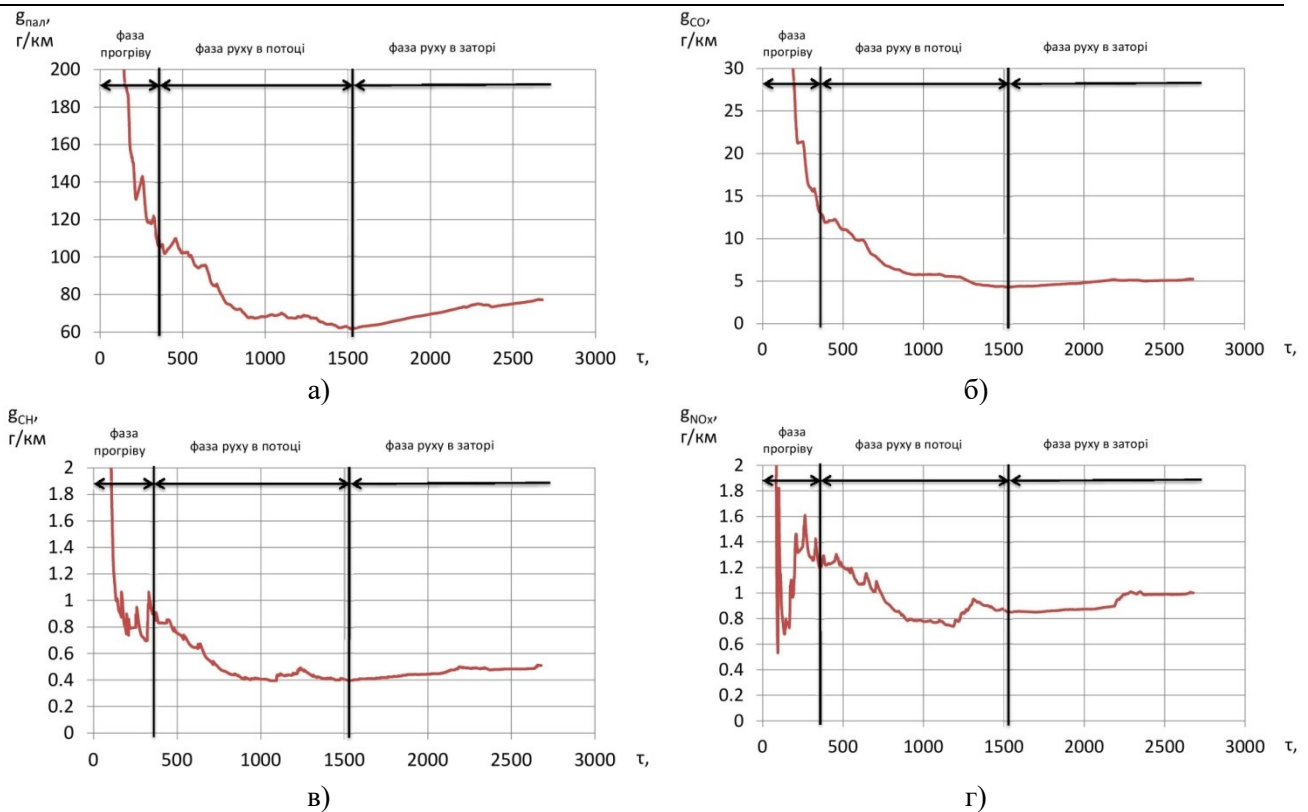


Рис. 5. Поточні питомі шляхові витрати палива і викиди шкідливих речовин ТЗ: а) витрата палива; б) викиди оксиду вуглецю; в) викиди вуглеводнів; г) викиди оксидів азоту

Висновки. З застосуванням методів математичного моделювання проведено аналіз показників екологічної безпеки ТЗ в умовах міського транспортного потоку, який дає можливість прогнозування зміни окремих показників в характерних фазах руху за умови отримання динамічної інформації про параметри окремих систем двигуна і ТЗ.

Встановлено часові межі основних фаз руху ТЗ в типових міських умовах і закономірності зміни показників екологічної безпеки ТЗ в них.

1. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях: [Монографія] / Ю.Ф. Гутаревич – К.: Вища школа, 1991. - 179 с.
2. Луканин В.Н. Снижение экологических нагрузок на окружающую среду при работе автомобильного транспорта / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко // ВИНТИ. Итоги науки и техники. Сер. Автомобильный и городской транспорт. – М., 1996. – 339 с.
3. Звонов В.А. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле / В.А. Звонов, А.В. Козлов, В.Ф. Кутенев. – М.: НАМИ, 2001. – 248 с.
4. Канило П.М. Автотранспорт. Топливо-экологические проблемы и перспективы: монографія / П.М.Канило. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 272 с.
5. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: Монографія / В.П. Матейчик – К.: НТУ, 2006. – 216 с.
6. Матейчик В.П. Моделювання системи «транспортний потік-дорога» / В.П. Матейчик, М.П. Цюман, Г.О. Вайганг // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк. – 2014. – Вип. 46. -С. 371-381.
7. Матейчик В.П. Формування структури інтелектуальної системи моніторингу показників екологічної безпеки транспортних засобів на окремих етапах життєвого циклу / В.П. Матейчик, М.П. Цюман // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ – 2015. – Вип. 2(32). – С. 193-200.
8. Виснап К.Н. OBD-II для диагностики автомобилей: основная информация / Виснап К.Н.// [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ardio.ru/obd2.php>

REFERENCES

1. Gutarevich, Yu.F. (1991). *Reducing vehicle emissions in operating conditions*. Kyiv, Vyshcha shkola, 179 p.
2. Lukanin, V.N., Trofimenko, Yu.V. (1996). Decline of the ecological loadings on an environment during work of motor-car transport. *VINITI. Itogi nauki i tekhniki. Ser. Avtomobilnyy i gorodskoy transport*. Moscow, 339 p.

3. Zvonov, V.A., Kozlov, A.V., Kutenev, V.F. (2001). *Environmental safety of the car in the full life cycle*. Moscow, NAMI Publ., 248 p.
4. Kanilo, P.M. (2013). *Motor transport. Fuel and environmental problems and prospects*. Kharkiv, 272 p.
5. Mateichyk, V.P. (2006). *Evaluation methods and methods of increase of ecological safety of travelling transport vehicles*. Kyiv, 216 p.
6. Mateichyk, V.P., Tsiuman, M.P., Vayhanh, H.O. (2014). Simulation of the system "traffic flow – road". *Naukovi notatky*, Lutsk, issue 46, pp. 371-381.
7. Mateichyk, V.P., Tsiuman, M.P. (2015). Formation the structure of intelligent monitoring system environmental safety indicators of vehicles at various stages of life cycle. *Bulletin of National Transport University*. Kyiv. Vol. 32, pp. 193-200.
8. Visnap, K.N. OBD-II for diagnostics of cars: General information. Available at: <http://www.ardio.ru/obd2.php>

Матейчик В.П., Цюман М.П. Особенности моделирования показателей экологической безопасности транспортного средства при движении в потоке.

Проведен анализ показателей экологической безопасности транспортного средства в условиях городского транспортного потока с применением методов математического моделирования при условии получения динамической информации о параметрах движения. Установлены временные пределы основных фаз движения транспортного средства в обычных городских условиях и закономерности изменения показателей экологической безопасности в условиях движения в транспортном потоке.

Ключевые слова: транспортное средство, расход топлива, эмиссия вредных веществ, экологическая безопасность, транспортный поток.

V.Mateichyk, M.Tsiuman. The peculiarities of environmental safety indicators simulation for vehicle in the traffic flow.

The analysis of environmental safety indicators of the vehicle in city traffic flow with the use of mathematical simulation methods and the dynamic traffic information is performed. The timeframes of main phases of the vehicle movement in typical urban conditions and regularities of changes of vehicle environmental safety indicators in operation on traffic conditions are established.

Keywords: vehicle, fuel consumption, harmful emission, environmental safety, traffic flow.

АВТОРИ:

МАТЕЙЧИК Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Національний транспортний університет, e-mail: wmate@ukr.net

ЦЮМАН Микола Павлович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри двигунів та теплотехніки, Національний транспортний університет, e-mail: tsuman@ukr.net

АВТОРЫ:

МАТЕЙЧИК Василий Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, Национальный транспортный университет, e-mail: wmate@ukr.net

ЦЮМАН Николай Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры двигателей и теплотехники, Национальный транспортный университет, e-mail: tsuman@ukr.net

AUTHORS:

Vasyl MATEICHYK, Dr. Sci., Professor, Professor of Ecology Department, National Transport University, e-mail: wmate@ukr.net

Mykola TSIUMAN, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department of Engines and Heating Engineering, National Transport University, e-mail: tsuman@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 17.03.2016р.

Мельничук С.В., Вітюк І.В., Бовсунівський І.А.
Житомирський державний технологічний університет

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ З ПІДВІСКОЮ НА ОСНОВІ ЧОТИРИЛАНКОВОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Проаналізовано сучасний стан перспектив та проблем використання лабораторних технологій для визначення поперечної стійкості автомобіля. Проведено огляд наукових робіт, пов'язаних з вивченням властивостей стійкості автомобіля. Із наведених прикладів видно, що сучасні дослідники питань поперечної стійкості недостатньо уваги приділяють питанням пов'язаним із процесами, які відбуваються в підвісках автомобіля. Розроблено методику визначення поперечної стійкості автомобіля категорії N1 в лабораторних умовах. Розроблено програмно-апаратний комплекс проведення випробувань на визначення поперечної стійкості автомобіля в лабораторних умовах.

Ключові слова: підвіска, автомобіль, чотириланковий важільний механізм, стійкість, випробування.

Постановка проблеми.

Оцінці показників поперечної стійкості автотранспортних засобів приділяється велика увага, й тому кут статичної поперечної стійкості і кут нахилу підресорених мас, є одними з важливих показників безпеки, що нормуються по ГОСТ 52302-2004 і можуть визначатися під час дорожніх випробувань.

Звичайно, лабораторні випробування не можуть повністю замінити дорожні, їх призначення підтвердити теоретичні розрахунки.

Стійкість автомобіля є одним з найважливіших експлуатаційних складових активної безпеки і, які напряму пов'язані з якістю роботи підвіски.

Головними параметрами оцінки стійкості транспортного засобу є перекидання та бокове ковзання[1,2,3]. Але при проведенні дорожніх випробувань автомобіля на стійкість виникає ряд проблем, що ускладнюють отримання розгорнутих оціночних показників, тому використання лабораторних випробувань повинно, по-перше, полегшити цей процес, по-друге, надасть можливість більш повноцінно провести експеримент при скороченні його часу та вартості.

Необхідність поліпшення якості досліджень експлуатаційних властивостей автомобілів обумовлена подальшим вдосконаленням нормативних вимог і вимогами споживачів, відповідність яким особливо важлива в умовах конкуренції між виробниками автомобілів.

Автомобілі категорії N1 є невід'ємною складовою вантажних перевезень міст, та відіграють важливу роль в економіці країни. Це транспортні засоби максимальна маса яких не перевищує 3,5 тон.

За останні роки, за рахунок своєї мобільності та універсальності, чисельність таких транспортних засобів значно зросла. Інтенсивне використання такого виду транспорту якісно впливає на торгівельний розвиток міст. Але, разом з тим, значно впливає на безпеку дорожнього руху через значне зростання кількості таких автомобілів на дорогах та високий центр мас.

За 2015 рік в Україні кількість дорожньо-транспортних пригод склала 59,8 тисяч, коли у 2009 році – 37 тисяч. Серед цієї статистики дорожньо-транспортні пригоди, що пов'язані із перекиданням через втрату їх стійкості та керованості, призводять до більш тяжких збитків і травм, а це близько 18%.

Під стійкістю автомобілів розуміють сукупність його властивостей, за рахунок яких, вдається зберегти заданий напрям руху уразі впливу зовнішнього середовища, що прагнуть відхилити автомобіль від цього напрямку (перекидання, занос, ковзання).

Взагалом стійкість автомобіля визначається його конструктивними особливостями, такими як, висота центру мас, база, конструкція підвіски, сучасні адаптивні системи контролю жорсткості підвіски і т.д.

Підчас огляду літературних джерел можна виділити такі основні причини втрати стійкості автомобіля:

- вихід з ладу кермового механізму;
- підвищення зазорів механізму підвіски;
- розрегулювання гальмівного механізму;

- недосконалість підвіски, з низьким коефіцієнтом стійкості;
- недостатня кваліфікація водія, раптове відхилення курсу руху з інтенсивним гальмуванням або підвищенням швидкості руху або велика швидкість під час проходження повороту;
- не зафіксований багаж, переміщення багажу спричинить зміну координат центру мас.

Так як втрата стійкості автомобіля несе тяжкі наслідки, тому у світі саме цьому питанню приділяють велику увагу.

Вивчення питання дає можливість розробки нових методів підвищення стійкості автомобілів, або удосконаленням існуючих.

Основним фактором, який впливає на стійкість автомобілів категорії N1, є співвідношення висоти центру мас автомобіля та його поперечної бази (ширини колії) до кутової жорсткості підвіски.

Високий центр мас та вузька поперечна база робить автомобіль нестійким. Також надто м'яка підвіска має низьку кутову жорсткість, що негативно впливає на стійкість автомобіля. І навпаки надто жорстка підвіска має хорошу кутову жорсткість, але буде дуже жорсткою і негативно вплине на комфорт водія та збереженість вантажу.

Аналіз шляхів підвищення стійкості автомобілів категорії N1.

На поперечну стійкість автомобілів можуть діяти одночасно дуже багато експлуатаційних, конструктивних та навколишніх факторів, таких як:

- завантаженість автомобіля;
- поперечна база автомобіля;
- висота центру мас;
- конструктивні особливості та стан гальмівного механізму (швидкість спрацювання, рівномірність роботи, інтелектуальні системи керування);
- конструктивні особливості та стан шин автомобіля;
- конструктивні особливості та стан рульового механізму (швидкість повороту управляючих коліс, зусилля на кермовому колесі і так. інш.);
- швидкість та напрям руху автомобіля;
- крен кузову автомобіля (бокова жорсткість підвіски);
- стан дорожнього покриття (якість, вид, стан...).

Тому на кафедрі автомобілів та автомобільного господарства почали активно проводити дослідження в цій області.

Основними напрямками по підвищенню стійкості автомобілів категорії N1 є:

- удосконалення конструктивних параметрів автомобіля, шляхом розробки нової енергоефективної підвіски;
- удосконаленням методів визначення та оцінки показників стійкості автомобіля, шляхом задіяння високоточного обладнання та програмного забезпечення, електронних датчиків, високошвидкісних камер та оптичних систем визначення координатної швидкості автомобіля;
- моделювання руху автомобіля категорії N1 у складних дорожніх умовах, шляхом використання передового програмного забезпечення, що надає можливість проводити нескінченну кількість дослідів, постійно змінюючи умови руху та конструктивні параметри підвіски та автомобіля вцілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Напрямок наукових робіт, пов'язаних з вивченням властивостей керованості і стійкості є найбільш складним в розділі динаміки автомобіля з огляду на те, що зачіпає усі аспекти теорії і експерименту. Виникаючі теоретичні суперечки про відсутність єдиного тлумачення понять керованості і стійкості багато в чому пов'язані з орієнтацією дослідників на різні групи оцінних показників.

Вивченням стійкості автомобіля займається багато вітчизняних та зарубіжних авторів. Серед робіт, присвячених проблемі стійкості та керованості, слід виділити наукові праці, що заклали фундаментальні основи створення сучасного автомобіля. Завдяки роботам таких дослідників, як Д.А.Антонов, Я.М.Певзнер, А.А.Хачатуров, Р.В. Ротенберг, J.R.Ellis, Y.Furukawa, Н.В.Пасеїкаї багатьох інших вдалося закласти основи наукових шкіл і виробити шляхи розвитку сучасного автомобілебудування, що задовольняють виробничим і експлуатаційним вимогам, що постійно посилюються.

У дисертаційній роботі Р.П. Кушвид[8] розвиває теорію дослідження руху автомобіля, спрямовану на скорочення термінів проектування і доведення автомобілів за рахунок прогнозування їх показників. Також останнім часом питанням стійкості руху автомобіля присвячені кандидатські роботи Морозова С. А. [9] та Гурьянова М.В.[10].

Із наведених прикладів видно, що сучасні дослідники питань курсової стійкості недостатньо уваги приділяють питанням пов'язаним із процесами які відбуваються в підвісках автомобіля. Проте саме показники якості роботи підвіски відграють визначну роль у взаємодії колеса з опорною поверхнею та як наслідок на стійкість автомобіля в цілому. Тому питання удосконалення або створення нових підвісок автомобіля залишається відкритим.

Розробкою методик також займається багато науковців. Різноманіття експериментальних методик оцінки керованості і стійкості перетворює процес проведення випробувань на тривалий і дорогий. Крім того, сучасні методики мають високу вартість.

Розглянуті вище роботи цілком якісно розкривають конкретні поставлені задачі, тому говорити про недоліки конкретних праць не зовсім доцільно. Тому був проведений пошук не розглянутих питань підвищення безпеки автомобіля шляхом підвищення його стійкості за рахунок удосконалення та розробки його підвіски.

Із наведених прикладів видно, що сучасні дослідники питань курсової стійкості недостатньо уваги приділяють питанням пов'язаним із процесами які відбуваються в підвісках автомобіля. Проте саме показники якості роботи підвіски відграють визначну роль у взаємодії колеса з опорною поверхнею та як наслідок на стійкість автомобіля в цілому. Тому питання удосконалення або створення нових підвісок автомобіля залишається відкритим.

Мета роботи. Розробити методику визначення поперечної стійкості автомобіля категорії N1 в лабораторних умовах.

Проведення дорожніх випробувань досить тривалий, складний та дорогий процес. В якості альтернативи пропонується використати лабораторні випробування з поєднанням сучасного програмного забезпечення, яке дозволить визначати поперечну стійкість в реальному часі.

Для виконання поставленої мети було вирішено розробити установку з використанням високоточних датчиків та технічного устаткування.

Пропонується розглянути метод, який полягає в тому, щоб в лабораторних умовах на горизонтальній площадці зовнішнім додатком сил до кузова привести транспортний засіб у положення відриву коліс одного боку.

Для вирішення завдання, щодо визначення кута поперечної статичної стійкості в пропонованому методі використовується модель навантаження автомобіля на горизонтальній поверхні. Сила створюється лебідкою до моменту відриву коліс однієї сторони автомобіля від опорної поверхні.

Величину кута поперечної статичної стійкості з урахуванням крену кузова автомобіля можна описати наступним виразом:

$$\alpha = \arctg(b/2h) - \varphi \quad (1)$$

де b – колія коліс, мм;

h – висота центру мас над опорною поверхнею, мм.

φ – кут крену підресорених мас.

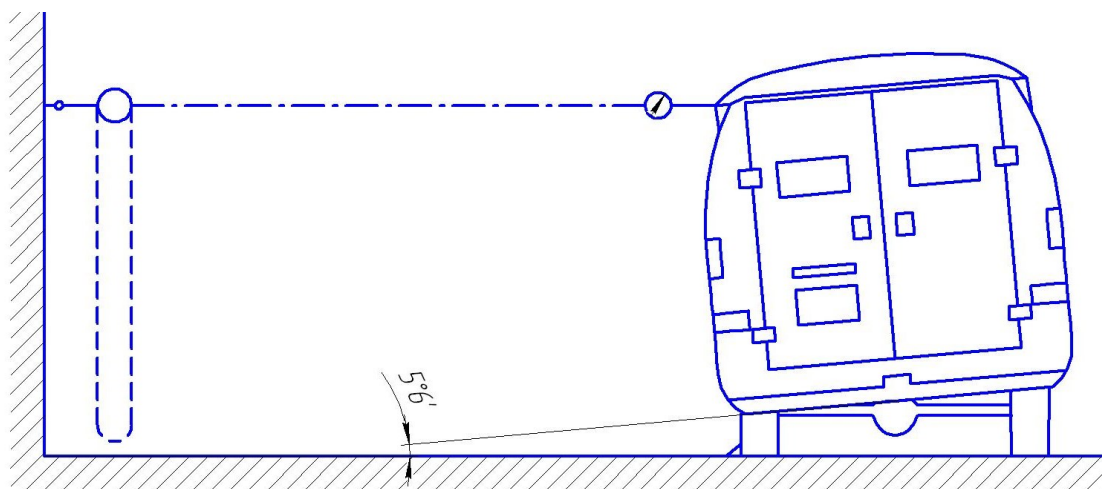


Рис. 1 Схема проведення випробувань на визначення стійкості автомобіля в лабораторних умовах

Для визначення координат центру мас автомобіля було проведено дослідження. Перед початком експерименту провели визначення навантаження на кожне колесо автомобіля окремо та разом, що дало можливість визначення двох координат центру мас – поперечної та повздовжньої. Далі піднімали задню вісь автомобіля та визначали зміну навантаження на передні колеса.

Таким чином, знаючи кут підйому автомобіля, висоту підйому, можна визначити третю координату центру мас автомобіля за наступною формулою (2).

$$h_{ц} = c \cdot \operatorname{ctg} \beta \left(\frac{G_{пр}}{G_{пр'}} - 1 \right) + n \quad (2)$$

де n – кліренс автомобіля
 β – кут нахилу автомобіля
 $G_{пр}$ – навантаження на передню вісь автомобіля
 $G_{пр'}$ – навантаження на передню вісь автомобіля під нахилом

Для визначення кута з урахуванням крену кузова до автомобіля прикладали перекидаючий момент, для чого використовували наступні пристосування: таль вантаже-під'ємністю до 2 тонн, засоби вимірювання: лінійка, рівень, ваги, гіроскоп. Експеримент проводиться в два етапи: 1) Визначення висоти $h_{ц}$ центру мас автомобіля. 2) Визначення кута крену φ підресорених мас (кузова) автомобіля за його геометричним параметрам.

Для випробувань було взято автомобіль «ИЖ-2715». Автомобіль розмістили на рівній горизонтальній площадці. Два лівих колеса автомобіля закріпили на опорній поверхні від бокового зміщення. До капітальної стіни зліва автомобіля закріпили ручну таль, від якої за допомогою ланцюга з'єдналися з автомобілем. Також для визначення сили з якою діє таль на автомобіль між стіною та ланцюгом було встановлено динамометр. На автомобілі було закріплено гіроскоп для визначення кута крену, який надає можливість отримати значення зміни кута крену від сили, що створюється збоку на автомобіль.

Для визначення кута поперечної статичної стійкості з урахуванням кута крену автомобіля можна використати наступну формулу:

$$\alpha_{псс} = \operatorname{arctg} \left(\frac{b}{2 \cdot h_{ц}} \right) - \gamma \quad (3)$$

де γ – кут нахилу підресорених мас
 b – колія коліс

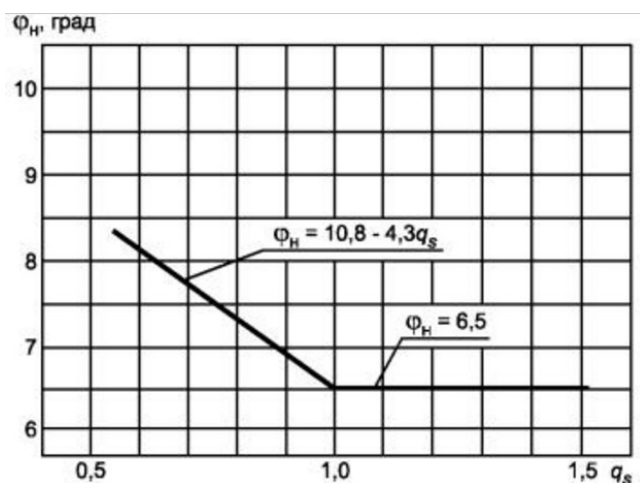


Рис. 2 Нормативна залежність кута крену підресорених мас від коефіцієнта поперечної статичної стійкості.

Для визначення кута поперечної статичної стійкості використано формулу (4)

$$q_s = \frac{0,5 \cdot b}{h_{ц}} \quad (4)$$

При цьому якщо:

- при $q_s \leq 1,0$ $\varphi_n = (10,8 - 4,3 q_s)^\circ$;

- при $q_s > 1,0$ $\varphi_n = 6,5^\circ$

При визначенні величини $a_{псс}$ нормативним значенням α_n автомобільних транспортних засобів всіх категорій в залежності від коефіцієнта поперечної стійкості поділені на дві групи, кожній із яких відповідає своя залежність $\alpha_n = f(q_s)$:

$$\alpha_n = (-2,4 + 42,4q_s) \text{ при } 0,55 \leq q_s \leq 1,0 \quad (5)$$

$$\alpha_n = (15 + 25q_s) \text{ при } q_s > 1,0 \quad (6)$$

$$\alpha_n \geq 21^\circ \text{ при } q_s < 0,55 \quad (7)$$

Підчас проведення експерименту максимальне значення кута крену підресорених мас не повинно перевищувати допустимого значення φ_n , що визначається із діаграми (рис. 2)

Значення, що були отримані підчас проведення випробувань для експериментального автомобіля ИЖ-2715 склали:

$$a_{псс} \leq \alpha_n 37,8^\circ \leq 38,04^\circ$$

$$\varphi \leq \varphi_n 6^\circ \leq 6,27^\circ$$

Висновок: Як видно із розрахунків, що отримані в результаті проведення експерименту для автомобіля ИЖ-2715 по схемі, що пропонується, значення показників $a_{псс}$ та φ задовільняють вимогам нормативів, що встановлені ГОСТ 52302-2004, що свідчить про роботоздатність запропонованої методики.

1. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля. / Р.В. Ротенберг – М.: Машиностроение, 1972. – 392 с.
2. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. / Г.А. Смирнов – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
3. Рябыкин С.Л. Средства измерения параметров движения./ С.Л. Рябыкин, Ф.Я. Загавура /М.: Высшая школа.- 1987. – 136с.
4. Успенский И.Н., Проектирование подвески автомобиля./ И.Н. Успенский, А.А. Мельников /М.: Машиностроение, 1976. – 60с.
5. Копилевич Э. В. Диагностика подвески автомобилей./ Э. В. Копилевич, М. А. Пурник, С. А. Федоров /М.: Транспорт, 1974. – 52 с.
6. Певзнер Я.М. Колебания автомобиля. Испытания и исследования./ Я.М.Певзнер, Г.Г. Гридасов, А.Д. Конев – М.: Машиностроение, 1979. – 208 с
7. Мельничук С.В. До питання підвищення показників плавності ходу автомобіля категорії М1. Програмно-апаратний комплекс для проведення натурального дослідження підвіски / С.В. Мельничук, І.В. Вітюк, Бовсунівський І.А.// Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. - Луцький НТУ, 2014.-№1.- с. 73-80
8. Кушвид Р. П. «Прогнозирование показателей управляемости и устойчивости автомобиля с использованием комплекса экспериментальных и теоретических методов». Дис. докт. техн. наук. - М., 2005. - 348 с.
9. Морозов С. А. «Угловые параметры кочения управляемых колёс, как следствие увеличения стойкости движения и снижения нагрузки передней оси грузового автомобиля». Дис. канд. техн. наук. - М., 2005. - 180 с.
10. Гурьянов М.В. «Частотный метод оценки курсовой стойкости автомобиля на основе его моделей в виде систем с многими степенями свободы и нелинейным взаимодействием шин с дорожным покрытием» - Дис. канд. техн. наук: 05.13.18.- Ульяновск, 2007.- 226 с.

REFERENCES

1. Rotenberg, R. (1972) *Vehicle Suspension*. [Podveska avtomobilya]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 392p.
2. Smirnov, G. (1981) *The theory of motion-wheeled vehicles*. Moscow, Mashinostroenie Publ. 271 p.
3. Ryabykin, S., Ryabykin, S. & Zagavura F. (1987) *Measurement of motion parameters*. [Sredstva izmereniya parametrov dvizheniya]. Moscow, Vysshaya shkola Publ..- 1987. – 136s.
4. Uspenskiy, I., Mel'nikov, A. (1976) *Engineering vehicle suspension*. Moscow, Mashinostroenie Publ. 60p.
5. Kopilevich, E., Kopilevich, E., Purnik, M. & Fedorov, S. (1974) *Diagnostics of vehicles suspension*. [Dagnostika podveski avtomobiley]. Moscow,Transport Publ.52 p.
6. Pevzner, YA, Gridasov, G. & Konev, A. (1979) *Fluctuations in the car. Tests and research*. [Kolebaniya avtomobilya. Ispytaniya i issledovaniya]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 208 p.

7. Melnychuk S., Vityuk I., Bovsunivskiy I., (2014). The problem of increasing indicators smooth progress vehicle categories M1. Hardware-software complex research of field investigations of suspension. *Advances in Mechanical Engineering and Transport*, Vol. 1, pp.. 73-80.

8. Kushvid, R. (2005). *Predicting performance handling and stability of the car using a complex experimental and theoretical methods*. [Prognozirovaniye pokazateley upravlemosti i ustoychivosti avtomobilya s ispol'zovaniyem kompleksa eksperimental'nykh i teoreticheskikh metodov]. Dis. dokt. tekhn. nauk. - Moscow. 348 p.

9. Morozov ,S. (2005). *Corner behavior message-driven wheel, as a consequence of increasing the resistance movement and reduce the load of the front axle of the truck* [Uglovyye parametry kocheniya upravlyemykh kolos, kak sledstviye uvelicheniya stoykosti dvizheniya i snizheniya nagruzki peredney osi gruzovogo avtomobilya]. Dis. kand. tekhn. nauk. - Moscow.180 p.

10. Gur'yanov, M. (2007). *The frequency method for assessing exchange rate stability of the vehicle based on its models in the form of systems with many steps of freedom and nonlinear interaction of the tire with the road* [Chastotnyy metod otsenki kursovoy stoykosti avtomobilya na osnove yego modeley v vide sistem s mnogimi stupenyami svobody i nelineynym vzaimodeystviyem shin s dorozhnym pokrytiyem].Dis. kand. tekhn. nauk. Ul'yanovsk.226 p.

S. Melnychuk, I. Vityuk, A. Bovsunivskiy. Development of a methodology for assessing the stability of the car with the suspension on the basis of the four-bar linkage in the lab.

Assess lateral stability of vehicles is a priority, and therefore, the angle of transversal static stability, angle of inclination of the sprung masses, are some of the important safety parameters that are standardized according to ГОСТ 52302-2004 and may be determined during a road test.

The main parameters for assessing the stability of the vehicle is a rollover and sideslip. But during the road test the car for stability, a number of problems that make it difficult for deployed performance indicators, therefore, the use of laboratory testing should, firstly, to facilitate this process, secondly, will provide an opportunity to more fully carry out the experiment while reducing its time and cost.

The purpose of the work. To develop a methodology for determining lateral stability of a vehicle of category N1 in the laboratory.

To accomplish this goal it was decided to develop a device using high-precision sensors and technical equipment.

It is proposed to consider the method that is to in the laboratory on a horizontal platform by the external application of forces to the body allow the vehicle to position the wheels of one side.

For the solution of a problem of determination of angle of transverse static stability in the proposed method uses a model of the load of the vehicle on a level surface. The force created by the winch until the wheels one side of the vehicle from the reference surface.

To determine the angle given the body roll of the vehicle applied bending moment, for which we used the following tools: tal vantazh-PD mntu up to 2 tons, measurement tools: ruler, level, Libra, gyro. The experiment is conducted in two stages: 1) determination of the height z of the center of mass of the vehicle. 2) determination of the roll angle φ is the sprung mass (body) of the car by its geometric parameters.

Conclusion. As can be seen from the calculations obtained in the result of the experiment for the car ИЖ-2715 according to the scheme, it is proposed that the values of $\alpha_{пс}$ and φ satisfy the requirements of standards established ГОСТ 52302-2004, which indicates the efficiency of the proposed methodology.

Keywords: suspension, vehicle, four-link motion mechanism, durability, laboratory tests.

АВТОРИ:

МЕЛЬНИЧУК Сергій Володимирович, к.т.н., професор кафедри „Автомобілі та автомобільне господарство”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: s.v.melnichuk@ztu.edu.ua

ВІТЮК Іван Васильович, старший викладач кафедри „Автомобілі та автомобільне господарство”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: vnvik74@gmail.com

БОВСУНІВСЬКИЙ Ігор Анатолійович, старший викладач кафедри „Автомобілі та автомобільне господарство”, Житомирський державний технологічний університет; e-mail: bovigor@mail.ru

AUTHORS:

S. MELNYCHUK, PhD., Assoc. Professor of the Department of Automobiles, Zhytomyr State Technological University; e-mail: s.v.melnichuk@ztu.edu.ua

I. VITYUK, senior lecturer of the Department of Automobiles, Zhytomyr State Technological University; e-mail: vnvik74@gmail.com

I. BOVSUNIVSKIY, senior lecturer of the Department of Automobiles, Zhytomyr State Technological University; e-mail: bovigor@mail.ru

Монастирський Ю.А., Потапенко В.В.
ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна

СИНТЕЗ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНОЮ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ АВТОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЗАЛІЗОРУДНОГО КАР'ЄРУ

На основі розробленої математичної моделі автотранспортної системи залізорудного кар'єру, яка враховує технологічні стани парку автосамоскидів БЕЛАЗ шляхом розрахунків імовірнісних числових характеристик цих станів, синтезоване управління технічною експлуатацією системи на основі економічного критерію, як екстремальної задачі з урахуванням обмежень, пов'язаних із технологічними станами системи. Планується виконати розрахунок оптимальних керуючих впливів у вигляді інтенсивності планових робіт технічного обслуговування, діагностування й ремонту кар'єрних самоскидів.

Ключові слова: автотранспортна система кар'єру, математична модель, кар'єрний самоскид, синтез управління, технічна експлуатація.

Вступ. Сучасний глибокий залізорудний кар'єр, представляючи собою величезне енергоємне господарство, містить значний парк транспортних засобів, що здійснюють перевезення добутої гірничої маси. Переробка значних обсягів гірничої маси, що добувається у кар'єрах, спричиняє багато побічних труднощів, пов'язаних, зокрема, з її транспортуванням. У зв'язку зі значною глибиною (більше 300 метрів) і перспективою подальшого поглиблення кар'єрів, як на Україні, так і у світі, транспортувати добуту гірничу масу стає все складніше. Тому з усією гостротою встають питання про створення надійних і економічно ефективних транспортних систем, що здійснюють перевезення гірничої маси. Особливістю досліджуваної автотранспортної системи є те, що вона складається з парку кар'єрних самоскидів і функціонує по певних трактах, що задаються конфігурацією доріг для вивозу добутої гірничої маси.

Надійність автотранспортної системи кар'єру (АСК) є основним показником, як для економічно ефективного управління функціонуванням кар'єрних самоскидів, так і для всього кар'єру в цілому. Зниження надійності АСК приводить до збільшення тривалості непланових поточних і аварійних ремонтів, а також до зниження коефіцієнта готовності кар'єрних самоскидів. При зниженому рівні коефіцієнта готовності кар'єрних самоскидів потрібно їхня більша кількість для забезпечення необхідного обсягу перевезень. Важливо відзначити, що при збільшенні числа кар'єрних самоскидів можна підвищити рівень готовності АСК, але неможливо зменшити число відмов. Тому одним з найважливіших питань, пов'язаних з експлуатацією АСК, є вибір економічно обґрунтованого рівня її надійності й реалізації програм для його здійснення на практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1, 2, 3] узагальнені досягнення у галузі проектування, виробництва та обслуговування кар'єрних автосамоскидів особливо великої вантажопідйомності. Питанням структурних концепцій моделювання надійності складних транспортних систем, методам якісного та кількісного аналізу присвячені праці [4, 5].

Система, яка досліджується, призначена для вивозу з кар'єру самоскидами добутої гірничої маси, тому природно розглянути такі показники, які враховували б її здатність виконувати цю функцію. Одним з таких показників є технічна надійність, зміст якої полягає в здатності АСК забезпечити безперебійний вивіз гірничої маси відповідно до графіка руху з кар'єру, що відповідає пропускній здатності транспортної системи. Якщо АСК при нормальній роботі її елементів не може забезпечити рух за графіком, то проблема надійності пов'язана із плануванням, керуванням і організацією робіт. Відмова елементів АСК впливає на здатність системи забезпечити необхідний обсяг вивозу гірничої маси з кар'єру. Вплив відмов самоскидів на здатність АСК забезпечувати безперебійний вивіз необхідного обсягу гірничої маси характеризує її технічну надійність.

У свою чергу, цю систему можна розглядати поелементно, як ту що складається з окремих транспортних засобів – кар'єрних самоскидів. При цьому необхідно підкреслити, що згідно із системним підходом функціонування АСК у цілому залежить від стану її елементів, тобто кар'єрних самоскидів.

Таким чином, показники, які характеризують здатність транспортної системи кар'єрних самоскидів забезпечити необхідний обсяг вивозу гірничої маси з кар'єру, є показниками технічної надійності. До таких показників природно віднести тривалість простою, викликаного відмовою.

Якщо тривалість простою невелика й не впливає на роботу АСК, то цей простій може залишитися непоміченим. Але якщо простої часті або тривалі, то робота системи може бути порушена, і її можна вважати ненадійною. Разом з тим, можна виділити такий показник технічної надійності, як простій під час руху. При цьому може бути короткочасний некритичний простій, істотний і критичний простій, що вимагає вивантаження гірничої маси із самоскида.

Зрозуміло, що труднощі викликає не визначення показників надійності, а розробка відповідних методів аналізу й одержання достовірних даних для обчислення цих показників. Показник надійності можна вважати задовільним, якщо він досить добре описує здатність АСК забезпечити необхідний обсяг вивозу гірничої маси з кар'єру. Зокрема, можна ввести такий показник, як «очікуване зниження обсягу вивозу гірничої маси». Чисельно цей показник дорівнює ймовірності того, що система АСК нездатна вивозити необхідний обсяг гірничої маси з кар'єру. Цей показник можна розглядати так само, як очікуваний час, протягом якого АСК не в змозі вивозити необхідний обсяг гірничої маси з кар'єру.

Мета роботи. Системний підхід дозволяє розглядати автотранспортну систему кар'єру як безліч елементів – кар'єрних самоскидів, що перебувають у взаємодії. Метою роботи є синтез управління технічною експлуатацією системи на основі економічного критерію, як екстремальної задачі з урахуванням обмежень, пов'язаних із технологічними станами системи.

Результати досліджень. Автотранспортна система кар'єру належить до складних імовірнісних систем, оскільки неможливо виконати точне прогнозування її майбутнього стану. Тому АСК навіть при самому ретельному дослідженні залишається невизначеною й будь-яке прогнозування її поведінки ґрунтується на імовірнісних категоріях, за допомогою яких цей процес описується. У зв'язку із цим такі системи представляють найбільші труднощі для дослідження й управління. Донедавна керування ними ґрунтувалося на накопиченому досвіді й міркуваннях здорового глузду. Зі збільшенням темпів і обсягів транспортування гірничої маси, у кар'єрах стало неможливим вирішувати проблеми управління, покладаючись тільки на власний розум і не застосовуючи технічні засоби. Відповідаючи потребі в науково обґрунтованих методах і засобах управління автотранспортною системою кар'єру, виникла необхідність у синтезі керування АСК на основі сучасної теорії управління, на базі останніх досягнень обчислювальної техніки.

Для ефективного управління АСК як складною імовірнісною системою необхідна наявність у її складі математичної моделі. Математична модель дозволяє передбачити майбутній стан автотранспортної системи при різних як внутрішніх, так і зовнішніх впливах. У свою чергу, математична модель дає можливість обчислити керуючі впливи, які можуть привести АСК у необхідний стан. Аналіз функціонування системи показує, що можна порівнювати її різні стани з наступним виділенням з них кращих на основі критерію ефективності. Як показує практика, у якості такого критерію доцільно вибрати економічний критерій, що зв'язує вартості перебування АСК у різних технологічних станах:

$$F = c_0 N_0 T_0 - c_1 N_1 T_1 - c_2 N_2 T_2; \quad (1)$$

де c_0 – середня вартість прибутку, одержувана від роботи кар'єрного самоскида БЕЛАЗ; c_1 – середня вартість втрат, пов'язаних із плановими технічним обслуговуванням і ремонтом; c_2 – середня вартість втрат, пов'язаних з неплановим поточним ремонтом; N_k – число самоскидів у k -му стані ($k = 0, 1, 2$); T_k – час перебування самоскида у k -му стані.

Функціонал (1) є випадковою величиною, оскільки такими є складові його доданки. Тому для розв'язку задачі керування АСК представляється доцільним його усереднення:

$$M[F] = c_0 \cdot M[N_0] \cdot M[T_0] - c_1 \cdot M[N_1] \cdot M[T_1] - c_2 \cdot M[N_2] \cdot M[T_2]. \quad (2)$$

Ураховуючи, що

$$M[N_k] = N \cdot P_k, \quad M[T_k] = T \cdot P_k, \quad (k = 0, 1, 2); \quad (3)$$

формула (2) набуває виду $M[F] = c_0 N T P_0^2 - c_1 N T P_1^2 - c_2 N T P_2^2$; або

$$f = c_0 P_0^2 - c_1 P_1^2 - c_2 P_2^2; \quad (4)$$

де $f = \frac{M[F]}{NT}$. Функціонал (4) представляємо у вигляді

$$f = c_0 P_0^2 - c_1 P_1^2 - c_2 (1 - P_0 - P_1)^2. \quad (5)$$

При синтезі управління автотранспортною системою кар'єру необхідно також урахувати обмеження, що накладаються на змінні. Насамперед, однією з основних вимог при функціонуванні АСК є забезпечення вивозу заданого обсягу гірничої маси з кар'єру. Цю умову можна записати так

$$M = N_0 \frac{T_0}{\Delta t} m; \quad (6)$$

де M – заданий обсяг гірничої маси, який необхідно вивезти з кар'єру за час T ; m – вантажопідйомність кар'єрного самоскида; Δt – тривалість рейсу кар'єрного самоскида.

Усреднюючи (6), отримуємо $M = M[N_0] \frac{M[T_0]}{\Delta t} m$; або, з урахуванням (3)

$$M = N \frac{T}{\Delta t} P_0^2 m. \quad (7)$$

З рівняння (7) знаходимо умову, що накладається на ймовірність знаходження АСК у стані роботи

$$P_0 = \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}}. \quad (8)$$

Підставляючи (8) у (5), знаходимо

$$f = c_0 \frac{M \Delta t}{NTm} - c_1 P_1^2 - c_2 \left(1 - \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}} - P_1 \right)^2. \quad (9)$$

Проводячи алгебраїчні перетворення в (9), одержуємо

$$f = c_0 \frac{M \Delta t}{NTm} - c_2 \left(1 - \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}} \right)^2 + 2c_2 \left(1 - \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}} \right) P_1 - (c_1 + c_2) P_1^2. \quad (10)$$

Перенесемо доданки, які не залежать від значення P_1 , у ліву частину рівняння (10)

$$\hat{f} = 2c_2 \left(1 - \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}} \right) P_1 - (c_1 + c_2) P_1^2; \quad (11)$$

де $\hat{f} = f - c_0 \frac{M \Delta t}{NTm} + c_2 \left(1 - \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}} \right)^2$.

Для знаходження максимуму функціонала (11), обчислимо його похідну й дорівняємо нулю

$$\frac{d\hat{f}}{dP_1} = 2c_2 \left(1 - \sqrt{\frac{M \Delta t}{NTm}} \right) - 2P_1(c_1 + c_2) = 0. \quad (12)$$

Вирішуючи рівняння (12), знаходимо стаціонарну точку

$$P_1 = \frac{c_2}{c_1 + c_2} \left(1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}} \right) = \frac{c_2}{c_1 + c_2} (1 - P_0). \quad (13)$$

Обчислюючи похідну другого порядку, переконаємося у наявності максимуму, оскільки похідна менше нуля

$$\frac{d^2 \hat{f}}{dP_1^2} = -2(c_1 + c_2) < 0. \quad (14)$$

Підставляючи (13) в (4) з урахуванням (8), знаходимо

$$P_2 = \frac{c_1}{c_1 + c_2} \left(1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}} \right) = \frac{c_1}{c_1 + c_2} (1 - P_0). \quad (15)$$

Таким чином, функціонал (9) досягає максимальної величини, яка дорівнює

$$f_{\max} = c_0 \frac{M\Delta t}{NTm} - \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} \left(1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}} \right)^2 = c_0 P_0^2 - \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} (1 - P_0)^2; \quad (16)$$

за величин імовірностей, які визначаються формулами (8), (13) і (15).

Необхідно відзначити, що згідно (8), (13) і (15), знаходимо оптимальну кількість кар'єрних самоскидів, що беруть участь у функціонуванні АСК:

$$\begin{aligned} N_0 &= NP_0 = N \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}} = \sqrt{\frac{NM\Delta t}{Tm}}; \\ N_1 &= NP_1 = N \frac{c_2}{c_1 + c_2} \left(1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}} \right) = N \frac{c_2}{c_1 + c_2} (1 - P_0); \\ N_2 &= NP_2 = N \frac{c_1}{c_1 + c_2} \left(1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}} \right) = N \frac{c_1}{c_1 + c_2} (1 - P_0). \end{aligned} \quad (17)$$

Разом з тим, необхідно відзначити, що умова (8), записувана для середніх значень, може виявитися недостатньою для її реалізації на практиці. Тому для посилення цієї вимоги представляється доцільним скористатися формулою для довірчого інтервалу середнього значення числа працюючих кар'єрних самоскидів. Тоді рівняння (6) набуває виду

$$M = \left(NP_0 + \sqrt{NP_0(1 - P_0)} \cdot \Phi^{-1} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right) TP_0 \frac{m}{\Delta t}. \quad (18)$$

Шляхом перетворень рівняння (18) може бути зведене до алгебраїчного виразу щодо ймовірності P_0 :

$$P_0^4 - P_0^3 + \frac{N}{\left(\Phi^{-1} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right)^2} P_0^2 - \frac{2M\Delta t}{Tm \left(\Phi^{-1} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right)^2} P_0 + \frac{M^2 \Delta t^2}{NT^2 m^2 \left(\Phi^{-1} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right)^2} = 0. \quad (19)$$

Рівняння (19) припускає тільки чисельний розв'язок.

Наступним завданням, пов'язаним із синтезом АСК, є знаходження таких величин інтенсивностей переходів, які забезпечили б виконання рівностей (17). Згідно з формулами імовірностей знаходження кар'єрного самоскида у стаціонарних підсистемах технологічних станів:

$$\mu_1 = \lambda \cdot \frac{c_1 + c_2}{c_2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}}}{1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}}} - \omega_2. \quad (22)$$

Підставляючи (22) у рівняння (21) і вирішуючи відносно μ_2 , знаходимо для потоку відновлень самоскидів після непланових поточних ремонтів

$$\mu_2 = \omega_1 \frac{c_1 + c_2}{c_1} \cdot \frac{\sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}}}{1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}}} + \omega_2 \frac{c_2}{c_1}. \quad (23)$$

Окремого розгляду заслуговує параметр λ . З одного боку, інтенсивність λ є відносно постійним параметром, що збурює та визначає періодичність планового переходу самоскида з підсистеми роботи у підсистему ТОР. З іншої сторони параметр λ є керуючим змінним впливом, зміна якого в рамках нормативів і допусків, визначених діючим «Положенням» [6] дозволяє прямо управляти параметром потоку відновлень μ_1 , що ілюструє рівняння (22). Виходячи з лінійної залежності $\mu_1(\lambda)$ цього виразу, перетворимо його в залежність $\lambda(\mu_1)$ для інтенсивності планових впливів ТОР на кар'єрні самоскиди БЕЛАЗ:

$$\lambda = (\mu_1 + \omega_2) \cdot \frac{c_2}{c_1 + c_2} \cdot \frac{1 - \sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}}}{\sqrt{\frac{M\Delta t}{NTm}}}. \quad (24)$$

Значення керуючих впливів, розраховані по формулах (22), (23) і (24), представляють розв'язок завдання синтезу управління АСК.

Ураховуючи (8), отримуємо для цих формул:

$$\mu_1 = \lambda \frac{c_1 + c_2}{c_2} \cdot \frac{P_0}{1 - P_0} - \omega_2 = \lambda \frac{c_1 + c_2}{c_2} \cdot \frac{P_0}{Q_0} - \omega_2 = \lambda \frac{c_1 + c_2}{c_2} \cdot \frac{P_0}{P_1 + P_2} - \omega_2; \quad (25)$$

$$\mu_2 = \omega_1 \frac{c_1 + c_2}{c_1} \cdot \frac{P_0}{1 - P_0} + \omega_2 \frac{c_2}{c_1} = \omega_1 \frac{c_1 + c_2}{c_1} \cdot \frac{P_0}{Q_0} + \omega_2 \frac{c_2}{c_1} = \omega_1 \frac{c_1 + c_2}{c_1} \cdot \frac{P_0}{(P_1 + P_2)} + \omega_2 \frac{c_2}{c_1}; \quad (26)$$

$$\lambda = (\mu_1 + \omega_2) \frac{c_2}{c_1 + c_2} \cdot \frac{1 - P_0}{P_0} = (\mu_1 + \omega_2) \frac{c_2}{c_1 + c_2} \cdot \frac{Q_0}{P_0} = (\mu_1 + \omega_2) \frac{c_2}{c_1 + c_2} \cdot \frac{P_1 + P_2}{P_0}; \quad (27)$$

де $Q_0 = 1 - P_0 = P_1 + P_2$ – імовірність знаходження кар'єрних самоскидів у станах P_1 або P_2 , тобто ймовірність простою.

Модель відповідає перехідному етапу від планово-попереджувальних ремонтів (ППР) до обслуговування по фактичному стану (ФС). Принцип ППР – планові техобслуговування й ремонт ТОР з інтенсивністю λ , попереджувальний ремонт по ФС з інтенсивністю ω_2 та ремонт по необхідності з інтенсивністю ω_1 . ППР не рятує кар'єрний самоскид БЕЛАЗ від аварійних відмов.

Оптимальні керуючі впливи, обчислені по формулах (25), (26) і (27) є результатом математичного моделювання, тому реалізація цих впливів на практиці вимагає окремого розгляду з урахуванням особливостей технологічних станів системи кар'єрних самоскидів.

Висновки. На основі розробленої математичної моделі АСК, яка враховує технологічні стани парку кар'єрних самоскидів шляхом розрахунків імовірнісних числових характеристик цих станів, синтезоване управління технічною експлуатацією автотранспортної системи кар'єру на основі економічного критерію, як екстремальної задачі з урахуванням обмежень, пов'язаних із технологічними станами системи. Планується виконати розрахунок оптимальних керуючих впливів у вигляді інтенсивності планових робіт технічного обслуговування, діагностування й ремонту кар'єрних самоскидів.

1. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
2. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов. – СПб.: Наука, 2006. – 387 с.
3. Карьерные самосвалы особо большой грузоподъемности. Проектирование, технологии, маркетинг / П.Л. Мариев [и др.]. – Минск: Интегралполиграф, 2008. – 320 с.
4. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 318 с., ил.
5. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумamoto : Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с., ил.
6. Положение о техническом обслуживании, диагностировании и ремонте карьерных самосвалов «БЕЛАЗ» / ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ». – Жодино: ОАО «БЕЛАЗ», 2013. – 20 с.

REFERENCES

1. P.L. Mariev, A.A. Kuleshov, A.N. Egorov, I.V. Zyryanov. (2004). *Kar'ernyj avtotransport: sostojanie i perspektivy*. SPb.: Nauka, 429 p.
2. P.L. Mariev, A.A. Kuleshov, A.N. Egorov, I.V. Zyryanov. (2006). *Kar'ernyj avtotransport stran SNG v XXI veke*. SPb.: Nauka, 387 p.
3. P.L. Mariev, et al. (2008). *Kar'ernye samosvaly osobo bol'shoj gruzopodjomnosti. Proektirovanie, tehnologii, marketing*. Minsk, Integralpoligraf, 320 p.
4. B. Dillon, Ch. Singh : Per. s angl. Dillon B. Inzhenernye metody obespechenija nadezhnosti sistem. M.: Mir, 1984. – 318vp.
5. Je. Dzh. Henli, X. Kumamoto : Per. s angl. Henli Je. Dzh. (1984). *Nadezhnost' tehniceskikh sistem i ocenka riska*. M.: Mashinostroenie, – 528 p.
6. ОАО «БЕЛАЗ» – upravljajushhaja kompanija holdinga «BELAZ-HOLDING». (2013). *Polozhenie o tehniceskom obsluzhivanii, diagnostirovanii i remonte kar'ernih samosvalov «BELAZ»*. Zhodino: ОАО «БЕЛАЗ», 20 p.

Монастирський Ю.А., Потапенко В.В. Синтез управління технічної експлуатацією автотранспортної системи залізничного кар'єра.

На основе разработанной математической модели автотранспортной системы железорудного карьера, которая учитывает технологические состояния парка автосамосвалов БЕЛАЗ путем расчетов вероятностных числовых характеристик этих состояний, синтезировано управление технической эксплуатацией системы на основе экономического критерия, как экстремальной задачи с учетом ограничений, связанных с технологическими состояниями системы. Планируется выполнить расчеты оптимальных управляющих воздействий в виде интенсивности плановых работ технического обслуживания, диагностирования и ремонта карьерных самосвалов.

Ключевые слова: автотранспортная система карьера, математическая модель, карьерный самосвал, синтез управления, техническая эксплуатация.

Yu. Monastyrskiy, V. Potapenko. Synthesis of management of technical operation of motor transportation system of iron ore open pit.

On the basis of the developed mathematical model of motor transportation system of an iron ore open pit, which takes into account technological conditions of fleet of dump trucks BELAZ by calculations of probabilistic numerical characteristics of these states, the synthesized management of technical operation of system on the basis of economic criterion as extreme task taking into account the restrictions, connected with technological conditions of system. It is planned to calculate optimum managing influences in the form of intensity of planned works of technical operation, diagnosing and repair of dump trucks.

Keywords: motor transportation system of an open pit, mathematical model, dump truck, synthesis of management, technical operation.

АВТОРИ:

МОНАСТИРСЬКИЙ Юрій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту ДВНЗ «Криворізький національний університет», e-mail: monastirskiy08@rambler.ru;

ПОТАПЕНКО Володимир Володимирович, старший викладач кафедри автомобільного транспорту ДВНЗ «Криворізький національний університет», e-mail: romantihk@mail.ru.

AUTHORS:

Yu. MONASTYRSKIY, Sc.D (Eng), Professor, Head of Automobile Facilities Department, Kryvyi Rih National University, e-mail: monastirskiy08@rambler.ru;

V. POTAPENKO, Senior lecturer of Automobile Facilities Department, Kryvyi Rih National University, e-mail: romantihk@mail.ru.

Мурований І.С., Онищук В.П., Стельмашук В.В.
Луцький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Розглянуто техніко-експлуатаційні показники, що впливають на ефективність функціонування автомобільного транспорту залежно від показників функціонування автотранспортного підприємства. Визначено вплив техніко-експлуатаційних показників на зміну собівартості транспортної роботи рухомого складу через зміну загального пробігу і показників, що визначають величини змінних і постійних витрат: вантажопідйомності, коефіцієнта використання вантажопідйомності, коефіцієнта використання пробігу, а також коефіцієнта випуску автомобілів на лінію, середньої технічної швидкості і відстані перевезень. Представлено три групи показників, що формують шляхи і методи підвищення ефективності процесу вантажних перевезень в існуючих умовах роботи автотранспортного підприємства.

Ключові слова: ефективність вантажних перевезень, рентабельність, собівартість.

Постановка проблеми. Широке використання автомобільного транспорту, його технологічні і організаційні переваги, вимагають виявлення існуючих резервів підвищення ефективності експлуатації рухомого складу з урахуванням сучасних принципів управління та організації діяльності в умовах ринкової економіки. Будь-яке автотранспортне підприємство, яке займається перевезеннями, прагне найбільш ефективно використовувати свої ресурси. Економічну ефективність можна визначити як співвідношення витрат і результатів функціонування автотранспортного підприємства. Ефективність вантажних перевезень автомобільним транспортом складається з організації перевізного процесу та техніко – експлуатаційних показників рухомого складу. Оцінити ефективність можна об'ємом і якістю виконуваних робіт. При цьому продуктивність P визначається за формулою[1]:

$$P = \frac{q\gamma_{cm}\beta v_m}{l + t_{np}\beta v_m};$$

де q - вантажопідйомність автомобіля ; γ_{cm} - коефіцієнт використання вантажопідйомності; v_m - технічна швидкість; β - коефіцієнт використання пробігу; l - середня відстань перевезення вантажу; t_{np} - час на навантаження і розвантаження.

Собівартість автомобільних перевезень можна виразити формулою:

$$S = \frac{S_{zc}(l + t_{np}\beta v_m)}{T_n t_{np} q \beta v_m l};$$

де S - собівартість за 1 годину роботи в тонно-кілометрах; S_{zc} - загальна сума витрат ; T_n - тривалість роботи рухомого складу на лінії.

При роботі автомобілів в міських умовах експлуатаційні фактори впливають на продуктивність незалежно від вантажопідйомності автомобіля. Більшою мірою на продуктивність впливає відстань перевезення, потім коефіцієнт використання вантажопідйомності, коефіцієнт використання пробігу, час навантаження - розвантаження і технічна швидкість. На собівартість впливають [1-4]: технічна швидкість, відстань перевезення вантажу, коефіцієнт використання вантажопідйомності і коефіцієнт використання пробігу.

Техніко-експлуатаційні показники, що впливають на ефективність функціонування автомобільного транспорту, можна розділити на дві групи:

- коефіцієнти технічної готовності, випуску і використання рухомого складу; коефіцієнти використання вантажопідйомності і пробігу, середня відстань їздки з вантажем і середня відстань

перевезення; час простою під навантаженням-розвантаженням, час в наряді, технічна та експлуатаційна швидкості;

- кількість їздок, загальна відстань перевезення і пробіг з вантажем, обсяг перевезень і транспортна робота.

Продуктивність рухомого складу за час в наряді визначається вантажопідйомністю автомобіля q , коефіцієнтом використання його вантажопідйомності γ і кількістю їздок n_i виконаних автомобілем.

$$Q = q\gamma n_i;$$

Додавши в цю формулу значення кількості їздок і час однієї поїздки, можна отримати вираз продуктивності залежно від техніко – експлуатаційних показників роботи рухомого складу [1]:

$$Q = q\gamma n_i = \frac{q\gamma T_n}{t_i}, \quad t_i = \frac{l_{ci}}{\beta_i v_m} + t_{np};$$

Таким чином, на продуктивність рухомого складу впливає кілька техніко – експлуатаційних показників, які визначають окремі сторони роботи рухомого складу. І на кожен з цих факторів, в свою чергу, впливають певні чинники, впливаючи на які можна в кінцевому підсумку вплинути на продуктивність автомобільного транспорту. Для ефективного функціонування автотранспортних підприємства необхідна висока конкурентоспроможність. Цей показник визначається рівнем собівартості послуг і рівнем їх якості. Собівартість перевезень можна знизити за рахунок економії палива, запасних частин, шин, а також підвищенням ефективності функціонування автомобільного транспорту. Якість перевезень вантажів передбачає виконання доставки (від дверей до дверей) точно в установлені терміни при високому збереженні кількості і якості вантажів, що перевозяться. Собівартість автомобільних перевезень визначається витратами, що припадають на одиницю транспортної продукції, і собівартість вантажоперевезень визначають дві групи показників.

До першої групи можна віднести показники, що визначають величини змінних і постійних витрат: вантажопідйомність, коефіцієнт використання вантажопідйомності і коефіцієнт використання пробігу.

Змінні витрати – це витрати, що пов'язані із пробігом рухомого складу. Вони включають витрати на паливно-мастильні матеріали, технічне обслуговування та поточний ремонт автомобіля, на шини, на амортизаційні відрахування, на капітальний ремонт та повне відновлення рухомого складу. Вони залежать від інтенсивності використання рухомого складу, в тому числі від пробігу на одиницю часу. Таким чином, $C_{зм}$ – це величина змінних витрат на 1 км пробігу, що визначається у грн/км.

Постійні витрати – це витрати, що пов'язані з перебуванням рухомого складу в АТП. Вони включають в себе накладні витрати, умовно включається заробітна плата. Ці витрати не пов'язані з інтенсивністю використання рухомого складу. Таким чином, C_{noc} – це величина постійних витрат на 1 год роботи, яка вимірюється у грн/год.

$C_{зм}$ та C_{noc} залежать від вантажопідйомності автомобіля. Залежності ці лінійні та мають вигляд:

$$C_{зм} = a_{зм} + b_{зм} q\gamma_{cm};$$

$$C_{noc} = a_{noc} + b_{noc} q\gamma_{cm}.$$

До другої групи можна віднести показники, що визначають ефективність функціонування рухомого складу з урахуванням пробігу: коефіцієнт випуску автомобілів на лінію, час в наряді і середню технічну швидкість.

Щоб визначити вплив техніко – експлуатаційних показників на зміну собівартості через зміну загального пробігу, шляхом підстановок виводяться формули, де складові загальної зміни

собівартості перевезень $\Delta S_3^{\%}$, внаслідок зміни загального пробігу автомобілів $L_{заг}$ і вироблення на один км пробігу P_1 , обумовленого впливом наступних факторів:

- тривалості роботи автомобіля в наряді T_n ;
- середньої технічної швидкості V_m ;
- середнього пробігу з вантажем за їзду $l_{іг}$;
- a_e - коефіцієнта випуску на лінію;
- $t_{пр}$ - часу простоїв під навантаженням-розвантаженням за їзду;
- $A_{сн}$ - середньооблікового числа автомобілів;
- коефіцієнта використання пробігу β ;
- середньої вантажопідйомності q ;
- коефіцієнта динамічного використання вантажопідйомності γ_d .

Для більшості підприємств основне джерело прибутку пов'язане з його виробничою і підприємницькою діяльністю. Ефективність його використання залежить від знання кон'юнктури ринку і вміння адаптуватися. Балансовий прибуток в даному випадку буде складатися з прибутку від перевезень, вантажно-розвантажувальних робіт, виконання транспортно-експедиційних операцій і інших видів діяльності. Для оцінки результативності та економічної доцільності діяльності підприємства недостатньо лише визначити абсолютні показники. Більш об'єктивну картину можна отримати за допомогою показників рентабельності. Показники рентабельності є відносними характеристиками фінансових результатів і ефективності діяльності підприємства. Вони вимірюють прибутковість підприємств з різних позицій і групуються відповідно до інтересів учасників процесу перевезень вантажів. При аналізі виробництва дані показники використовуються як інструмент інвестиційної політики і ціноутворення. Основні показники рентабельності можна об'єднати в такі групи:

- перша група визначає показники рентабельності капіталу (активів), формується як відношення прибутку до показників авансованих коштів, з яких найбільш важливими є активи підприємства, інвестиційний капітал і акціонерний (власний) капітал; розбіжність рівнів рентабельності за цими показникам характеризує ступінь використання підприємством фінансових важелів для підвищення прибутковості (довгострокових кредитів та інших позикових коштів); дані показники специфічні тим, що відповідають інтересам усіх учасників бізнесу підприємства;
- друга група визначає показники рентабельності продукції, формується на основі розрахунку рівнів рентабельності за показниками прибутку, які відображаються в звітності підприємств;
- третя група визначає показники, розраховані на основі потоків наявних грошових коштів, формується аналогічно першій та другій груп, однак замість прибутку в розрахунок приймається чистий приплив грошових коштів; дані показники дають уявлення про ступінь можливості підприємства розплатитися з кредиторами, позичальниками і акціонерами грошовими коштами з використанням грошового припливу.

Різноманіття показників рентабельності визначає альтернативність шляхів її підвищення. Кожен вихідний показник розкладається в факторну систему з різним ступенем деталізації, що задає межу виявлення та оцінку виробничих резервів.

На основі обробки даних шляхових листів, диспетчерських звітів, доповідей і результатів перевірки фактів працівниками служби експлуатації група обліку та аналізу вивчає виконання добового оперативного плану вантажних перевезень [4]. При цьому аналізі повинні бути виявлені:

- якість оперативного планування;
- ступінь виконання встановленого оперативним планом обсягу перевезень за минулу добу по автотранспортному підприємству;
- виконання добового оперативного плану перевезень за найважливішими вантажами і обсягами централізованих перевезень;
- дотримання графіків;
- хід виконання місячного плану перевезень і основних експлуатаційних показників роботи;
- причини і обставини відхилення від плану перевезень, невиконання плану випуску рухомого складу, зривів графіка випуску, простоїв на лінії, заїздів та передчасних повернень з лінії, порушення маршрутів, а також подій на лінії.

Для проведення розгорнутого аналізу рівня рентабельності виникає необхідність розробки обґрунтованих нормативів рентабельності, бізнес – планування і контролю її рівня:

- впливу на загальну рентабельність фондодідачі та прискорення обігу оборотних коштів;
- вплив обсягу виконаної роботи собівартості перевезень і середньої ставки доходу стосовно вантажних перевезень.

Результати оцінки рентабельності повинні бути спрямовані на збільшення ефективності функціонування автомобільного транспорту за часом і продуктивністю. Падіння собівартості перевезень і поліпшення продуктивності праці є резервами підйому рентабельності. Крім цього, відбувається ліквідація наднормативних запасів матеріальних цінностей, реалізація зайвих основних виробничих фондів, зниження і винятку не планованих витрат і втрат.

У галузі автомобільного транспорту розвиток ринкової економіки характеризується пріоритетним розвитком сфери послуг, нарощуванням сфери транспортно – експедиційного обслуговування споживачів в регіонах.

В даний час велике значення потрібно надавати оновленню транспортної продукції, розвитку нових видів перевезень і послуг, вивченню потреби клієнта, і в першу чергу, слід приділяти увагу переробці, проміжного зберігання, організації навантажувально – розвантажувальних операцій, інформаційних та інших послуг.

Економічна ефективність нових видів транспортно – експедиційного обслуговування (ТЕО) зводиться до визначення:

- варіантів нових видів послуг;
- витрат по кожному варіанту, результатів і економічного ефекту;
- найбільш відповідного варіанту з максимальною величиною економічного ефекту.

Економічний ефект в даному випадку можна розрахувати за формулою:

$$E = D - B;$$

де E - економічний ефект від впровадження нових видів ТЕО; D - доходи або вартісна оцінка від реалізації нових видів ТЕО; B - оцінка вартості витрат.

Економічний ефект від впровадження нових видів транспортно – експедиційного обслуговування можна розрахувати за формулою:

$$E = \frac{K_{np}}{K_{np+1}},$$

де K_{np} - коефіцієнт успіху в поточному році; K_{np+1} - коефіцієнт успіху в наступному році.

Економічний ефект, виражений через коефіцієнт успіху, буде визначати ефективність реалізації нових видів ТЕО в регіоні інноваційними методами.

Висновок. Підвищення ефективності експлуатації парку рухомого складу АТП може бути здійснено на основі системи науково обґрунтованих вимог до раціональної структури парку, що дозволяє цілеспрямовано підвищувати ефективність експлуатації автомобілів за рахунок вдосконалення діяльності певних служб, та введення комплексного показника ефективності експлуатації рухомого складу, що утворює систему вимог до структури парку АТП.

1. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К.: Вища шк., 1986. – 447с.
2. Афанасьев Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, С.М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1984. – 336 с.
3. Ходош М.С. Грузовые автомобильные перевозки / М.С. Ходош. – М.: Транспорт, 1980. – 270с.
4. Ходош М. С., Дасковский Б. А. Организация, экономика и управление перевозками грузов автомобильным транспортом / М. С. Ходош, Б. А. Дасковский. – М.: Транспорт, 1989. – 287с.
5. Мурований І.С., Рибай О.В. Методи підвищення конкурентоспроможності автотранспортних підприємств // Матеріали III-ої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»: збірник наукових праць. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – С. 105-109.
6. Гончаров В.Н. Эффективность производственной инфраструктуры предприятия / В.Н. Гончаров, О.А. Бурбело, А.И. Вавин. – Луганск: Изд-во Луганск, 1994. – 167 с.

REFERENCES

1. Vorkut, A.I. (1986). *Gruzovye avtomobilnye perevozki*. Kyiv, Vyshcha shkola, 447 p.
2. Afanasyev, L.L. Ostrovsky, N.B. Zuckerberg, S.M. (1984). *Integrated transport system and road transportation*. Moscow, Transport Publ., 336 p.
3. Khodosh, M.S. (1980). *Gruzovye avtomobilnye perevozki*. Moscow, Transport Publ., 270 p.
4. Khodosh M.S., Daskovsky V.A. (1989). *Organization, economics and management of road freight transportation*. Moscow, Transport Publ., 287 p.
5. Murovani I.S., Rybai O.V. (2015). Metody pidvyshhennya konkurentospromozhnosti avtotransportnykh pidpryyemstv. *Proceedings of the III-th International Scientific and Practical Internet Conference "Modern technologies and prospects of development of road transport"*, Vinnitsa., pp. 105-109.
6. Goncharov, V.N., Burbelo, O.A., Wavin A.I. (1994). *The effectiveness of enterprise production infrastructure [Effektivnost proizvodstvennoj infrastruktury predpriyatija]*. Lugansk, 167 p.

Мурований І.С., Онищук В.П., Стельмашук В.В. Повышение эффективности грузовых автомобильных перевозок.

Рассмотрены технико-эксплуатационные показатели, влияющие на эффективность функционирования автомобильного транспорта в зависимости от показателей функционирования автотранспортного предприятия. Определено влияние технико-эксплуатационных показателей на изменение себестоимости транспортной работы подвижного состава через изменение общего пробега и показателей, определяющих величины переменных и постоянных затрат: грузоподъемности, коэффициента использования грузоподъемности, коэффициента использования пробега, а также коэффициента выпуска автомобилей на линию, средней технической скорости и расстояния перевозок. Представлены три группы показателей, формирующих пути и методы повышения эффективности процесса грузовых автомобильных перевозок в существующих условиях работы автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: эффективность грузовых перевозок, рентабельность, себестоимость

I. Murovani, V. Onyshchuk, V. Stelmashchuk. Improving the efficiency of road freight transportation.

Examined the technical and operational parameters affecting the efficiency of the road transport according to the indicators of the motor company. The influence of technical and operational parameters on the change in the cost of transport of the rolling stock through a change in the general run and indicators that determine the value of variable and fixed costs: capacity, capacity utilization, utilization range, and the ratio of automobiles to the line, the average technical speed and distance transport. We consider three groups of indicators that form the ways and means of increasing the efficiency of road freight transport in the existing conditions of the motor company.

Keywords: freight effectiveness, profitability, prime cost.

АВТОРИ:

МУРОВАННИЙ Ігор Сергійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ОНИЩУК Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: fantom.root@gmail.com

СТЕЛЬМАЩУК Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

АВТОРЫ:

МУРОВАННИЙ Игорь Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортные технологии», Луцкий НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ОНИЩУК Василий Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортные технологии», Луцкий НТУ, e-mail: fantom.root@gmail.com

СТЕЛЬМАЩУК Валерий Витальевич, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

AUTHORS:

Igor MUROVANYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: igor_lntu@ukr.net

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

Valeriy STELMASHCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

Новицкий А.В., Барташевский С.Е.
Національний гірничий університет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ-ТАКСИ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

Представлены результаты моделирования работы службы такси с использованием методов теории массового обслуживания. Показано, что основным критерием качества транспортного обслуживания для служб такси является вероятность отказа в обслуживании, а в качестве целевой функции для оценки эффективности работы службы такси целесообразно использовать суммарные затраты системы массового обслуживания. Установлено, что использование методов теории массового обслуживания позволяет определять оптимальное по критерию минимальных затрат значение количества работающих автомобилей для конкретных условий.

Ключевые слова: служба такси, система массового обслуживания, вероятность отказа в обслуживании, затраты.

Постановка проблемы. Одной из важнейших проблем, с которой сталкивается любое коммерческое предприятие, является снижение затрат на производство товара или услуги при условии обеспечения конкурентоспособных показателей качества. Особую актуальность данная проблема приобретает в условиях существенного превышения предложений над спросом, когда с одной стороны для привлечения клиентов необходимо повышать показатели качества, что обычно влечет за собой дополнительные затраты, с другой стороны экономическая ситуация требует снижения расходов. Именно в таких условиях приходится работать таксомоторным предприятиям.

В настоящее время по данным Профсоюза таксистов Украины частным извозом в Украине промышляют по меньшей мере 200 тыс. автовладельцев, что явно превышает потребности граждан в комфортной езде. Только в Киеве насчитывается 15–20 тыс. такси, хотя вполне хватило бы и вдвое меньшего автопарка. Причем эта цифра постоянно растет – зарабатывать на дорогах все чаще пытаются рядовые автолюбители, которые еще до кризиса приобрели авто и теперь занимаются частным извозом, чтобы обслуживать кредит. При этом увеличение количества предложений такси сопровождается снижением качества, что связано в первую очередь с низкой квалификацией сотрудников служб такси и выражается в увеличении времени ожидания и времени поездки, неоптимальных маршрутах доставки, высоких затратах на перевозку. Анализ работы служб такси крупных городов Украины показал, что большинство организационных решений принимается на основе опыта предыдущих периодов работы, а экономико-математическое обоснование если и проводится, то на основе упрощенных методик с использованием усредненных значений влияющих параметров. Так, на четырех из шести предприятий учет количества заявок осуществлялся по устным отчетам водителей. Ни на одном предприятии не собирается и не анализируется информация о времени выполнения заявок, количестве невыполненных заявок и т.д., а количество работающих в смену автомобилей зачастую определяется наличием исправных автомобилей. В результате отсутствует самая необходимая информация для разработки транспортно-технологической схемы транспортного обслуживания.

Одним из важнейших показателей качества организации работы службы такси является количество отказов в обслуживании. В борьбу за клиента в современных условиях перевозчики вкладываются значительные средства. По оценкам специалистов, привлечение нового клиента обходится фирме в 6 раз дороже, чем удержание существующего. А если клиент ушел неудовлетворенным, то на его возвращение приходится потратить в 25 раз больше средств [1]. Количество или вероятность отказа определяется количеством работающих автомобилей – чем больше автомобилей работает определенный период, тем выше вероятность выполнения поступившей заявки и меньше вероятность отказа. В благоприятной экономической ситуации задача повышения пропускной способности решается путем увеличения количества работающих автомобилей, при этом рост затрат перекрывается дополнительными доходами от выполненных заявок. Однако в условиях снижения покупательской способности населения и роста затрат на содержание подвижного состава подобное решение должно быть обосновано.

Для решение задачи обоснования параметров процесса транспортного обслуживания в настоящее время часто используют методы теории массового обслуживания, преимущество которых перед традиционными методами моделирования является учет случайного характера потока заявок и времени их обслуживания [2]. Именно это обстоятельство делает теорию массового

обслуживания мощным инструментом для моделирования различных процессов, в том числе и процесса транспортного обслуживания. Используя методы теории массового обслуживания, появляется возможность определения вероятностных параметров потоков заявок и обслуживания, а также определять параметры работы и показатели качества процесса обслуживания заявок таксомоторным предприятием.

Цель работы: обоснование эффективности использования методов теории массового обслуживания для экономико-математического моделирования процесса обслуживания заявок таксомоторным предприятием и выявление характера зависимостей технико-эксплуатационных и экономических показателей работы предприятия при использовании различных методов расчета.

Материалы исследования.

Объектом исследования является служба такси «Элит такси», работающая в г. Новомосковск (Днепропетровская область) и прилегающих районах. Предприятие обслуживает заявки круглосуточно в три восьмичасовых смены. Принятая технология предусматривает отказ в обслуживании при отсутствии свободных автомобилей, следовательно, предприятие может быть рассмотрено как многоканальная система массового обслуживания с отказами.

Списочный состав автомобилей составляет 27 ед. По данным финансового отдела предприятия, удельные затраты, связанные с движением автомобиля, составляют 136 грн/(авт.·час), затраты, связанные с простоем автомобиля – 41 грн/(авт.·час), затраты, связанные с отказом в обслуживании – 176 грн/(заяв.·час). Среднее количество поступающих заявок принимается равным: в I смену – 31,5 заяв./час, во II смену – 17,5 заяв./час, в III смену – 10,5 заяв./час. Среднее время выполнения заявки принимается равным: в I смену – 0,7 час (интенсивность потока обслуживания $\mu_{1\phi} = 1,42$ заяв./час), во II и III смену – 0,5 час ($\mu_{2\phi} = \mu_{3\phi} = 2$ заяв./час). Первый этап исследований предусматривал сбор и анализ информации о количестве заявок и среднем времени обслуживания (рис.1). В результате обработки данных по методике [2], было установлено, что принятые на предприятии значения интенсивности потока заявок соответствуют действительности, а значения интенсивности потока обслуживания существенно отличаются. Так, фактическое среднее время выполнения заявки в I смену составило 0,73 час, во II смену – 0,47 час., в III смену – 0,34 час. Также на основании сравнения наблюдаемых и критических значений критерия Пирсона с уровнем значимости $\alpha = 0,05$ было установлено, что оба потока описываются пуассоновским законом распределения со следующими интенсивностями:

- для потока заявок $\lambda_{1\phi} = 31,46$ заяв./час, $\lambda_{2\phi} = 17,44$ заяв./час, $\lambda_{3\phi} = 10,53$ заяв./час;
- для потока обслуживания $\mu_{1\phi} = 2,97$ заяв./час, $\mu_{2\phi} = 1,37$ заяв./час, $\mu_{3\phi} = 2,12$ заяв./час.

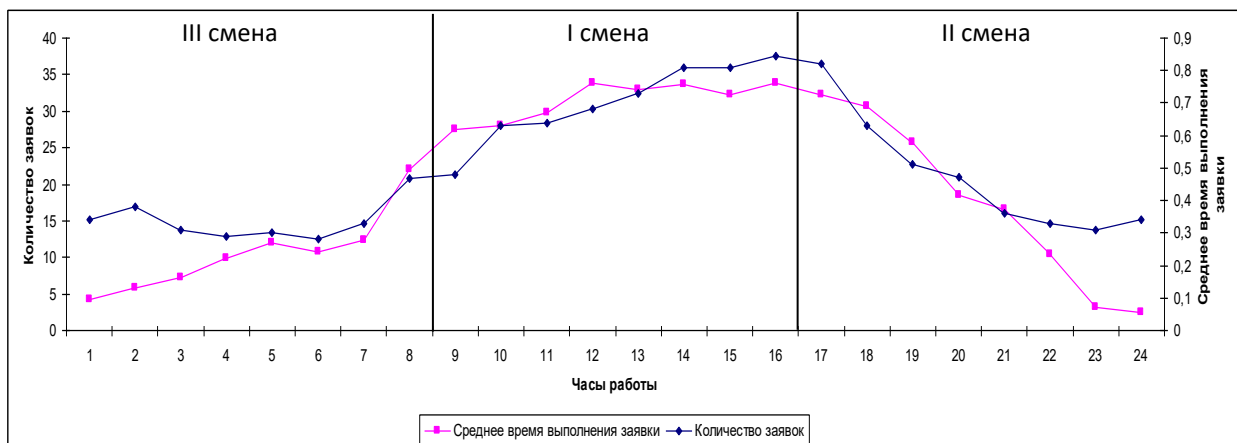


Рисунок 1 – Результаты обработки данных

Второй этап исследований предусматривал расчет основных параметров системы массового обслуживания для базового и проектного вариантов организации обслуживания заявок. К основным показателям многоканальных СМО с отказами относят [3]:

- количество каналов обслуживания – общее количество автомобилей, работающих в течение смены;
- вероятность обслуживания заявки – вероятность того, что заявка будет выполнена;
- вероятность отказа в обслуживании – вероятность того, что заявка не будет выполнена и покинет СМО;
- абсолютная пропускная способность системы – среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени.

Кроме этого, одной из задач исследования является обоснование оптимального количества автомобилей, работающих в течение каждой смены, по критерию минимальных общих затрат СМО.

Общие затраты СМО с отказами определяются по формуле [4]

$$C_{СМО} = C_{пр} \bar{n}_{св} + C_{об} \bar{n}_z + C_{отк} p_{отк} \lambda,$$

где $C_{пр}$ – удельные затраты, связанные с простоем автомобиля, грн/(авт.·час); $C_{об}$ – удельные затраты, связанные с движением автомобиля, грн/(авт.·час); $C_{отк}$ – удельные затраты, связанные с отказом в обслуживании, грн/(заяв.·час); $\bar{n}_{св}, \bar{n}_z$ – среднее количество свободных и занятых обслуживанием автомобилей, соответственно; $p_{отк}$ – вероятность отказа в обслуживании. Следовательно, целевую функцию можно записать в виде

$$\left[C_{пр} \bar{n}_{св} + C_{об} \bar{n}_z + C_{отк} p_{отк} \lambda \right] \rightarrow \min .$$

Для базового варианта расчетов использовались данные полученные на объекте исследования. Согласно информации предприятия, в I смену работает 23 автомобиля, во II смену – 9 автомобилей, в III смену – 6 автомобилей. Результаты расчетов основных показателей работы СМО представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета показателей работы СМО (базовый вариант)

Показатель		I смена	II смена	III смена
Интенсивность входящего потока заявок, заяв./час	λ	31,5	17,5	10,5
Среднее время обслуживания, час/заяв.	$t_{обс}$	0,7	0,5	0,5
Количество работающих автомобилей, ед	n	23	9	6
Интенсивность нагрузки на систему, заяв./час	ρ	22,05	8,75	5,25
Вероятность отказа в обслуживании	$p_{отк}$	0,130	0,210	0,211
Среднее кол-во занятых автомобилей, ед	$n_{зан}$	19,25	6,89	4,15
Затраты, связанные с движением автомобиля, грн/час	$Z_{дв}$	2714	937	564
Затраты, связанные с простоем автомобиля, грн/час	$Z_{пр}$	154	87	76
Затраты, связанные с отказом в обслуживании, грн/час	$Z_{отк}$	796	645	392
Общие затраты СМО, грн/час	$C_{СМО}$	3664	1668	1032

Анализ результатов показывает низкую эффективность работы СМО при базовом варианте организации транспортного обслуживания. В каждую смену предприятие использует минимально возможное количество автомобилей, ориентируясь на интенсивность нагрузки и стремясь сократить затраты, связанные с эксплуатацией подвижного состава. В тоже время вероятность отказа в обслуживании составляет 13% в I смену и 21% во II и III смены, а показатель «потерянные деньги / заработанные деньги» составляет 0,149 в I смену и 0,260 во II и III смены.

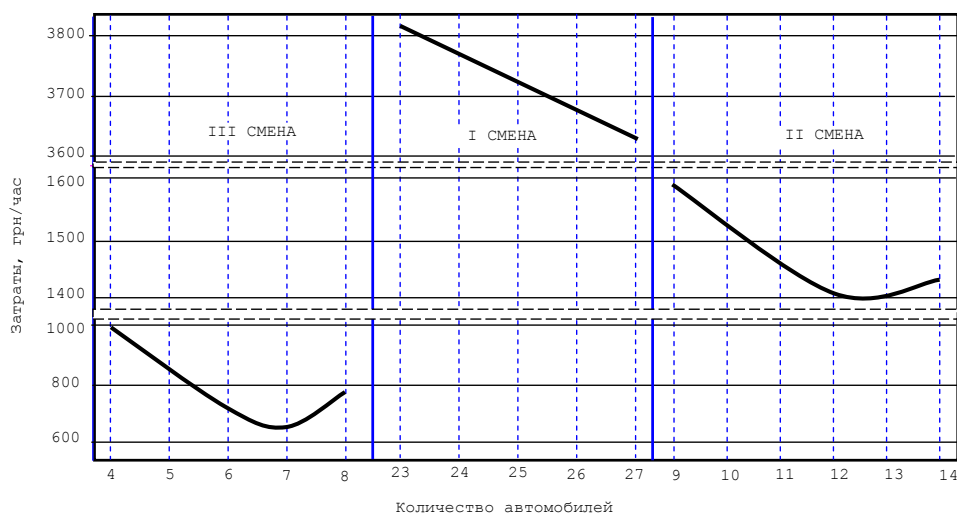
Последующие расчеты выполнялись по той же методике, однако задачей расчетов являлось определение оптимального количества работающих автомобилей, при котором обеспечивается условие минимума общих затрат. Для этого проведены расчеты основных показателей работы многоканальной СМО с отказами при различном количестве работающих автомобилей. Учитывая то, что фактические значения интенсивности потока обслуживания заявок существенно отличаются от принятых ранее, интенсивность нагрузки на систему для проектного варианта составит в I смену $\rho_{0,2} = 31,5/0,73 = 22,97$ заяв./час; во II смену $\rho_{0,22} = 17,5/0,47 = 8,22$ заяв./час; в III смену $\rho_{0,21} = 10,5/0,37 = 3,55$ заяв./час.

Исходя из условия устойчивой работы многоканальной СМО $\rho/n \leq 1$, принимаем минимальное количество работающих автомобилей в I смену – 23 автомобиля, во II смену – 9 автомобилей, в III смену – 4 автомобиля. Пример результатов расчета приведен в таблице 2.

Как показал анализ результатов, при увеличении количества работающих автомобилей вероятность отказов обслуживания уменьшается по экспоненциальному закону, среднее количество автомобилей, занятых обслуживанием заявок, также увеличивается нелинейно, что приводит к пропорциональному росту затрат, связанных с движением и простоем подвижного состава. График зависимости $C_{СМО}(n)$ имеет минимум при $n = 7$ ($C_{СМО} = 678$ грн/час), следовательно, можно утверждать, что при рассматриваемых условиях работы оптимальное количество работающих в III смену автомобилей составит 7 единиц, в I смену – 27 единиц, во II смену – 13 единиц (рис.2).

Таблица 2 Результаты расчета показателей работы СМО (проектный вариант, III смена)

Показатель		Количество автомобилей					
		4	5	6	7	8	9
Вероятность отказа в обслуживании	$p_{отк}$	0,265	0,158	0,086	0,042	0,018	0,007
Среднее кол-во занятых автомобилей, ед	$n_{зан}$	2,606	2,985	3,243	3,399	3,483	3,522
Затраты, связанные с движением, грн/час	$Z_{дв}$	354	406	441	462	474	479
Затраты, связанные с простоем, грн/час	$Z_{пр}$	57	83	113	148	185	225
Затраты, связанные с отказом, грн/час	$Z_{отк}$	491	293	159	77	34	13
Общие затраты СМО, грн/час	$C_{СМО}$	903	782	713	<u>687</u>	692	717

Рис.2. График зависимости $C_{смo}(n)$

Сравнительный анализ базовых и расчетных параметров работы предприятия показал, что использование уточненных данных о средней продолжительности выполнения заявок, полученных в результате статистической обработки данных, позволяет скорректировать интенсивность нагрузки на СМО, что позволяет получить более адекватные результаты, учитывающие случайный характер потока обслуживания заявок. Использование средних показателей при расчете интенсивности потока обслуживания дает отклонение до 40 % для пиковых периодов работы. Также установлено, что для всех трех смен целесообразно увеличить количество работающих автомобилей, поскольку в этом случае появляется возможность уменьшить вероятность отказа в обслуживании и увеличить пропускную способность системы. При этом, несмотря на увеличение затрат $Z_{дв}$ и $Z_{пр}$, суммарные затраты уменьшаются за счет снижения потерь от отказов (табл.3).

Таблица 3 – Сравнение показателей эффективности СМО для базового и проектного вариантов

Показатель	I смена		II смена		III смена	
	Базовый вариант	Проектный вариант	Базовый вариант	Проектный вариант	Базовый вариант	Проектный вариант
Интенсивность входящего потока заявок	31,46	31,46	17,44	17,44	10,53	10,53
Среднее время обслуживания	0,70	0,73	0,50	0,47	0,50	0,34
Интенсивность обслуживания заявок	1,42	1,37	2,00	2,12	2,00	2,97
Интенсивность нагрузки на СМО	22,12	22,97	8,72	8,22	5,26	3,55
Количество работающих автомобилей	23	27	9	13	6	7
Вероятность отказа в обслуживании	0,130	0,934	0,210	0,035	0,211	0,042
Абс. пропускная способность системы	27,38	29,38	13,77	16,82	8,30	10,09
Затраты, связанные с движением автомобиля	2714	2906	937	1078	564	462
Затраты, связанные с простоем автомобиля	154	180	87	208	76	148
Затраты, связанные с отказом в обслуживании	796	630	645	108	392	77
Общие затраты СМО	3664	3657	1668	1394	1032	687
Изменение затрат СМО, грн/час	-7		-274		-345	

Выводы: в результате моделирования процесса обслуживания заявок службой такси с использованием методов теории массового обслуживания установлено следующее:

1) для обоснованного выбора рациональных параметров технологической схемы таксомоторных перевозок целесообразно применять методы теории массового обслуживания, поскольку в этом случае появляется возможность учета случайного характера потока входящих заявок и времени обслуживания;

2) наряду со сбором и анализом информации о количестве заявок на перевозку необходимо вести постоянные наблюдения за временем выполнения заявки, в противном случае возможны значительные отклонения полученных параметров от оптимальных значений;

3) снижение общих затрат таксомоторного предприятия возможно за счет привлечения дополнительного подвижного состава для обслуживания заявок, что позволяет за счет повышения вероятности обслуживания уменьшить потери, связанные с отказами в перевозках.

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: пер. с англ./ Л.Клейнрок. – М.: Машиностроение. – 1979. – 432 с.
2. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1991. – 384с.
3. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / В.С. Королюк. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
4. Хинчин А.Я. Математические методы теории массового обслуживания/ А.Я. Хинчин. – М.: Наука, 1963. – 248 с.

REFERENCES

1. Kleinrock, L. (1979). *Queueing theory*. [Теория массового обслуживания]. Moscow, Engineering Publ. 432 p.
2. Wentzel, E. (1991). *Theory of random processes and its engineering applications*. [Теория случайных процессов и её инженерные приложения]. Moscow, Higher school Publ. 384 p.
3. Koroliuk, V. (1985). *Directory to the theory of probability and mathematical statistics*. [Справочник по теории вероятностей и математической статистике]. Moscow, Science. 640 p.
4. Khinchin, A. (1963). *Mathematical methods of queueing theory*. [Математические методы теории массового обслуживания]. Moscow, Science. 248 p.

Новицкий О.В., Барташевский С.Е. Визначення оптимальної кількості автомобілів-таксі за критерієм мінімальних витрат.

Наведено результати моделювання роботи служби таксі з використанням методів теорії масового обслуговування. Показано, що основним критерієм якості транспортного обслуговування для служб таксі є імовірність відмови в обслуговуванні, а в якості цільової функції для оцінки ефективності роботи доцільно використовувати сумарні витрати системи масового обслуговування. Встановлено, що використання методів теорії масового обслуговування дозволяє визначати оптимальну за критерієм мінімальних витрат кількість працюючих автомобілів, для конкретних умов.

Ключові слова: служба таксі, система масового обслуговування, імовірність відмови в обслуговуванні, витрати.

O. Novytski, S. Bartashevski. Determination of the optimal number of taxis by the criterion of minimum cost.

The results of the simulation of a taxi service using the methods of queueing theory. It is shown that the main criterion for the quality of transport service for taxi services is the possibility of a denial of service, as well as an objective function for evaluating the performance of taxi services appropriate to use the total cost of queueing system. It was found that the use of the methods of queueing theory allows to determine the optimal by criterion of minimum cost for the number of working vehicles for specific conditions.

Keywords: taxi service, queueing system, the probability of failure in service, costs.

АВТОРИ:

НОВИЦЬКИЙ Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Управління на транспорті», Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: novitsk_a@mail.ru

БАРТАШЕВСЬКИЙ Станіслав Євгенович, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і технологій, Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: xfiles07@mail.ru.

AUTHORS:

Alexey Novytski, PhD, Assoc. Professor of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: novitsk_a@mail.ru;

Stanislav Bartashevski, PhD, Assoc. Professor the Department of Transport Systems and Technologies, National Mining University, e-mail: xfiles07@mail.ru.

Подригало¹ М.А., Коробко² А.І., Назарько¹ О.О., Радченко¹ Ю.А., Михайлова³ О.О.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

³ДП «Харківське агрегатне конструкторське бюро»

СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ СТОЯНКОВИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ

Розглянуто методи і конструкції стендів для випробувань стоянкових гальмівних систем транспортних засобів. Запропоновано конструкцію випробувального стенду. Обґрунтовано фактори, що впливають на його параметри і основні метрологічні характеристики. Компактність і простота конструкції стенду дозволяють використовувати його як в наукових, так і в навчальних цілях.

Ключові слова: стоянкові гальмівні системи, випробувальний стенд, трактор, метрологічні характеристики, гідропривід.

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.

Одним із способів оцінювання якості випробувальних стендів і комплексів є їх атестація і сертифікація, покликана гарантувати наявність у них певних, заздалегідь оголошених, властивостей і якостей. При цьому висока вартість об'єктів випробувань, тривалість їх виготовлення, значні витрати на підготовку і проведення самих випробувань вимагають від випробувального устаткування гарантованого отримання достовірних і точних результатів.

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.

Гальмівні механізми є найбільш важливими елементами гальмівного керування, що поглинають і розсіюють енергію яка виділяється при гальмуванні. Тому якість, ефективність і стабільність роботи гальмівних механізмів є об'єктом уваги вчених і конструкторів, які працюють в галузі сільськогосподарського машинобудування.

Необхідність випробувань стоянкових гальмівних систем автомобілів і тракторів виникає постійно – при технічних оглядах, випробуваннях з метою підтвердження відповідності, при технічному обслуговуванні і після ремонту.

Випробування проводяться дорожнім і стендовим методами.

При випробуваннях дорожнім методом [1] транспортний засіб повинен утримуватись стоянковою гальмівною системою на ухилі нормованого значення протягом заданого інтервалу часу. Для легкових автомобілів і автобусів – 23 %, вантажних – 31 %. В якості випробувального устаткування використовується естакада нормованого ухилу.

Недоліком даного способу є те, що сучасні автомобілі (автобуси) мають низьку посадку і великі передній і задній звиси, які обмежують можливість в'їзду на естакаду. Реалізація постійного приросту величини ухилу естакади збільшує її габаритні розміри (2-3 довжини автомобіля). Випробування на гірках стоянкової гальмівної системи авто- і тракторних поїздів через їх великі габаритні розміри забруднено по указаних причинах, крім того складність маневрування при в'їзді і виїзді.

Стендовий метод випробувань гальмівних систем реалізується на роликівих стендах силового типу. Транспортний засіб встановлюється на стенді, вмикається привід стенду, вмикають стоянкову гальмівну систему і вимірюють реактивний момент від гальмівних сил, що виникає на осі ведучого ролика [2].

Недоліком такого способу є те, що, у випадку дії гальмівних систем на усі колеса, вимірювання може проводитись тільки для однієї вісі. Тобто не можна визначити сумарну гальмівну силу. Доводиться проводити вимірювання послідовно для усіх осей транспортного засобу, а потім розраховувати сумарну гальмівну силу, що збільшує тривалість випробувань. Крім того, стенди, що реалізують даний спосіб досить дорогі.

При випробуваннях сільськогосподарських транспортних засобів пропонується альтернативний спосіб випробувань стоянкових гальмівних систем на прямолінійній ділянці шляхом прикладання еквівалентного зусилля [3, 4, 5, 6]. Проте в указаних нормативних документах немає чіткого опису стендів, які можуть реалізувати даний спосіб.

В [7] наведено два способи створення еквівалентного навантаження: з допомогою лебідки і з допомогою системи вантажів.

Згідно цих способів, транспортний засіб встановлюється на рівну горизонтальну поверхню, тросом через динамометр з'єднують з лебідкою і вмикають стоянкову гальмівну систему. Вмикають привід лебідки і тягнуть транспортний засіб до величини заданого зусилля. Якщо транспортний засіб залишається нерухомим при прикладеному зусиллі, то стоянкова гальмівна система справна.

Указаний спосіб можна реалізувати, прикладаючи зусилля, з допомогою набору вантажів (баласту).

Такі способи мають переваги над [1, 2], оскільки не вимагають великогабаритних споруд, додаткових площ і дорогого устаткування, виключають можливість маневрування. Проте вони мають і недоліки.

При створенні еквівалентного навантаження баластом необхідно мати складну систему рухомих блоків, щоб зменшити масу самого баласту. Наприклад, для створення еквівалентного навантаження при випробуваннях трактора Т-150 необхідно мати баласт масою 2,7 т. Такий великогабаритний баласт потребує окрему систему навантаження-розвантаження, випробування супроводжуються підвищеною небезпекою. І, крім сказаного, баласт повинен бути різної маси, щоб забезпечити метрологічну складову випробувань.

Щоб забезпечити безпеку і точність випробувань необхідно мати привід лебідки з малими обертами (до 1 оберту за хв.). Проте моторредуктори, що здатні забезпечити такі оберти і необхідне тягове зусилля мають великі масові показники

У зв'язку з цим **метою роботи** є удосконалення методу випробувань стоянкових гальмівних систем тракторів шляхом розробки конструкції стенду для їх випробувань і оцінка метрологічних характеристик такого стенду.

Результати досліджень. Головна проблема стенду – джерело енергії. Воно повинно забезпечувати малі переміщення робочого органу (до 200 мм) протягом тривалого періоду часу (до 60 с) створюючи значне зусилля (до 10 МПа). В створеному випробувальному стенді використано спосіб прикладання еквівалентного зусилля, заснований на перетворенні тиску рідини в поступальний рух з автоматичним розрахунком необхідних параметрів. Пропонується використовувати ручний привід для створення тиску з автоматичним обмежуванням. Ручні масляні станції створюють тиск до 70 МПа при зусиллі на органі керування до 45 кг. Структурна схема випробувального стенду показана на рис. 1, а загальний вид на рис. 2. Суцільною лінією на рис. 1 позначено канали передачі даних щодо навантаження, пунктирною – переміщення.

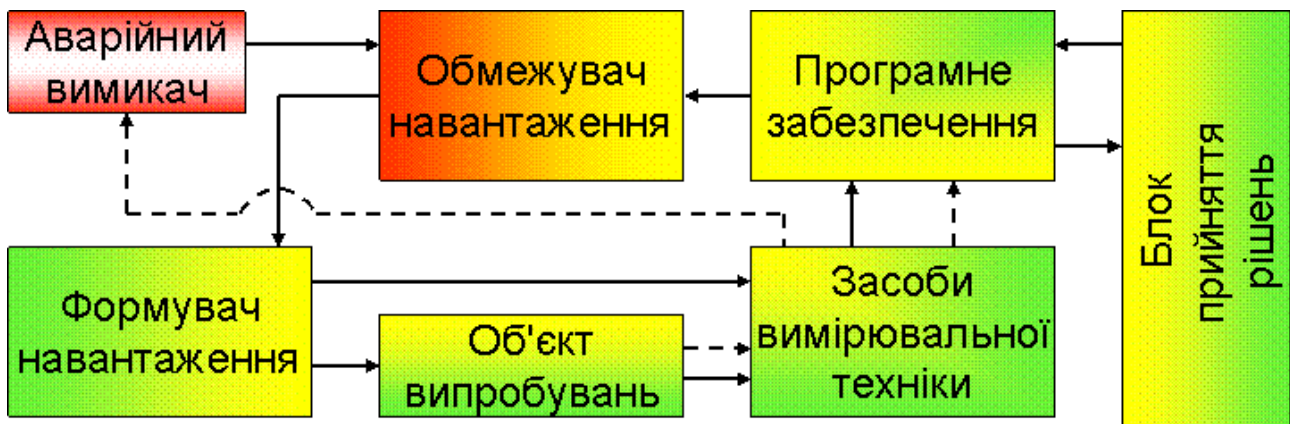


Рис. 1. Структурна схема випробувального стенду

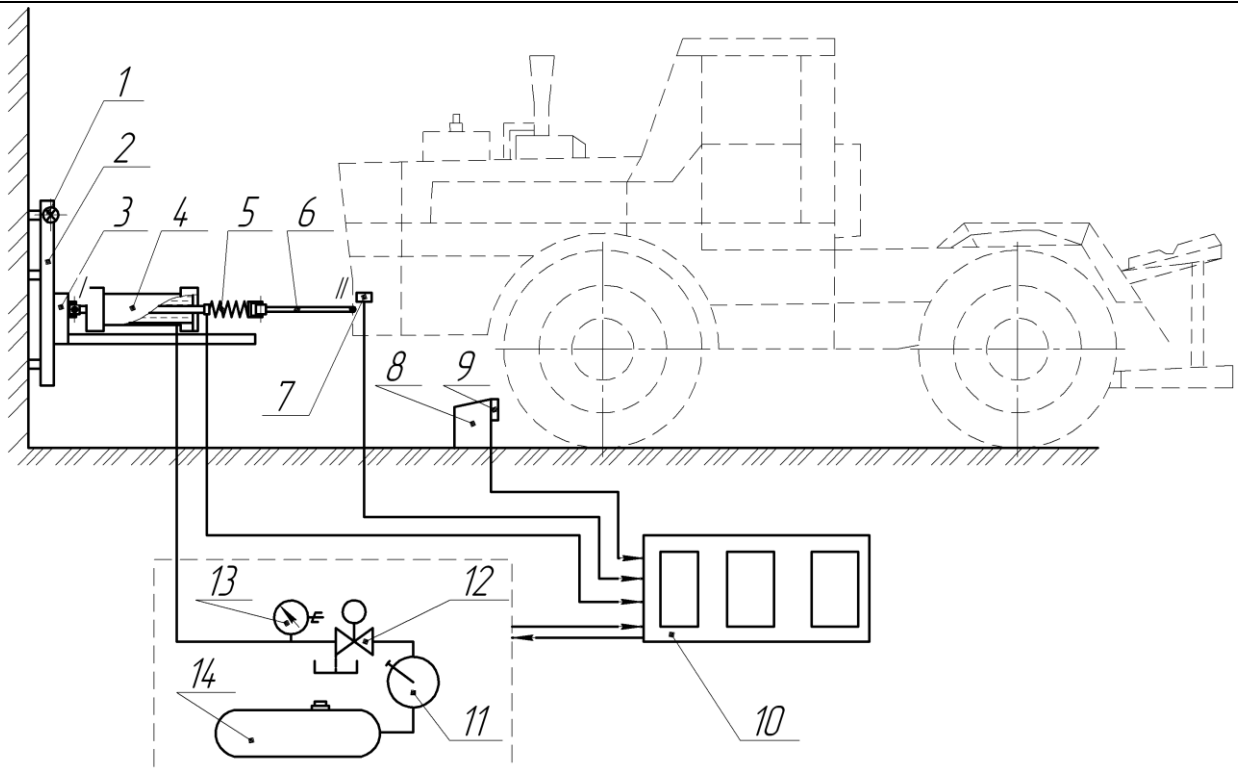


Рис. 2. Загальний вид випробувального стенду

До складу стенду входять: силовий контур, контур реєстрації переміщення, аварійний контур і блок керування з програмним забезпеченням. Силовий контур складається з масляного бака 14, гідронасоса 11, електроманометра 13, соленоїдного редукційного клапана 12, гідро циліндра 4, з'єднувальних патрубків, демпферної пружини 5 і тросу під'єднання транспортного засобу 6. Гідро циліндр 4 кріпиться до рухомої каретки 3, яка може переміщуватись вверх і вниз по балці основи 2 з допомогою механізму підйому-опускання 1. Контур реєстрації переміщень складається з двоосьового акселерометра 7 і каналу передачі даних. Аварійний контур складається з обмежувальних пристроїв 8 і запобіжного електроклапана, який конструктивно може бути виконаний одночасно з редукційним клапаном 12. Блок керування 10 з допомогою спеціального програмного забезпечення проводить розрахунок значення необхідного еквівалентного навантаження, його контролю, розрахунку тиску в гідросистемі, необхідного для реалізації розрахункового значення зусилля, контролює роботу стенду, у разі необхідності подає відповідний імпульс на зменшення тиску в гідросистемі стенду, обробляє результати випробувань, а також здійснює зберігання і візуалізацію результатів. На обмежувальних пристроях 8 кріпиться калібрувальна балка 9.

Для створення тягового зусилля, з метою уніфікації, можна використовувати гідроциліндр навісного обладнання трактора. Наприклад, у трактора МТЗ-80 використовується гідроциліндр Ц 100x200-3, тягове зусилля якого 59,00 кН. Такого зусилля достатньо щоб проводити випробування стоянкових гальм транспортних засобів масою до 14,0 т при імітації кута подовжнього ухилу дороги до 36 %. Масляний насос пропонується використовувати з ручним приводом. На теперішній час промисловість випускає насоси здатні реалізувати тиск до 70,00 МПа при зусиллі на органі керування до 45 кг. Враховуючи, що тиск у приводі стенду не буде перевищувати 7,50 МПа, використання таких насосів є виправданим з ергономічної точки зору.

Стенд для випробувань стоянкових гальм працює наступним чином.

Транспортний засіб встановлюється на площині перед стендом. Оператор з'єднує транспортний засіб з'єднувальним тросом 6 зі стендом. За допомогою механізму підйому-опускання 1 встановлюється положення рухомої каретки 3 так, щоб умовна лінія I-II (рис. 2) була паралельна площині стенду. Для контролю паралельності може використовуватись акселерометр 7, якщо його вісь направити перпендикулярно опорній площині. Результат вимірювання потім буде врахований в невизначеності результату випробувань, або в якості поправки до розрахункового значення еквівалентного зусилля. Транспортний засіб від'їжджає назад так, щоб залишилось невелике провисання з'єднувального тросу 6 і загальмовується стоянковим гальмом. На колесі транспортного засобу крейдою робляться мітки його положення. Оператор вводить в блок керування 10 значення

нормованого ухилу, який необхідно імітувати при випробуваннях і масу транспортного засобу. Спеціальне програмне забезпечення розраховує необхідне навантаження і тиск, який необхідно створити в системі щоб реалізувати розрахункове значення зусилля. Оператор насосом 11 накачує необхідний тиск в системі. При досягненні його розрахункового значення, з електроманометра 13 подається сигнал на електроклапан 12, який спрацьовує і закриває масляну магістраль за насосом. Оператор перестає нагнітати тиск в системі. Витримується досягнутий рівень тиску протягом встановленого часу. По показаннях датчика переміщення 8 контролюється переміщення транспортного засобу протягом заданого часу, а по нанесених мітках (візуально) – характер переміщення (на заблокованих або незаблокованих колесах). Після цього, оператор вмикає запобіжний електроклапан для розвантаження масляної магістралі, перемикає масляну магістраль на зворотній хід штоку гідроциліндру і повертає його у початкове положення. В блок керування 10 вводяться результати контролю характеру переміщення транспортного засобу. Трос 6 від'єднується від транспортного засобу. Випробування повторюються для зворотного положення транспортного засобу. Спеціальне програмне забезпечення готує звіт про результати випробовувань. У випадку переміщення транспортного засобу до обмежувального пристрою 8, спрацьовує датчик, який подає сигнал на запобіжний електроклапан, який розвантажує масляну магістраль.

Для калібрування стенду в його конструкції передбачена калібрувальна балка 9, яка закріплена на обмежувальних пристроях 8. Замість демпферної пружини встановлюється зразковий динамометр, який тросом з'єднується з калібрувальною балкою 9. Послідовно збільшуючи тиск в приводі стенду від мінімального до максимального, фіксують значення реалізованого зусилля в контрольних точках. Вимірювання в кожній контрольній точці проводять по три рази. За результат приймається середнє значення. Значення тиску в контрольних точках вибирається із ряду переважних чисел R10 (1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,3; 8,00 МПа). За результатами вимірювання будують калібрувальну криву, загальний вид якої показано на рис. 3. Різниця між теоретичною (пунктирна лінія) і практичною (суцільна лінія) кривими буде характеризувати абсолютну похибку стенду. В залежності від номенклатури випробовуваних транспортних засобів діапазон калібрування і значення тиску в контрольних точках може змінюватись.

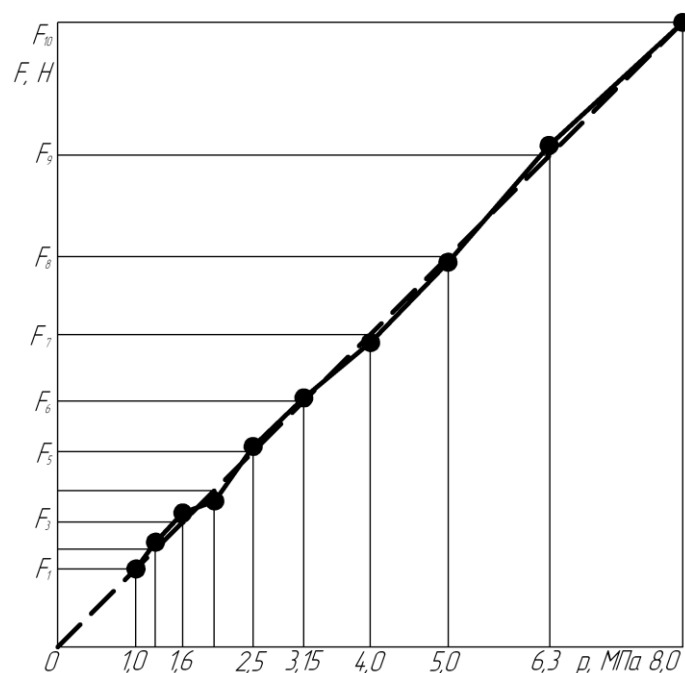


Рис. 3. Калібрувальна крива залежності зусилля від тиску в гідросистемі

На адекватність результатів випробувань будуть впливати наступні фактори: непаралельність площині стенду лінії I-II (рис. 2), похибка калібрування стенду, похибка розрахунків необхідного тиску в гідросистемі, похибка використовуваних засобів вимірювальної техніки, тощо.

Висновки. Розроблена конструкція стенду для випробовування стоянкових гальм транспортних засобів за принципом створення еквівалентного навантаження відрізняється від існуючих тим, що навантаження, яке прикладається до транспортного засобу, створюється без використання великогабаритних конструкцій (естакад), забезпечується автоматичний розрахунок

необхідного навантаження, підвищується точність його реалізації і забезпечується універсальність за рахунок можливості проводити випробування великого ряду транспортних засобів незалежно від їх маси та габаритних розмірів.

1. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання : ДСТУ 3649:2010. — [Чинний від 2011-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — III, 28 с. — (Національний стандарт України).
2. Роликовые стенды для поверки тормозных и тяговых свойств автомобилей (теория, расчет и конструирование) / Н. Я. Говорухенко, В. П. Волков, Э. Х. Рабинович и др. — Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2009. — 344 с.
3. Система стандартов безопасности труда. Сельскохозяйственные и лесные транспортные средства. Определение тормозных характеристик : ГОСТ 12.2.002.3-91. — [Дата введения 01.07.92]. — М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. — 18 с. — (Межгосударственный стандарт).
4. Засоби транспортні сільськогосподарські та лісгосподарські. Визначення гальмівних характеристик (ISO 5697:1982, IDT) : ДСТУ ISO 5697:2005. — [Чинний від 2008-01-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — IV, 19 с. — (Національний стандарт України).
5. Техніка сільськогосподарська. Системи гальмування самохідних сільськогосподарських машин. Методи випробувань : СОУ 74.3-37-04604309-007:3013. — [Чинний від 2013-08-01]. — Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2013. — III, 12 с. — (Стандарт організації України).
6. Робоча інструкція з визначення гальмових характеристик сільськогосподарських і лісних транспортних засобів : РІ.14-2012. — [Чинна від 2012-09-01]. — Харків : ХФ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2012. — 15 с. — (Робоча інструкція системи управління).
7. Пат. RU 2244911 с2, МПК G 01 M 17/00, В 60 Т 17/22. Способ испытаний стояночной тормозной системы транспортного средства / Блянкинштейн И. М. (RU), Ильин А. М. (RU); заявители Блянкинштейн Игорь Михайлович, Ильин Александр Михайлович. — № 2000120604/28; заявл. 07.08.2000; опубл. 20.01.2005, Бюл. № 2.

REFERENCES

1. Wheeled vehicles. Safety requirements and inspection methods of technical condition [Koliski transportni zasobi. Vimogi shhodo bezpechnosti tehnichnogo stanu ta metodi kontroljuvannja] : DSTU 3649:2010. — [Acting on 2011-07-01]. — K.: SCTRCP of Ukraine, 2011. — III-28 P. - (Standard National of Ukraine).
2. Roller stands for testing braking and traction properties of the car (theory, calculation and design) [Rolikovyte stendy dlja poverki tormoznyh i tjagovyh svojstv avtomobilej (teorija, raschet i konstruirovanie)] / N. Govorushenko, V. Volkov, E.Rabinowitz, etc. — Kharkov : Publishing house at KhNAHU, 2009. — 344 p.
3. The system of occupational safety standards. Agricultural and forestry vehicles. Determination of braking characteristics [Sistema standartov bezopasnosti truda. Selskokhoziaistvennye i lesnye transportnye sredstva. Opredelenie tormoznykh kharakteristik]: GOST 12.2.002.3-91. — [Date of introduction 01.07.92]. Moscow : Committee of standardization and Metrology of the USSR, 1991. — 18 p. — (interstate standard).
4. Means of transport agricultural and forestry. Determination of braking characteristics (ISO 5697:1982, IDT) [Zasobi transportni silskogospodarski ta lisogospodarski. Vznachennia galmivnykh kharakteristik]: DSTU ISO 5697:2005. — [Valid from 2008-01-01]. — K. : State Committee Of Ukraine 2007. IV, 19 p. — (National standard of Ukraine).
5. Machinery agricultural. Braking system self-propelled agricultural machines. Test methods [Tekhnika silskogospodarska. Sistemi galmuvannia samokhidnykh silskogospodarskikh mashin. Metodi viprobuvan]: OSU 74.3-37-04604309-007:3013. — [Acting on 2013-08-01]. Research : Ukrndnc ei. L. Pogorely, 2013. III, 12 p. — (The organization standard of Ukraine).
6. Operating instructions for the brake characteristics of agricultural and forestry vehicles [Robocha instrukciia z viznachennia galmovykh kharakteristik silskogospodarskikh i lisnykh transportnykh zasobiv]: WM.14-2012. — [Valid from 2012-09-01]. — Kharkov : L. Pogorilyy UkrSRIFTMT, 2012. — 15 p. — (working manual management system).
7. Pat. RU 2244911 C2, IPC G 01 M 17/00, 60 T 17/22. Method of testing Parking brake system of vehicle [Sposob ispytanii stoianochnoi tormoznoi sistemy transportnogo sredstva] / Bljankinshtejn S. M. (RU), M. A. Ilyin (RU); applicants Bljankinshtejn Igor Mikhailovich, Aleksandr Mikhailovich Ilyin. No 2000120604/28; Appl. 07.08.2000; publ. 20.01.2005, bull. No. 2.

Подригало М. А., Коробко А. И., Назарько О. А., Радченко Ю. А., Михайлова О. А. Стенд для испытаний стояночных тормозных систем.

Рассмотрено методы и конструкции стендов для испытаний стояночных тормозных систем транспортных средств. Предложено конструкцию испытательного стенда. Обосновано факторы, влияющие на его параметры и основные метрологические характеристики. Компактность и простота конструкции стенда позволяет использовать его как в научных, так и в учебных целях.

Ключевые слова: стояночные тормозные системы, испытательный стенд, трактор, метрологические характеристики, гидропривод.

M. Podrigalo, A. Korobko, O. Nazarko, Yu. Radchenko, O. Mikhayilova. Stand for the parking brake system tests.

The methods and design of stands for testing of brake systems of vehicles. The design of the test stand. It justifies its parameters, and the main metrological characteristics. Compact and simple design of the stand allows its use in both scientific and educational purposes.

Keywords: The parking brake system, the test rig, tractor, metrological characteristics, hydraulic.

АВТОРИ:

ПОДРИГАЛО Михайло Абович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: pmikhab@gmail.com

КОРОБКО Андрій Іванович, кандидат технічних наук, доцент, провідний науковий співробітник, Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого, e-mail: ak82andrey@gmail.com

НАЗАРЬКО Ольга Олександрівна, кандидат технічних наук, викладач кафедри інженерної і комп'ютерної графіки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: ak82andrey@gmail.com

РАДЧЕНКО Юлія Андріанівна, аспірант кафедри Технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: yulyashik.radchenko.92@mail.ru

МИХАЙЛОВА Олеся Олександрівна, інженер, ДП «Харківське агрегатне конструкторське бюро», e-mail: ak82andrey@gmail.com

АВТОРЫ:

ПОДРИГАЛО Михаил Абович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Технологии машиностроения и ремонта машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: pmikhab@gmail.com

КОРОБКО Андре 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

НАЗАРЬКО Ольга Александровна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры инженерной и компьютерной графики, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: ak82andrey@gmail.com

РАДЧЕНКО Юлия Андриановна, аспирант кафедры Технології машинобудування і ремонту машин, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: yulyashik.radchenko.92@mail.ru

МИХАЙЛОВА Олеся Александровна, инженер, ГП «Харьковское агрегатное конструкторское бюро», e-mail: ak82andrey@gmail.com

AUTHORS:

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

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

Olga NAZARKO, PhD. in Engineering, teacher of faculty Engineering and Computer Graphics, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: ak82andrey@gmail.com

Yuliya RADCHENKO, Postgraduate Student of Engineering Techniques and Machine Repairs Department, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: yulyashik.radchenko.92@mail.ru

Olesya MIKHAYILOVA, Engineer, “Kharkiv aggregate design Bureau” state enterprise, e-mail: ak82andrey@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 10.03.2016 р.

Пустюльга С.І., Придюк В.М., Самостян В.Р.
Луцький національний технічний університет

МЕТОД ПРІОРИТЕТІВ ФОРМУВАННЯ ДОПУСТИМИХ ОПОРНИХ ПЛАНІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ

У роботі розроблено метод пріоритетів формування близьких до оптимальних, допустимих опорних планів перевезень для транспортних задач. Цей метод дозволяє комплексно враховувати як вартість перевезень одиниці вантажу, так і можливості джерел постачання та споживання вантажів, що перевозяться. Застосування методу пріоритетів суттєво скорочує кількість ітерацій при пошуку оптимального плану перевезень методом потенціалів. На основі запропонованих алгоритмів в середовищі Mathcad 15 розроблено програму автоматичної генерації близьких до оптимальних, допустимих опорних планів.

Ключові слова: метод пріоритетів, допустимий опорний план, транспортна задача, оптимальний план перевезень.

Постановка проблеми. Аналіз сучасного стану автомобільних вантажних перевезень показує, що на більшості промислових підприємств України витрати, пов'язані з транспортуванням матеріальних ресурсів, як правило, не плануються і не розраховуються [4]. Розрахунок ефективності роботи проводиться за фактичними витратами транспортного підрозділу підприємства. Ця обставина не дозволяє заздалегідь оцінити витрати при плануванні тих чи інших перевезень. Для вирішення вказаної проблеми необхідна розробка простих, доступних алгоритмів, що на інженерному рівні дозволяють оптимізувати витрати будь-якого підприємства на транспортну роботу. Основою при цьому може стати математична модель так званої "транспортної задачі" [1].

Під назвою "транспортна задача" об'єднується широке коло математичних задач лінійного програмування, що описуються єдиною моделлю [7]. Класична транспортна задача - логістична задача про найбільш оптимальний, з економічної точки зору, план перевезень вантажів із пунктів виробництва у пункти споживання. Величезна кількість можливих варіантів утруднює отримання оптимального плану перевезень експертним шляхом, тому застосування математичних методів, обчислювальних алгоритмів у плануванні перевезень дає чималий економічний ефект.

Аналіз останніх досліджень. Транспортна задача може бути розв'язана класичним симплекс-методом, однак матриця системи обмежень задачі настільки своєрідна, що для її розв'язання розроблено ряд спеціальних методів. Ці методи, як і симплекс-метод, дозволяють знайти початкове опорне рішення, а потім покращуючи його, отримати оптимальне рішення для конкретного випадку [3,6].

Транспортна задача може розв'язуватись із обмеженнями та без обмежень і бути представлена за допомогою матриць або графів. Класичне формулювання транспортної задачі полягає у наступному.

Є i джерел однорідних або взаємозамінних вантажів і j пунктів їх споживання. Задано об'єми вантажів (потужність) кожного із джерел і розміри попиту кожного споживача. Відомі також витрати, пов'язані із переміщенням одиниці вантажу із джерела i в пункт споживання j . Вимагається скласти план перевезення вантажів із джерел у пункти споживання, при яких загальні витрати, пов'язані із цими перевезеннями будуть мінімальними.

Таким чином, вхідними даними для транспортної задачі є: вектори потужності джерел і пунктів споживання та матриця витрат на перевезення одиниці вантажу із джерел у пункти споживання.

Побудуємо математичну модель сформульованої задачі. Позначимо через $x_{i,j}$ план перевезення вантажів. Тоді сумарні витрати, пов'язані із перевезеннями із усіх джерел в усі пункти споживання, можна подати у вигляді:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

План $x_{i,j}$ називатиметься оптимальним, якщо він, серед усіх допустимих планів, призводить до мінімальної сумарної вартості перевезень (1).

Найбільш відомими методами знаходження допустимих опорних планів є: метод північно-західного кута, метод мінімального елемента, метод подвійної переваги і метод апроксимації Фогеля [5,8].

У загальному випадку система обмежень для транспортної задачі повинна містити $n + m - 1$ лінійно незалежних рівнянь, тому невироджений опорний план будь-якої транспортної задачі відповідно містить $n + m - 1$ додатних компонент або перевезень.

Якщо умови транспортної задачі і її опорний план записані у вигляді таблиці (матриці), то клітини, у яких знаходяться відмінні від нуля перевезення, називаються зайнятими, а всі інші - незайнятими. Зайняті клітини відповідають базисним невідомим і для невиродженого опорного плану їх кількість теж рівна $n + m - 1$. "Опорність" плану, при записі умов транспортної задачі у вигляді таблиці, полягає у його ациклічності, тобто в таблиці не можна побудувати замкнутий цикл, усі вершини якого лежать в зайнятих клітинах. Циклом називається набір клітин, у якому дві і тільки дві сусідні клітини розташовані в одному стовпці або одному рядку таблиці, причому остання клітина знаходиться у тому ж рядку або стовпці, що і перша [2]. Побудову циклів починають із будь-якої зайнятої клітини і переходять по стовпцю (рядку) до іншої зайнятої клітини, у якій виконують поворот під прямим кутом і рухаються по рядку (стовпцю) до наступної зайнятої клітини і т. д., намагаючись повернутися до початкової клітини. Якщо таке повернення можливе, то отриманий цикл, а значить і план не є опорним. Клітини, у яких відбувається поворот під прямим кутом, визначають вершини циклу. Будь-який опорний допустимий план транспортної задачі, що містить більше $n + m - 1$ зайнятих клітин, не є опорним, оскільки йому відповідає лінійно залежна система векторів. При такому плані у таблиці завжди можна побудувати замкнутий цикл.

Усі існуючі методи знаходження допустимих опорних планів мають свої переваги і недоліки. А використання угорського методу, дельта-методу, методу потенціалів дає можливість із різною швидкістю і затратами часу знайти, за знайденим допустимим опорним планом, оптимальний план організації перевезень.

Застосування угорського методу, дельта-методу, методу потенціалів для пошуку оптимального плану перевезень із 10-20 постачальниками і 15-20 споживачами вимагає значного часу і трудомісткості обчислень. Це відбувається тому, що існуючі методи складання первинного допустимого опорного плану дозволяють отримати план перевезень, який далекий від оптимального. Тому розробка нових більш ефективних методів формування допустимих опорних планів перевезень, які у комбінації із методами знаходження оптимального плану перевезень суттєво зменшать кількість кроків ітерації, а значить і об'ємів обчислень, є достатньо актуальним завданням.

Аналіз уже відомих методів побудови допустимих опорних планів показав, що метод північно-західного кута зовсім не враховує вартість перевезень, метод мінімального елемента враховує вартість перевезень тільки по стрічкам або стовпцям базових матриць, метод подвійної переваги та метод Фогеля враховує вартість перевезень тільки опосередковано, інші методи також не дають результатів близьких до оптимальних.

Мета роботи. Розробити новий підхід до формування допустимих опорних планів, який враховував би як вартість перевезень, так і можливості джерел постачання та споживання вантажів, що перевозяться, скоротив би кількість ітерацій, а значить і час пошуку оптимального плану перевезень відомими методами. Створити у середовищі **Mathcad 15** програму автоматичної генерації близьких до оптимальних, допустимих опорних планів транспортної задачі.

Основна частина. Пропонуємо новий підхід до формування близьких до оптимальних, допустимих опорних планів транспортної задачі, який ми назвали методом пріоритетів. Суть запропонованого методу полягає у наступному.

Нехай однорідний вантаж зосереджений у m постачальників в об'ємах $A_i = (a_1 \ a_2 \ a_3 \ \dots \ a_m)$. Даний вантаж необхідно перевезти n споживачам в об'ємах $B_j = (b_1 \ b_2 \ b_3 \ \dots \ b_n)$. Відомі ціни на перевезення одиниці вантажу від i постачальника до j споживача:

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & \dots & c_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Необхідно скласти таку матрицю x_{ij} для опорного допустимого плану перевезень

$$x_{ij} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

щоб сумарна вартість всіх перевезень (1) була максимально наближеною до мінімальної.

Вихідні дані транспортної задачі представимо у вигляді:

$$x_{ij} = \begin{pmatrix} a_1 & c_{11} & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1n} \\ a_2 & c_{21} & c_{22} & c_{23} & \dots & c_{2n} \\ a_3 & c_{31} & c_{32} & c_{33} & \dots & c_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_m & c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & c_{mn} \\ & b_1 & b_2 & b_3 & \dots & b_n \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Алгоритм формування близького до оптимального, допустимого опорного плану перевезень, вибудовує систему черговості пріоритетів для визначення елементів x_{ij} .

На першому етапі, із множини значень векторів $A_i = (a_1 \ a_2 \ a_3 \ \dots \ a_m)$ та $B_j = (b_1 \ b_2 \ b_3 \ \dots \ b_n)$ визначається максимальне $p_k = \max(a_m, b_n)$.

В залежності від того чи максимальне значення p_k пов'язане із запасами постачальника, чи із потребами споживача, на кожному із етапів пріоритетності шукається або матриця стрічка коефіцієнтів ефективності перевезень від постачальника $a_m - k_{mj} = \left(\frac{b_1}{c_{m1}}; \frac{b_2}{c_{m2}}; \frac{b_3}{c_{m3}}; \dots \frac{b_n}{c_{mj}} \right)$, або матриця стовпець коефіцієнтів ефективності перевезень вантажу до споживачів $b_n - k_{in} = \left(\frac{a_1}{c_{1n}}; \frac{a_2}{c_{2n}}; \frac{a_3}{c_{3n}}; \dots \frac{a_m}{c_{in}} \right)$, із значень яких вибирається $\max k_{nm}$, за яким у план перевезень вписується значення x_{nm} необхідного об'єму вантажів для постачання або споживання.

Рухаючись поступово у бік зменшення пріоритетів - отримуємо близький до оптимального, допустимий опорний план перевезень x_{ij} .

Для перевірки функціонування запропонованого алгоритму формування близького до оптимального, допустимого опорного плану перевезень сформулюємо наступне завдання.

На полях 4 фермерських господарств, які є постачальниками, знаходиться зібраний у кагати цукровий буряк в об'ємах $A_4 = (200; 300; 100; 250)$ тон. Даний вантаж необхідно вивезти на 5 цукрових заводів, що є споживачами, автопоїздами вантажопідйомністю 25 тон в об'ємах $B_5 = (200; 200; 100; 100; 250)$ тон. Відомі ціни на перевезення однієї тони вантажу (в умовних один.) від кожного із постачальників до кожного із споживачів, які представлені у вигляді матриці:

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} 16 & 10 & 6 & 4 & 4 \\ 22 & 16 & 24 & 32 & 26 \\ 20 & 14 & 8 & 2 & 8 \\ 4 & 14 & 20 & 12 & 22 \end{pmatrix}.$$

Визначити оптимальний план організації перевезень даного вантажу для фірми перевізника. Відповідно до розробленого алгоритму представимо вихідні дані транспортної задачі у вигляді:

$$x_{ij} = \begin{pmatrix} 200 & 16 & 10 & 6 & 4 & 4 \\ 300 & 22 & 16 & 24 & 32 & 26 \\ 100 & 20 & 14 & 8 & 2 & 8 \\ 250 & 4 & 14 & 20 & 12 & 22 \\ & 200 & 200 & 100 & 100 & 250 \end{pmatrix}$$

Оскільки $\sum A_4 = \sum B_5 = 850$ - транспортна задача є збалансованою, а близький до оптимального, допустимий опорний план організації перевезень x_{ij} шукається, з використанням методу пріоритетів, за наступною схемою.

1 пріоритет $p_1 = \max(a_m, b_n) = a_2 = 300$, вектор коефіцієнтів ефективності перевезень від постачальника $a_2 - k_{2n} = (9.1; 12.5; 4.2; 3.13; 9.6)$. $\max k_{22} = 12.5$, $x_{22} = 200$.

$$x_{ij}^1 = \begin{pmatrix} 200 & x_{11} & 0 & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ 100^1 & x_{21} & 200 & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ 100 & x_{31} & 0 & x_{33} & x_{34} & x_{35} \\ 250 & x_{41} & 0 & x_{43} & x_{44} & x_{45} \\ & 200 & 0^1 & 100 & 100 & 250 \end{pmatrix}.$$

2 пріоритет $p_2 = a_4 = 250$, вектор коефіцієнтів ефективності перевезень від постачальника $a_4 - k_{4n} = (50; \infty; 5; 8.3; 11.4)$. $\max k_{41} = 50$, $x_{41} = 200$.

$$x_{ij}^2 = \begin{pmatrix} 200 & 0 & 0 & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ 100^1 & 0 & 200 & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ 100 & 0 & 0 & x_{33} & x_{34} & x_{35} \\ 50^2 & 200 & 0 & x_{43} & x_{44} & x_{45} \\ & 0^2 & 0^1 & 100 & 100 & 250 \end{pmatrix}.$$

3 пріоритет $p_3 = b_5 = 250$, вектор коефіцієнтів ефективності перевезень до споживача $b_5 - k_{m5} = (50; 3.8; 12.5; 2.3)$. $\max k_{15} = 50$, $x_{15} = 200$.

$$x_{ij}^3 = \begin{pmatrix} 0^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 200 \\ 100^1 & 0 & 200 & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ 100 & 0 & 0 & x_{33} & x_{34} & x_{35} \\ 50^2 & 200 & 0 & x_{43} & x_{44} & x_{45} \\ & 0^2 & 0^1 & 100 & 100 & 50^3 \end{pmatrix}.$$

4 пріоритет $p_4 = a_3 = 100$, вектор коефіцієнтів ефективності перевезень від постачальника $a_3 - k_{3n} = (\infty; \infty; 12.5; 50; 12.5)$. $\max k_{34} = 50$, $x_{34} = 100$.

$$x_{ij}^4 = \begin{pmatrix} 0^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 200 \\ 100^1 & 0 & 200 & x_{23} & 0 & x_{25} \\ 0^4 & 0 & 0 & 0 & 100 & 0 \\ 50^2 & 200 & 0 & x_{43} & 0 & x_{45} \\ & 0^2 & 0^1 & 100 & 0^4 & 50^3 \end{pmatrix}.$$

5 пріоритет $p_5 = a_2, b_3 = 100$, $x_{23} = 50$, $x_{25} = 50$, $x_{43} = 50$.

$$x_{ij}^5 = \begin{pmatrix} 0^3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 200 \\ 0^{1.5} & 0 & 200 & 50 & 0 & 50 \\ 0^4 & 0 & 0 & 0 & 100 & 0 \\ 0^{2.5} & 200 & 0 & 50 & 0 & 0 \\ & 0^2 & 0^1 & 0^5 & 0^4 & 0^{3.5} \end{pmatrix}.$$

Вартість отриманого допустимого опорного плану перевезень складає $F = 8500$ од. Він на стільки близький до оптимального, що дозволяє отримати остаточний план перевезень за допомогою методу потенціалів уже на першій ітерації перерозподілу потенціалів постачальників та споживачів. При цьому оптимальний план перевезень має вигляд:

$$x_{ij}^{opt} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 200 \\ 0 & 0 & 200 & 100 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 50 & 50 \\ 0 & 200 & 0 & 0 & 50 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (5)$$

де сумарна вартість транспортної роботи складатиме $F^{opt} = 8300$ од.

Висновок. У роботі розроблено метод пріоритетів формування близьких до оптимальних, допустимих опорних планів перевезень для транспортної задачі. Цей метод дозволяє комплексно враховувати як вартість перевезень одиниці вантажу, так і можливості джерел постачання та споживання вантажів, що перевозяться. Застосування методу пріоритетів суттєво скорочує кількість ітерацій при пошуку оптимального плану перевезень методом потенціалів. На основі запропонованих алгоритмів в середовищі **Mathcad 15** розроблено програму автоматичної генерації близьких до оптимальних, допустимих опорних планів.

1. Боборькин В.А. Математические методы решения транспортных задач. Л.: СЗПИ, 1986.
2. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. - М.: Радио и связь, 1988.
3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. - М.: Высшая школа, 1986.
4. Рейнов Ю.И. Математические модели и методы в экономике. СПб.: ЮТАС, 2009.
5. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А. Б. Математическое программирование. М.: Высшая школа, 1980.
6. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. - М.: Мир, 1985.
7. Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М., Фридман М.Н. Исследование операций в экономике. М.: ЮРАЙТ, 2010.
8. Ногин В.Д. Методы оптимальных решений. СПб.: ЮТАС, 2006.

REFERENCES

1. Boboryikin, V.A. (1986). *Matematicheskie metodyi resheniya transportnykh zadach*. L.: SZPI,.
2. Bandi, B. (1988). *Metodyi optimizatsii. Vvodnyiy kurs*. - M.: Radio i svyaz,
3. Akulich, I.L. (1986). *Matematicheskoe programmirovaniye v primerakh i zadachah*. - M.: Vysshaya shkola.
4. Reynov, Yu.I. (2009). *Matematicheskie modeli i metodyi v ekonomike*. SPb.: YuTAS,
5. Kuznetsov, Yu., Kuzubov, V., Voloschenko, A. (1980). *Matematicheskoe programmirovaniye*. Moscow.
6. Gill, F., Myurey, U., Rayt, M. (1985). *Prakticheskaya optimizatsiya*. Moscow.
7. Kremer, N., Putko, B., Trishin, I., Fridman, M. (2010). *Issledovaniye operatsiy v ekonomike*. Moscow.
8. Nogin, V.D. (2006). *Metodyi optimalnykh resheniy*. St. Petersburg.

Пустюльга С.І., Придюк В.М., Самостян В.Р. Метод приоритетов формирования допустимых опорных планов перевозок в транспортных задачах.

В работе разработан метод приоритетов формирования близких к оптимальным допустимых опорных планов перевозок для транспортной задачи. Этот метод позволяет комплексно учитывать как стоимость перевозок единицы груза, так и возможности источников снабжения и потребления грузов, которые перевозятся. Применение метода приоритетов существенно сокращает количество итераций при поиске оптимального плана перевозок методом потенциалов. На основе предложенных алгоритмов в среде Mathcad 15 разработана программа автоматической генерации близких к оптимальным допустимых опорных планов.

Ключевые слова: метод приоритетов, допустимый опорный план, транспортная задача, оптимальный план перевозок.

S. Pustiulha, V. Prydiuk, V. Samostyan. Method of Priorities of Forming the Possible Supporting Plans of Transportations in Transport Tasks.

In the article it is worked out the method of priorities of forming which are approximate to the optimal possible supporting, plans of transportation for a transport task. This method allows to take into account both the cost of transportation of load unit and possibilities of sources of supply and consumption of loads which are transported. Application of method of priorities substantially shortens the amount of iterations when searching the optimal plan of transportations by means of method of potentials.

On the basis of the offered algorithms in the sphere of MathCAD 15 the program of automatic generation of approximate to the optimal possible supporting plans is worked out.

Keywords: method of priorities, possible supporting plan, transport task, optimal plan of transportations.

АВТОРИ:

ПУСТЮЛЬГА Сергій Іванович, доктор технічних наук, професор кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, декан МБФ, Луцький національний технічний університет, e-mail: mbf.dec@mail.ru

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: pred_mbf@mail.ru

САМОСТЯН Віктор Русланович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, Луцький національний технічний університет, e-mail: cvmbf@ukr.net

АВТОРЫ:

ПУСТЮЛЬГА Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной и компьютерной графики, декан МСФ, Луцкий национальный технический университет, e-mail: mbf.dec@mail.ru

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий национальный технический университет, e-mail: pred_mbf@mail.ru

САМОСТЯН Виктор Русланович, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Луцкий национальный технический университет, e-mail: cvmbf@ukr.net

AUTHORS:

Serhii PUSTIULHA, Doctor of Technical Sciences, Professor of engineering and computer graphics department, Dean of MBF, Lutsk National Technical University, e-mail: mbf.dec@mail.ru

Valentyn PRYDIUK, Ph.D in Engineering, associate professor of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: pred_mbf@mail.ru

Viktor SAMOSTYAN, Ph.D in Engineering, associate professor of engineering and computer graphics department, Lutsk National Technical University, e-mail: cvmbf@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 16.02.2016 р.

Сахно¹ В.П., Сакно² О.П., Лисий² О.В.
¹Національний транспортний університет
²Військова академія (м. Одеса)

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОПОЇЗДІВ НА БАЗІ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ

Запропонована удосконалена модель для кваліметричних оцінок рівня технічного стану автопоїздів. У графічній інтерпретації удосконалена модель уявляє собою багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам автопоїзда (економічність, динамічність, надійність). Це дозволило вирішити практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтувати раціональний режим періодичності ТО та норми надійності між елементами агрегатів.

Ключові слова: автопоїзд, властивість, технічний стан, кваліметрична оцінка, технічне обслуговування.

Постановка проблеми. Метою підвищення рівня технічного стану автопоїздів є створення більш надійних, компактних й технологічних, енергетично ефективних, ергономічно-комфортних й екологічно безпечних агрегатів, механізмів, які відповідають вимогам технічної документації. Конкретизація цього завдання для технічної служби АТП складається з його опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих, конкретних підцілей.

У роботах професорів Заблонського К.І. й Гутирі С.С. [1, 2] вперше науково обґрунтовано адекватність моделювання множини показників якості $\{Q\} = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ і відношень між ними $\{q_i \leftarrow q_j\}$, як єдиної інформаційної системи, подальший розвиток якої базується на принципі функціонально-кібернетичної еквівалентності ПІ, згідно з яким чим більше число n , тим більше альтитуда моделі, з поглибленням якої вужчає множина відношень $\{q_i \leftarrow q_j\}$. Для даної композиції відношень найбільш адекватною є структура у вигляді багаторівневої оболонки, яка відрізняється тим, що показники кожного рівня не зводяться до сукупності показників інших рівнів. На кожному рівні такої універсальної моделі, що не потребує застосування суб'єктивних експертних методів, можна враховувати нові експлуатаційні властивості, які притаманні системі в цілому, а також реалізовувати аналіз за єдиним системним критерієм $U(Q)$ технічного рівня [2, 3].

Аналіз опублікованих даних свідчить, що для багаторівневого відображення експлуатаційних властивостей автопоїздів необхідним є формування такої універсальної структурованої інформаційної бази даних, яка забезпечить об'єктивність кваліметричних оцінок рівня технічного стану не тільки відповідних підсистем, агрегатів, вузлів, «слабких елементів», а й автомобіля у цілому. Зокрема, для всебічного вивчення множини експлуатаційних параметрів автопоїздів під час експлуатації необхідно розробити аналітичні моделі, опрацювати алгоритми розрахункових процедур і створити відповідний універсальний комплекс прикладних програм.

Результати досліджень. Для конкретизації завдання для технічної служби АТП щодо опису в термінах експлуатаційних властивостей автопоїзда, тобто у квантифікації загальної мети на сукупність більш часткових і простих, конкретних підцілей, необхідно розглянути дві із 6 аксіом [3].

Аксіома А1. Пари показників (q_i, q_j) не залежать за перевагою від інших показників $\bar{Q} = (q_1, \dots, q_{i-1}, q_{i+1}, \dots, q_{j-1}, q_{j+1}, \dots, q_n)$, якщо відношення переваги, установлене між векторами $Q' = (q'_i, q'_j, \bar{Q})$ й $Q'' = (q''_i, q''_j, \bar{Q})$, не залежить від рівнів, на яких зафіксовані значення показників \bar{Q} .

З аксіоми А1 випливає, що

$$(q'_i, q'_j, \bar{Q}') \succsim (q''_i, q''_j, \bar{Q}') \Rightarrow (q'_i, q'_j, \bar{Q}'') \succsim (q''_i, q''_j, \bar{Q}'') \quad (1)$$

для будь-яких $\bar{Q}'' \in Q''$. Отже, визначивши відношення переваги на площині $q_i \times q_j$ з урахуванням тільки показників q_i і q_j й установивши, що пара (q_i, q_j) не залежить за перевагою від \bar{Q} , можна поширити знайдені відносини переваги із площини $q_i \times q_j$ на весь простір показників Q'' . У цій

властивості полягає основна практична цінність поняття незалежності за перевагою (приклад, для $n = 3$ на рис. 1).

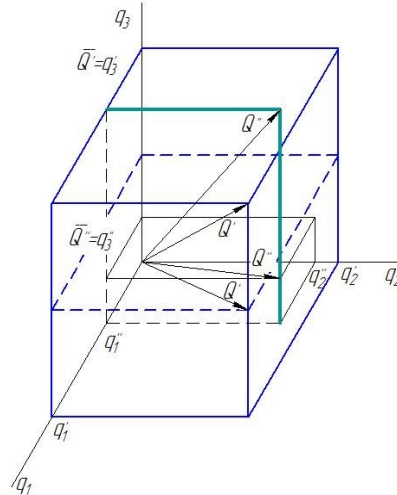


Рисунок 1 – Схема незалежності за перевагами показників q_2 і q_3 від показника q_1

Аксиома 2. Оцінки технічного рівня $U'(Q)$ й $U''(Q)$ порівнюваних аналогів можна вважати дійсними, якщо

$$U'_k(Q)/U''_k(Q) = \text{const} \forall k = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де m – число альтернативних моделей.

З аксиоми випливає, що якщо запропоновані моделі адекватно відображають оцінюваний показник, то

$$\left. \begin{aligned} U'(Q) &= \alpha_k U'_k(Q); \\ U''(Q) &= \beta_k U''_k(Q); \end{aligned} \right\} \forall k = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де $\alpha_k \wedge \beta_k > 0$ – масштабні коефіцієнти k -ої моделі.

Розглянута система аксіом становить основу проектної кваліметрії стосовно автопоїзда як системної складності, оскільки забезпечує формалізацію абстрактного процесу відображення його рівня технічного стану на числову вісь, стабільну технологічну точність результатів і усуває залежність отриманих результатів від відомої суб'єктивності експертних методів.

Припускаючи, що множина параметрів технічного стану автопоїзда є замкненою, випуклою і не порожньою, показник рівня технічного стану $U(Q) \equiv U$ [2], значення якого є інваріантним рівню кваліметричної моделі, визначається за рішенням наступної системи неоднорідних лінійних рівнянь:

$$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & q_{15} & -1 \\ 0 & q_{22} & q_{23} & q_{24} & q_{25} & -1 \\ 0 & 0 & q_{33} & q_{34} & q_{35} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & q_{44} & q_{45} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_{55} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_5\}$ – стовпець невідомих вагових коефіцієнтів.

Єдність розв'язку системи $Q' \succ Q'' \Rightarrow Q' \succ (q''_1, \dots, q''_{i-1}, q''_i + \Delta q_i, q''_{i+1}, \dots, q''_n)$ забезпечується відношенням суворої упорядкованості елементів матриці $[Q]$ у вигляді

$$1,0 > q_{k+1, j} > q_{k, j} > 0,1 \quad \forall k = \overline{1, j} \wedge j = \overline{1, 5}. \quad (4)$$

Адекватність застосування умови (1) підтверджується послідовністю формування таких експлуатаційних властивостей як економічність, динамічність і надійність, інтенсивність яких змінюється із градієнтом постійного напрямку від рівня моделювання окремих елементів до рівня технічного стану автопоїзда як системи (у цілому).

Оскільки рівень технічного стану – поняття відносне, отже відповідний критерій $U(Q)$ є безрозмірним, а комплексні показники (економічність, динамічність, надійність тощо), що мають імовірнісну природу, ніколи не перевершують одиницю [3].

На основі гіперболічної функції $thy = \frac{e^{2y} - 1}{e^{2y} + 1}$, що відображує зниження рівня переваги будь-якої ознаки якості $y_i \forall i = \overline{1, n}$ із зростанням її значення, для нормування різноманітних фізичних шкал елементів множини $\{Y\}$ у діапазоні $[0, 1; 1]$ отримано наступні рівняння [2, 3]:

а) при відображенні без зміни градієнта

$$q_i = 0,1 + 1,18th \left[\frac{y_i - y_i^-}{y_i^+ - y_i^-} \right]; \quad (5)$$

б) при зміні градієнта на протилежний

$$q_i = 1 - 1,18th \left[\frac{y_i - y_i^-}{y_i^+ - y_i^-} \right], \quad (6)$$

де y_i^- , y_i^+ – відповідно нижня і верхня межі статистично усередненого діапазону зміни показника певної ознаки.

Якщо кожне сполучення вихідних даних для технічної системи подати у вигляді n -мірного вектору, то у відповідному просторі необхідно задати метрику $\rho_m = \rho_m(W_1, W_2)$, яка чисельно відповідає кількості інформації [3].

Якщо досліджуваний n -мірний простір задовольняє усім характеристикам Евклідова простору R^m , для якого норма n -компонентних векторів $\|W\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n W_j^2}$, то відстань між векторами e

$$\rho_m = \|W_1 - W_2\| = \sqrt{\sum_{j=1}^n (W_1 - W_2)^2}. \quad (7)$$

Відповідна функція стану складної технічної системи визначає узагальнену умову її оптимізації

$$F_{opt}\{W_1, W_2, \dots, W_n\} \rightarrow \min. \quad (8)$$

Кожне сполучення вихідних даних для технічної системи відображено однією чи декількома точками у n -мірному просторі встановлених показників якості, за якими можна оцінювати рівень технічного стану автопоїзда. Тобто умова (8) має аналогічний запис у значно меншому ($m < n$) просторі показників якості

$$F_{opt}\{q_1, q_2, \dots, q_n\} = F_{opt}\{Q\} \rightarrow \min. \quad (9)$$

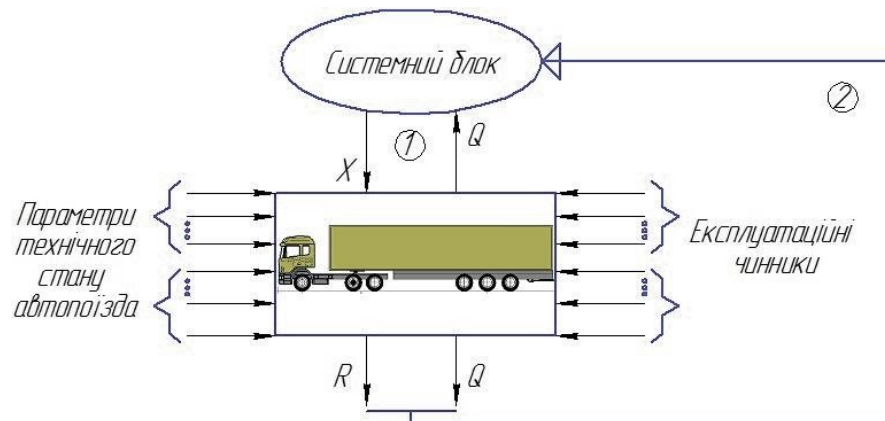
У сучасних умовах комп'ютеризації для пошуку оптимального рішення стає можливим розгляд потужної кінцевої множини варіантів, із якої необхідно вибрати декілька конкуруючих раціональних варіантів, що потребують порівняння і подальшого удосконалення для досягнення поставленої мети.

У графічній інтерпретації модель багатомірного фазового простору стану технічної системи може уявляти собою сферу або багатогранник, що побудований у координатах, які відповідають певним інтегральним параметрам системи (наприклад, економічність, динамічність, надійність тощо).

Для числового відображення відхилення по кожному i -му параметру використано кількість

інформації $H_i = -\sum_{j=1}^n \Delta_j$ (n – число вихідних параметрів, що утворюють n -мірний фазовий простір, Δ_j – сума їх відхилень від оптимальних значень).

Технічний стан автопоїзда дозволяє аналізувати чинники, що впливають на його зміну, по ступеню переваги й, отже, здійснювати у просторі параметрів X множини Y (рис. 2) пошук кращих, оптимальних або близьких до них, розв'язків. Тому невимірні цілі не мають порівняння і повинні або виключатися з розгляду, або квантифікуватись до рівня, що забезпечує їх вимірність. Формальне визначення даної властивості необхідно встановити аксіоматично [1, 2].



R – вектор результуючих експлуатаційних параметрів;
 Q – вектор нормованих кваліметричних показників;
 X – вектор управляючих параметрів;
 1 і 2 – внутрішній та зовнішній контури управління

Рисунок 2 – Схема управління якістю технічного стану автопоїзда в процесі експлуатації

Пошук оптимального рішення щодо проведення технічних впливів на складні технічні системи, до яких відносяться сучасні автопоїзда, складається з двох етапів: пошуку границь області існування експлуатаційних показників автопоїзда та пошуку у цій області кращого набору значень цих показників, що потребує рішення задачі багатокритеріальної оптимізації [2].

В процесі експлуатації автопоїздів для раціонального проведення періодичності ТО вирізняють наступні задачі, що потребують наукового рішення:

- встановлення обґрунтованих критеріїв оптимізації;
- розробка математичних моделей і методів їх розв'язку;
- розробка алгоритмів і методик їх реалізації.

Автопоїзд складається із взаємозв'язаних підсистем (агрегат, механізм), які не гарантують створення оптимальної технічної системи, а в деяких випадках навіть спричиняють їй непрацездатність. Отже, в основу рішення задачі має бути покладено принцип цілісності, який вимагає розгляду технічної системи як єдиного цілого, що складається з структурних частин, що пов'язані між собою певними відношеннями.

На основі аналізу висновків експертів щодо аналізу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру експлуатаційних показників [4]. Із множини функціональних показників сформовано номенклатуру показників якості автопоїзда за групами експлуатаційних властивостей: економічність, динамічність, надійність.

Згідно проведеним дослідженням, відбитим у безлічі робіт і використовуваних у поширеній практиці визначення ресурсу автомобіля, найбільш адекватною моделлю для визначення коефіцієнта фізичного зносу автомобіля є метод експоненційної кривої, виходячи з припущення ґрунтується на статистичних дослідженнях про те що його ресурс перебуває в експлуатації й змінюється за експоненційної залежності. Тоді, скорегований пробіг:

$$L_{ТО} = k \cdot L_{cp}, \quad (10)$$

де k – поправка на знос;

L_{cp} – середній пробіг до появи відмови, км.

На підставі даних про фізичний стан автомобілів розраховується процентна поправка на знос. Розрахунок проводиться за формулою [5]:

$$k = \frac{100 - I_{физ.а}}{100 - I_{физ.б}}, \quad (11)$$

де $I_{физ.а}$ – відсоток фактичного зносу оцінюваного об'єкта;

$I_{физ.б}$ – відсоток фактичного зносу наявного аналога (розрахунок фізичного зносу проводиться методом експертних оцінок, який передбачає проведення технічної експертизи, за результатами якої технічний стан автомобіля співвідноситься з деякою шкалою станів, кожному з яких приписується певний діапазон зносів [5]).

Відсоток фактичного зносу автомобіля:

$$I_{физ.а} = 100 \cdot (1 - e^{-\Omega}), \quad (12)$$

де e – підстава натуральних логарифмів, $e = 2,72$;

Ω – функція, що залежить від віку і фактичного пробігу автомобіля з початку експлуатації.

Функція Ω в загальному випадку має наступний вигляд для автопоїздів:

$$\Omega = 0,09 \cdot T_{\phi} + 0,0003 \cdot L_{\phi}, \quad (13)$$

де $0,09$ – коефіцієнт, що враховує вплив віку автопоїзда і залежить від виду, марки, моделі;

T_{ϕ} – фактичний вік автомобіля, років;

$0,0003$ – коефіцієнт, що враховує вплив пробігу автопоїзда з початку експлуатації і залежить від виду, марки, моделі;

L_{ϕ} – фактичний пробіг автомобіля з початку експлуатації, тис. км.

Динамічність автомобіля залежить насамперед від його тягових і гальмівних властивостей [6]. При визначенні динамічності автомобіля вважають, що його можливості обмежені лише потужністю двигуна і зчепленням провідних коліс з дорогою і визначено залежністю

$$P_T = \frac{M_e u_o u_k \eta_{mp}}{r_k}, \quad (14)$$

де M_e – ефективний момент двигуна, кН·м (згідно технічного паспорту автомобіля);

u_o – передаточне числа головної передачі автомобіля;

u_k – передаточне число коробки перемикачів передач на першій передачі (згідно технічного паспорту автомобіля);

η_{mp} – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

r_k – статичний радіус колеса, м (згідно технічного паспорту автомобіля).

Передаточне число головної передачі [6] визначається із умови забезпечення заданої максимальної швидкості V_{max} (км/год.) руху автомобіля на вищій сходінці коробки перемикачів передач при встановленому значенні n_{max} (хв⁻¹):

$$u_o = \frac{0,378 \cdot n_{V_{max}} \cdot r_k}{V_{max}}. \quad (15)$$

Коефіцієнт корисної дії трансмісії прийнятий за даними ТОВ «Зенал», що він змінюється за лінійною залежністю від пробігу: $\eta_{mp} = 0,92 - 0,00028 \cdot L$.

Безвідмовність – властивість автомобіля виконувати транспортну роботу в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи напрацювання. Напрацювання (наробіток) – це тривалість експлуатації автомобіля, що визначається експериментально. Досліджується при якому пробігу виникає відмова агрегату, механізму тощо (визначається імовірність відмови q_i). Імовірність безвідмовної роботи тягача – імовірність того, що протягом заданого наробітку (кількості відпрацьованих годин) відмова автомобіля (агрегату) не виникне [7]. Представлено у вигляді $p_i = 1 - q_i$ (i – автомобіль, трансмісія, агрегат тощо).

Ремонтпридатність – властивість автомобіля бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції, за допомогою технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середньою тривалістю відновлення трансмісії, агрегату тощо $t_{e,i} = q_i \cdot T_i$ (q_i – імовірність відмови i -го елемента в об'єкті; T_i – час відновлення об'єкта при відмові в ньому i -го елемента, год.) [7].

Довговічність – це властивість автомобіля виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту. Характеризується середнім пробігом автопоїзда до КР, середнім ресурсом $L_{cp,i} = \bar{L}_i - 1,28 \cdot \sigma_i$ трансмісії, агрегату тощо [7].

На основі аналізу висновків експертів щодо впливу факторів на технічний стан автопоїзда встановлено номенклатуру показників якості, що зображені у вигляді вершин $q_j \forall j = \overline{1,5}$ графа (рис. 3), прообразами яких є одиничні показники Q , що пов'язані нечіткою множиною відношень ($q_i \leftrightarrow q_j$).

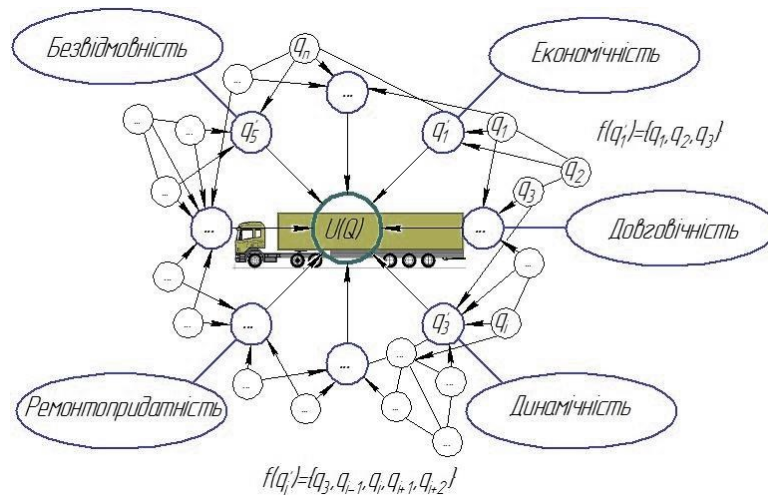


Рисунок 3 – Граф-схема моделі експлуатаційних показників рівня технічного стану автопоїзда

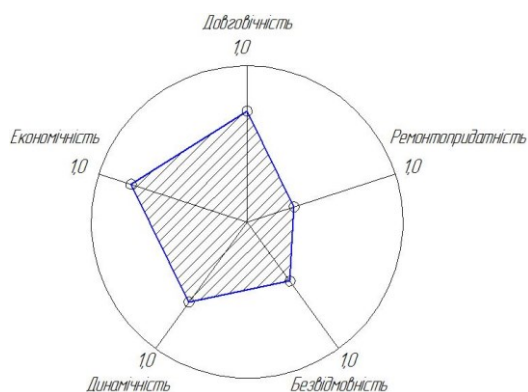
Експлуатаційні показники автопоїзда слід розраховувати як на стадії проектування так і при оцінках функціональних властивостей та їх характеристик в процесі експлуатації. Відмови механізмів автопоїзда (об'єкта) у відповідності зі своєю фізичною природою можуть бути пов'язані з руйнуванням вузлів і деталей механізмів та їх приводів, заклинюванням окремих елементів та ін. причинами, які призводять до того, що він не може виконувати своїх функцій. Такі відмови прийнято називати відмовами функціонування.

У випадках, коли технічний стан автопоїзда характеризується сукупністю значень деяких технічних параметрів, то ознакою виникнення відмови є вихід значень кожного із цих параметрів за межі допуску. Такі відмови називають параметричними. Наприклад, зменшення тиску в пневматичних шинах тощо звичайно не порушують подальшу експлуатацію автомобіля, однак воно стає нероботоздатним з погляду вимог, установлених нормативно-технічною документацією. Дуже часто параметричні відмови передують відмовам функціонування, а також можуть їх спричиняти.

На основі аналізу та статистичного усереднення параметрів автопоїзда та розрахункових значень їх функціональних показників, визначено межі зміни відповідних показників рівня технічного стану автопоїзда, виконано нормування відповідних показників згідно з (3) і (7), сформовано таблиця 1. На основі кваліметричної моделі технічного рівня визначено групові показники (перші строки таблиць на рис. 4) та побудовано відповідні «павутини якості». В результаті проведених розрахунків показників якості автопоїздів встановлено наявність резервів для подальшого технічного удосконалення досліджених систем.

Таблиця 1 - Систематизація номенклатури типових показників якості автопоїзда

Властивість	Показник якості	Діапазон визначення	Значення для тягача Volvo	Нормоване значення показника
1. Економічність	1.1. Пробіг до ТО, тис. км	25...70	54,9	0,79
2. Динамічність	2.1. Тягова сила на колесах, кН	20...40	29,7	0,63
	2.2. ККД трансмісії	0,6...0,92	0,9	0,97
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача	0,8...0,99	0,86	0,46
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи трансмісії	0,8...0,99	0,89	0,62
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини	0,7...0,99	0,77	0,38
3. Безвідмовність	3.1. Імовірність безвідмовної роботи тягача	0,8...0,99	0,86	0,46
	3.2. Імовірність безвідмовної роботи трансмісії	0,8...0,99	0,89	0,62
	3.3. Імовірність безвідмовної роботи ходової частини	0,7...0,99	0,77	0,38
4. Ремонтопридатність	4.1. Середня тривалість відновлення тягача (фактична), год.	20...48	25	0,31
	4.2. Середня тривалість відновлення трансмісії при $L_{ср}$, год.	16...23	18,67	0,53
	4.3. Середня тривалість відновлення ходової частини при $L_{ср}$, год.	10...18	15,3	0,788
	4.4. Середня тривалість відновлення підвіски при $L_{ср}$, год.	3...6	5,10	0,814
5. Довговічність	5.1. Середній пробіг тягача до КР, тис. км	800...1500	1200	0,709
	5.2. Середній ресурс трансмісії, тис. км	60...1000	266,76	0,355
	5.3. Середній ресурс ходової частини, тис. км	70...120	85,212	0,45
	5.4. Середній ресурс підвіски, тис. км	50...100	63,816	0,418
	5.5. Середній ресурс пневматичної шини, тис. км	180...216	187,46	0,34



а)

1. Економічність	2. Динамічність	3. Безвідмовність	4. Ремонтопридатність	5. Довговічність	Рівень моделі
0,78563	0,63128	0,46072	0,3085	0,70936	Автомобіль
-	0,9662	0,62058	0,52993	0,35544	Трансмісія
-	-	0,37942	0,78815	0,44832	Ходова частина
-	-	-	0,81447	0,418	Підвіска
-	-	-	-	0,34096	Пневматична шина

б)

Рисунок 4 – «Павутина якості» за показниками $q_{1,j}$ (а) та матриця $[Q]$ (б) для тягача Volvo

Висновки. Запропонована модель дозволяє вирішувати практичні задачі з порівняння різних варіантів рівня технічного стану автопоїзда, обґрунтовувати раціональний режим періодичності ТО та норм надійності між елементами механічних систем, агрегатів, механізмів тощо.

За результатами моделювання технічного рівня автопоїзда визначено показник $U = 0,75$, встановлено можливість покращання технічного стану за показниками динамічності та надійності.

1. Заблонский К.И. Детали машин / К.И. Заблонский. – Одеса : АстроПринт, 1999. – 403 с.
2. Гутиря С.С. Підвищення технічного рівня механізмів паралельної структури і кінематики у складі технологічних комплексів / С.С. Гутиря, В.П. Яглінський, Аймен Сабах // Технологічні комплекси [Науковий журнал]. – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – №1,2 (5,6). – С. 50-56. – режим доступу: <http://t-komplex.net.ua/ua/art5-6-006>
3. Yaglinsky V.P. Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V.P. Yaglinsky, S.S. Gutyrya, O.U. Bezuglenko // Annals of DAAAM International 2004. – Vienna, 2004. – P. 37-38.
4. Сахно В.П. Аналіз умов забезпечення працездатності автотранспортних засобів на основі удосконалення системи технічного обслуговування / Сахно В.П., Сакно О.П., Лисий О.В. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка [«Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»]. – Харків : ХНТУСГ, 2015. – Вип. 158. – С. 144-149.
5. Андрианов Ю.В. Методические рекомендации по экспресс-оценке стоимости в отношении транспортных средств / Андрианов Ю.В., Кравчинский В.И. // ОАО «НИИАТ» – Москва, 2007. – №1 – 4067/НИИАТ.
6. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів / Сахно В.П., Костенко А.В., Загороднов М.І. та інш. // Навчальний посібник. – Донецьк : Вид-во «Ноулідж» (донецьке відділення), 2014. – 444 с.
7. Лукинский В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / Лукинский В.С., Зайцев Е.И. – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.

REFERENCES

1. Zablonkij, K. (1999). Machine parts. [Detali mashin]. Odesa, AstroPrint Publ., 403 p.
2. Gutirya, S., Yaglinskij, V., Ajmen Sabah. (2012). Raising the technical level mechanisms of parallel kinematics structure and consisting of technological systems. [Pidvishchennya tekhnichnogo rivnya mekhanizmiv paralel'noї strukturi i kinematiki u skladi tekhnologichnih kompleksiv]. Lutsk, Lutsk NTU Publ., Technological complexes [Science Magazine], Vol. 1,2 (5,6). pp. 50-56.
3. Yaglinsky, V., Gutyrya, S., Bezuglenko, O. (2004). Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots. Vienna, Annals of DAAAM International, pp. 37-38.
4. Sahnо, V., Sakno, O., Lisij, O. (2015). Analysis of conditions ensure the efficiency of vehicles on the basis of improving the system maintenance. [Analiz umov zabezpechennya pracezdatnosti avtotransportnih zasobiv na osnovi udoskonalennya sistemi tekhnichnogo obslugovuvannya]. Kharkov, Resource-saving technologies, materials and repair equipment in production, Vol. 158. pp. 144-149.
5. Andrianov, Y., Kravchynskyy, V. (2007). Guidelines for Express-valuation AGAINST transportnyh funds. [Metodicheskie rekomendacii po ehkspress-ocenke stoimosti v otnoshenii transportnyh sredstv]. Moscow, ОАО «НИИАТ» Publ., Vol.1 - 4067/НИИАТ.
6. Sahnо, V., Kostenko, A., Zahorodnov, M. et al. (2014). *Operational properties of vehicles. Dynamics and fuel efficiency of vehicles*. Donetsk, 444 p.
7. Lukynskyy, V., Zaitsev, E. (1991). *Forecasting reliability of cars*. [Prognozirovanie nadezhnosti avtomobilej]. Lviv, Polytehnika Publ., 224 p.

Сахно В.П., Сакно О.П., Лисий О.В. Определение уровня технического состояния автопоезда на базе кваліметричної моделі.

Предложена усовершенствованная модель для кваліметрических оценок уровня технического состояния автопоездов. В графической интерпретации усовершенствованная модель представляет собой многогранник, построенный в координатах, которые соответствуют определенным интегральным параметрам автопоезда (экономичность, динамичность, надежность). Это позволило решить практические задачи путем сравнения различных вариантов уровня технического состояния автопоезда, обосновывать рациональный режим периодичности ТО и нормы надежности между элементами агрегатов.

Ключевые слова: автопоезд, свойство, техническое состояние, кваліметрическая оценка, техническое обслуживание.

V. Sakhno, O. Sakno, O. Lysyi. Determination of the level of the road trailer technical condition on the base of kvalimetric model.

The improved model is proposed for rating of quality metering of assessments of the engineering level of operable condition of the road trailers. The improved model is a polyhedron in graphical interpretation it is built in

the coordinates that correspond to a certain integral characteristics of the road trailers (efficiency, dynamism, reliability etc). This allows us to solve the practical problem of comparing different variants of level of the technical condition of the road trailers, to ground rational conditions of maintenance and norms of reliability between structural elements.

Keywords: road trailer, property, technical condition, rating of quality metering, maintenance.

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

САКНО Ольга Петрівна, кандидат технічних наук, професор кафедри «Автотехнічне забезпечення», Військова академія (м. Одеса), e-mail: sakno-o@yandex.ru

ЛИСИЙ Олександр Васильович, завідувач кафедри «Автомобільна техніка», Військова академія (м. Одеса), e-mail: lenafox107@gmail.com

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

САКНО Ольга Петровна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автотехническое обеспечение», Военная академия (г. Одесса), e-mail: sakno-o@yandex.ru

ЛЫСИЙ Александр Васильевич, заведующий кафедрой «Автомобильная техника», Военная академия (г. Одесса), e-mail: lenafox107@gmail.com

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Olga SAKHNO, PhD. in Engineering, Professor of autotechnical Support Department, Military Academy (Odessa), e-mail: sakno-o@yandex.ru

Olexander Lysyi, Head of Automobile Technics Department, Military Academy (Odessa), e-mail: cdp@Intu.edu.ua

Стаття надійшла в редакцію 26.03.2016р.

Сидорчук¹ О.В., Тригуба² А.М., Шарибура² А.О., Луб² П.М.
¹Національний Науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
²Львівський національний аграрний університет

УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ЗАГОТІВЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ІЗ ВИРОБНИЧИМИ УМОВАМИ АДМІНІСТРАТИВНОГО РАЙОНУ

Удосконалено метод узгодження параметрів транспортних засобів із виробничими умовами адміністративного району. Обґрунтовано часові причинно-наслідкові зв'язки між чинниками та показниками функціонування відповідної системи. Досліджено стохастичний вплив природно-виробничих умов на тривалість календарних періодів заготівлі молока впродовж яких потреба у технічному оснащенні залишається незмінною.

На підставі імітаційного моделювання процесів заготівлі молока кооперативами в умовах окремих сільських рад Бродівського району Львівської області визначено функціональні показники спеціалізованих автоцистерн. Визначено потребу у спеціалізованих автоцистернах та водіях-експедиторах. Розраховано питомі сукупні витрати коштів на доставку молока від пунктів заготівлі до переробного підприємства.

Ключові слова: технічне оснащення, заготівля, молоко, параметри, узгодження, виробничі умови.

Постановка проблеми. Сьогодні система молочного тваринництва перебуває у кризовому стані, який з року в рік поглиблюється. Зокрема, спостерігається зменшення поголів'я корів у всіх категоріях господарств [1]. Це призводить до зменшення виробництва якісної молочної продукції та відповідно насичення ринку молокопродуктами із добавками різного походження, які негативно впливають на організм людини. Також значна частина населення України є неплатоспроможною і не може придбати такої кількості молокопродуктів, яка необхідна для задоволення їх фізіологічних потреб. Це призводить як до зниження продовольчої безпеки у державі, так і до зниження конкурентоздатності молочних продуктів на вітчизняному та закордонному ринках.

Для вирішення існуючої проблеми у системі молочного тваринництва слід реалізовувати низку проектів та програм, які інтегровані між собою [2]. Для ефективного управління цими проектами та програмами слід розробляти множину методів, моделей та алгоритмів, які б враховували їх специфіку програм молочного тваринництва та їх проектного середовища [3, 6]. Отже, розроблення науково-методичних засад та методу узгодження параметрів технологічної системи централізованої заготівлі молока із виробничими умовами адміністративного району є досить актуальним на даний час.

Метою роботи є обґрунтування методу узгодження параметрів технологічної системи централізованої заготівлі молока із виробничими умовами та визначення параметрів технічного оснащення відповідної системи для заданого адміністративного району.

Результати досліджень. До технічного оснащення системи централізованої заготівлі молока у межах адміністративного району належать транспортні засоби для доставки молока-сировини від пунктів заготівлі молока, що розташовані на території окремих сільських рад, до МПП. Параметри цього технічного оснащення залежать від виробничих умов зони заготівлі молока на території адміністративного району (наявності пунктів заготівлі молока на території адміністративного району, їх територіальне розташування, обсягів виробництва молока у кожному із них). Отже, існує потреба узгодження параметрів технічного оснащення системи централізованої заготівлі молока у межах адміністративного району із виробничими умовами. Як зазначалося вище, узгодження параметрів технічного оснащення системи централізованої заготівлі молока у межах адміністративного району із виробничими умовами здійснюється на підставі імітаційного моделювання цієї системи, яке передбачає наступні етапи: 1) обґрунтовують параметри системи заготівлі молока на території окремих сільських рад адміністративного району; 2) за заданих виробничих умов та маркового складу транспортних засобів визначають потрібну їх кількість та тривалість характерних періодів впродовж яких вона є незмінною; 3) визначають питомі поточні (B_{nr}) та капітальні витрати (B_{kr}) коштів на функціонування транспортних засобів r -ї марки; 4) визначають раціональні параметри технічного оснащення для транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП на підставі порівняння зведених питомих витрат коштів (B_r) на їх функціонування для різних варіантів їх маркового складу.

Обґрунтування параметрів системи заготівлі молока на території окремих сільських рад адміністративного району здійснюється на підставі розроблених науково-методичних засад та методу узгодження цих параметрів із виробничими умовами. У результаті імітаційного моделювання цієї системи та проведення відповідних розрахунків визначається кількість та територіальне розташування пунктів заготівлі молока на території окремих сільських рад та для кожного із цих пунктів прогнозуються тенденції заготівлі молока впродовж календарного року. На підставі цих даних формується потік (λ_i) замовлень на виконання транспортних робіт щодо зведення молока від i -х пунктів заготівлі до МПП за відомою методикою [5].

Потрібну кількість (N_{mp}) транспортних засобів заданої марки та функціональні показники доставки молока від пунктів заготівлі до МПП визначають на підставі статистичного імітаційного моделювання транспортних процесів за відомою методикою [5]. Основою моделювання транспортних процесів доставки молока від пунктів заготівлі до МПП є визначення раціональних зв'язних маршрутів. Для цього використовується відомий метод визначення зв'язних маршрутів [4]. Він передбачає вибір маршрутів доставки молока від пунктів заготівлі до МПП за системно обґрунтованими трьома головними правилами формування зв'язних маршрутів, якими враховується зумовленість ефективності процесу використання вантажопідйомності та фонду робочого часу автотранспорту, пройденої ними віддалі та виконаним вантажообігом. У результаті цього моделювання визначаються технологічно потрібну кількість (N_{ak}) транспортних засобів заданої марки для доставки молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі:

$$N_{ak} = \frac{\sum_{\mu=1}^n t_{\mu k}}{[t_o]}, \text{ од.} \quad (1)$$

$det_{\mu k}$ – тривалість перебування транспортних засобів на μ -у маршруті зведення молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі, год; $[t_o]$ – технологічно допустима тривалість транспортування молока впродовж окремої доби, год; n – кількість маршрутів, які виконують транспортні засоби впродовж k -ї доби сезону заготівлі молока, од.

На підставі результатів визначення технологічно потрібної кількості (N_{ak}) транспортних засобів заданої марки для доставки молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі будуються графік тривалості характерних періодів сезону заготівлі молока впродовж яких потребу у транспортних засобах залишається незмінною (рис. 1).

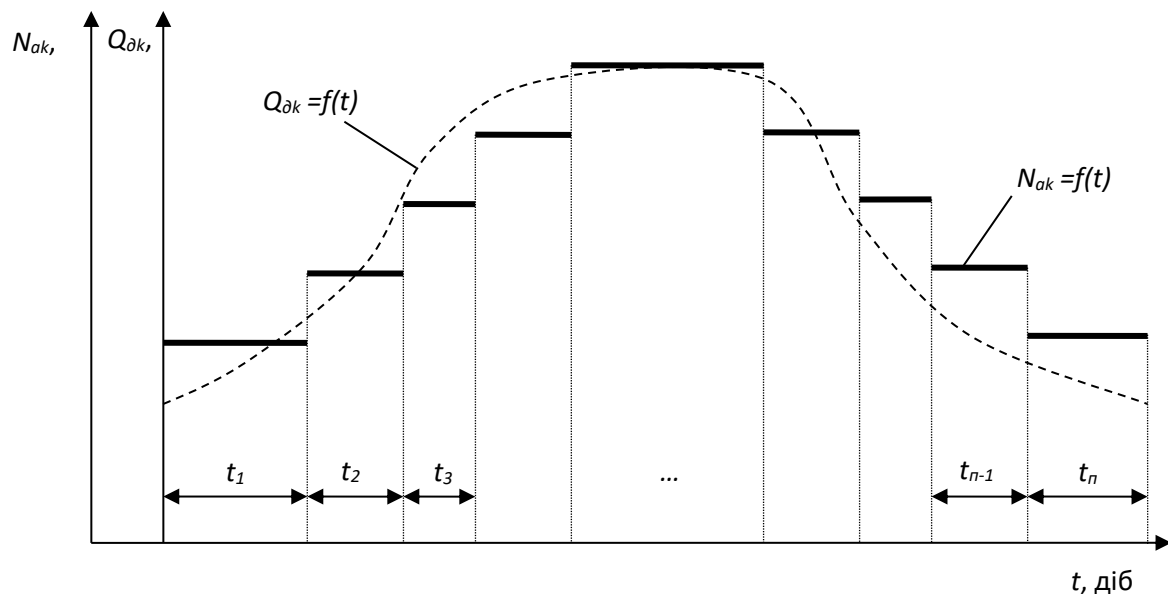


Рис. 1. Графічна інтерпретація результатів визначення технологічно потрібної кількості (N_{ak}) транспортних засобів заданої марки для доставки молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі та тривалості (t_n) n -х характерних періодів сезону заготівлі молока впродовж яких потреба у них залишається незмінною: $Q_{\partial k}$ – добовий обсяг заготівлі молока на території адміністративного району; t_1, t_2, \dots, t_n – тривалість першого, другого та n -о характерного періоду заготівлі молока

Кількість n -х характерних періодів (n_n) із незмінною потребою у транспортних засобах впродовж сезону заготівлі молока та їх тривалість (t_i) впродовж яких потреба у них залишається незмінною залежить від добового обсягу (Q_{ok}) заготівлі молока на території адміністративного району та вантажності транспортних засобів (q):

$$t_n(n_n) = f(Q_{ok}, q). \quad (2)$$

Водночас, тривалість (t_{c3}) сезону заготівлі молока рівна сумі тривалостей (t_n) n -х характерних періодів сезону заготівлі молока впродовж яких потреба у них залишається незмінною:

$$t_{c3} = \sum_{n=1}^i t_n. \quad (3)$$

Для визначення поточних (B_{nr}) і капітальних витрат (B_{kr}) коштів на функціонування транспортних засобів r -ї марки на підставі імітаційного моделювання транспортних процесів доставки молока від пунктів заготівлі до МПП визначаються наступні функціональні показники:

- сумарний річний обсяг (Q_p) молока, що транспортувалося від пунктів його заготівлі до МПП:

$$Q_p = \sum_{i=1}^{N_{nz}} Q_{pi}, \text{ Т} \quad (4)$$

де Q_{pi} – річний обсяг молока, що транспортувалося від i -о пункту його заготівлі до МПП, т; N_{nz} – кількість пунктів заготівлі молока на території адміністративного району, од.

- сумарна річна тривалість (t_p) використання транспортних засобів під час транспортування молока від пунктів його заготівлі до МПП:

$$t_p = \sum_{k=1}^{t_{c3}} \sum_{\mu=1}^n t_{\mu k}, \text{ ГОД}, \quad (5)$$

де $t_{\mu k}$ – тривалість перебування транспортних засобів на μ -у маршруті звезення молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі, год; t_{c3} – тривалість сезону заготівлі молока впродовж календарного року, діб; n – кількість маршрутів, які виконують транспортні засоби впродовж k -ї доби сезону заготівлі молока, од.

- сумарний пройдений шлях (L_p) транспортними засобами під час транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП впродовж сезону його заготівлі:

$$L_p = \sum_{k=1}^{t_{c3}} \sum_{\mu=1}^n L_{\mu k}, \text{ КМ} \quad (6)$$

де $L_{\mu k}$ – пройдений шлях транспортними засобами на μ -у маршруті звезення молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі, км;

- сумарна витрата палива (G_p) на транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП впродовж сезону його заготівлі:

$$G_p = \sum_{k=1}^{t_{c3}} \sum_{\mu=1}^n G_{\mu k}, \text{ ЛІТРІВ} \quad (7)$$

де $G_{\mu k}$ – витрата палива транспортними засобами на виконання μ -о маршруту звезення молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі, літрів;

- сумарний вантажообіг (W) під час транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП впродовж сезону його заготівлі:

$$W_p = \sum_{k=1}^{t_{c3}} \sum_{\mu=1}^n W_{\mu k}, \text{ Т·КМ}. \quad (8)$$

де $W_{\mu k}$ – вантажообіг транспортними засобами під час виконання μ -о маршруту звезення молока від пунктів заготівлі до МПП у k -у добу сезону заготівлі, т·км;

- технологічно потрібну кількість (N_p) транспортних засобів заданої марки для доставки молока від пунктів заготівлі до МПП:

$$N_p = \frac{\sum_{\mu=1}^n t_{\mu k}^i}{\left[t_o^i \right]}, \text{ ОД}. \quad (9)$$

де $t_{\mu k}^i$ – тривалість перебування транспортних засобів на μ -у маршруті звезення молока від пунктів його заготівлі до МПП у k -у добу інтенсивного періоду сезону заготівлі, год; $\left[t_o^i \right]$ – технологічно допустима тривалість транспортування молока впродовж доби у інтенсивний період

сезону заготівлі, год; n – кількість маршрутів, які виконують транспортні засоби впродовж k -ї доби інтенсивного періоду сезону заготівлі молока, од.

Обґрунтована технологічно потрібна кількість (N_{rn}) транспортних засобів r -ї марки впродовж n -х характерних періодів сезону заготівлі молока для яких потреба у транспортних засобах залишається незмінною є основою для визначення потреби у водіях-експедиторах (u_n) для доставки молока від пунктів заготівлі до МПП впродовж цих періодів.

Цілеспрямовано змінюючи марковий склад транспортних засобів у порядку зростання його вантажності (q) для кожного із варіантів визначають питомі поточні (B_{nr}) та капітальні витрати (B_{kr}) коштів на функціонування транспортних засобів r -ї марки. Вони є підставою для визначення зведених питомих витрат коштів (B_r) на їх функціонування системи централізованої заготівлі молока у межах адміністративного району за різних варіантів маркового складу транспортних засобів (рис. 2):

$$B_r = B_{nr} + B_{kr}. \quad (10)$$

Оптимальні параметри технічного оснащення для транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП визначають на підставі порівняння зведених витрат коштів (B_r) на їх функціонування для різних варіантів їх маркового складу.

Параметри технічного оснащення для транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП вважаються оптимальними, якщо B_r набуває мінімального значення:

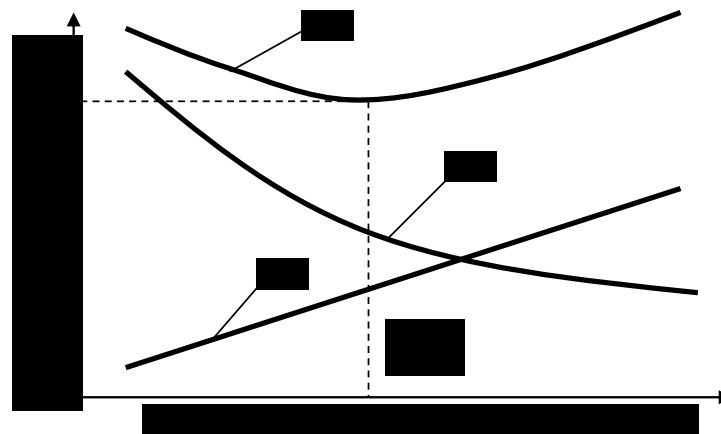


Рис. 2. Оптимізація параметрів технічного оснащення для транспортування молока від пунктів заготівлі до МПП:

1, 2 – відповідно питомі поточні та капітальні витрати коштів на функціонування транспортних засобів r -ї марки; 3 – зведені питомі витрати коштів на функціонування транспортних засобів r -ї марки

$$\Phi[q_{opt}] = B_r \rightarrow \min. \quad (11)$$

Не розкриваючи методичних основ розрахунку складових витрат, які входять до питомих поточних (B_{nr}) та капітальних витрат (B_{kr}) коштів на функціонування транспортних засобів r -ї марки, зупинимося на параметрах технічного оснащення для заготівлі молока на території адміністративного району, що підлягають оптимізації. Кількість варіантів параметрів технічного оснащення для заготівлі молока на території адміністративного району може бути скінченною множиною, яка обмежується наявністю на ринку автоцистерн для транспортування молока різної вантажності. Отже, існує задача пошуку з-поміж них оптимальних параметрів транспортних засобів, розв'язання якої можливе на підставі вище описаного методу.

Оптимізацію параметрів (Z_{opt}) спеціалізованих автоцистерн для заготівлі молока на території адміністративного району із заданим їх територіальним розташуванням (пункти заготівлі молока, що належать кооперативам на території окремих сільських рад) здійснювали за критерієм мінімізації сукупних зведених витрат коштів за функцією (11). Для цього використовували чисельний метод, який передбачав для кожного значення аргументу (вантажність (q_r) спеціалізованих автоцистерн) розрахунок поточних (B_{nr}) та капітальних (B_{kr}) витрати коштів, що припадають на функціонування спеціалізованих автоцистерн r -ї марки впродовж календарного року, з наступним їх сумуванням.

За результатами проведених розрахунків побудовані залежності вартісних показників використання спеціалізованих автоцистерн для заготівлі молока на території Бродівського району від їх вантажності (q_r) (рис. 3).

На підставі отриманих значень сукупних зведених витрат коштів (B) на функціонування спеціалізованих автоцистерн r -ї марки впродовж календарного року під час заготівлі молока на території Бродівського району Львівської області можна зазначити, що спостерігаються наявність їх мінімального значення.

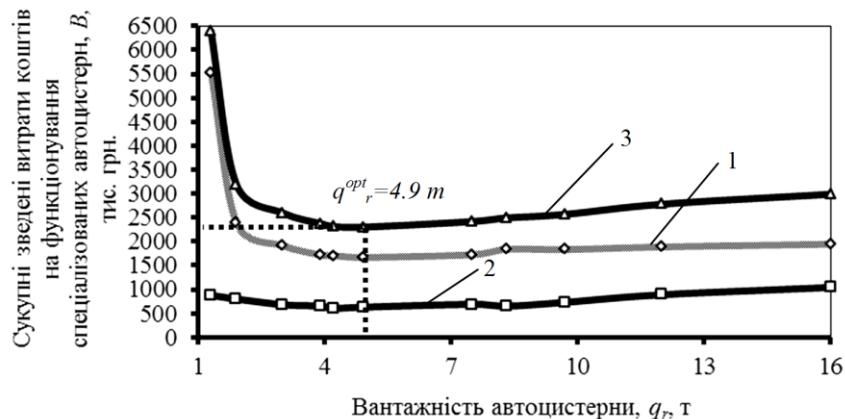


Рис. 3. Залежності сукупних витрат коштів (B) на функціонування спеціалізованих автоцистерн r -ї марки впродовж календарного року під час заготівлі молока на території Бродівського району від їх вантажності (q_r): 1 – поточні (B_{nr}) витрати коштів; 2 – капітальні (B_{kr}) витрати коштів; 3 – зведені (B_r) витрати коштів

Зокрема встановлено, що сумарні зведені витрати (B_r) коштів на доставку річного обсягу заготовленого кооперативами молока на території окремих сільських рад, змінюються в межах від 2300 до 6391 тис. грн. Мінімальні зведені витрати коштів припадають на варіант, який передбачає формування парку із спеціалізованих автоцистерн Hyundai HD-78 STD + Г6-ОПА-4.9 вантажністю $q_r=4,9$ т, яких потрібно мати у інтенсивний період заготівлі молока 4 од, а до виконання транспортних процесів слід залучити 4 водії-експедитори. При цьому річні поточні витрати коштів становлять $B_{nr}=1671,82$ тис. грн., а капітальні витрати коштів, що припадають на функціонування спеціалізованих автоцистерн r -ї марки впродовж календарного року, становитимуть $B_{kr}=628,62$ тис. грн.

Висновки. 1. Удосконалений метод узгодження параметрів технологічної системи централізованої заготівлі молока у межах адміністративного району із виробничими умовами враховує часові причинно-наслідкові зв'язки між чинниками та показниками функціонування відповідної технологічної системи, а також стохастичний вплив природно-виробничих умов на тривалість календарних періодів впродовж яких потреба у технічному оснащенні залишається незмінною. 2. Отримані на підставі виробничих експериментів характеристики природно-виробничих умов Бродівського району Львівської області та числові значення характеристик спеціалізованих автоцистерн для транспортування молока свідчать про можливість використання їх під час моделювання функціонування системи заготівлі молока на території цього адміністративного району. 3. На підставі імітаційного моделювання функціонування спеціалізованих автоцистерн під час заготівлі молока від кооперативів на території окремих сільських Бродівського району Львівської області встановлено, що слід залучити 4 спеціалізовані автоцистерни марки Hyundai HD-65 STD+ Г6-ОПА-3,9 та 4 водії-експедитори. При цьому питомі сукупні витрати коштів на доставку молока від пунктів заготівлі до переробного підприємства становитимуть 1,4 грн/літр.

1. [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної служби статистики України. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.

2. Тригуба А.М. Системний опис інтегрованих програм аграрного виробництва / А.М. Тригуба // Науковий журнал ЛНТУ: Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. – 2011. – №7. – С.158-162.

3. Сидорчук О.В. Особливості управління інтегрованими програмами реінжинірингу систем молочарства / О.В. Сидорчук, А.М. Тригуба, І.Л. Тригуба // Перспективи ефективних управлінських рішень в бізнесі та проєктах : матер. Між нар. Наук.-практич. конф. / Міжнародний гуманітарний університет. – Одеса, 2015. – С. 111-114.

4. Сидорчук О. Наукові підстави формування зв'язних маршрутів централізованої заготівлі молока / О. Сидорчук, В. Боярчук, А. Тригуба // Вісник Львів. ДАУ: Агроінженерні дослідження. – №6. – Львів: Львів ДАУ, 2002. – С.9-15.

5. Тригуба А.М. Параметри транспортно-заготівельної інфраструктури молокопереробного підприємства : Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / Львів. держ. аграр. ун-т. – Л., 2004. – 16с.

6. Сидорчук О. Обґрунтування конфігурації проєкту заготівельної та транспортної інфраструктур молокопереробного підприємства / [Сидорчук О., Тригуба А., Михалюк М., Рудинець М.] // Вісник Львів. ДАУ: Агроінженерні дослідження. – №11. – Львів: Львів ДАУ, 2007. – С.43-46.

REFERENCES

1. Official site of the State Statistics Service of Ukraine. Available at: www.ukrstat.gov.ua.
2. Tryguba, A.M. (2011). System description of the integrated program of agricultural production. *Computer-integrated technologies: education, science and industry*. No. 7, pp. 158-162.
3. Sydoruk, O.V., Tryguba, A.M., Tryguba, I.L. (2015). *The features of integrated management software reengineering of milk production systems. Prospects effective management decisions in business and projects mater. Between born*. Odessa, pp.111-114.
4. Sydoruk, O., Boyarchuk, V., Tryguba, A. (2002). Scientific basis forming routes of centralized milk production. *Bulletin of Lviv. DAU: Agroengineering studies*. No. 6, Lviv, Lviv State Agrarian University, pp.9-15.
5. Tryguba, A.M. (2004). *Parameters of transport and purveyance infrastructure of milk processing enterprise*. Lviv, 16 p.
6. Sydoruk, O., Tryguba, A., Mykhalyuk, M., Rudynets, M. (2007). The project configuration grounding of production and transport infrastructures of milk processing plant. *Bulletin of Lviv. DAU: Agroengineering studies*. No. 11, Lviv, Lviv State Agrarian University Publ., pp.43-46.

Сидорчук О.В., Тригуба А.М., Шарибура А.О., Луб П.М. Согласование параметров транспортных средств системы централизованной заготовки сельскохозяйственной продукции с производственными условиями административного района.

Усовершенствован метод согласования параметров транспортных средств с производственными условиями административного района. Обоснованы временные причинно-следственные связи между факторами и показателями функционирования соответствующей системы. Исследовано стохастическое влияние природно-производственных условий на продолжительность календарных периодов заготовки молока, в течение которых потребность в техническом оснащении остается неизменной.

На основании имитационного моделирования процессов заготовки молока кооперативами в условиях отдельных сельских советов Бродивского района Львовской области определены функциональные показатели специализированных автоцистерн. Определена потребность в специализированных автоцистернах и водителях-экспедиторах. Рассчитано удельные совокупные затраты средств на доставку молока от пунктов заготовки до перерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: техническое оснащение, заготовка, молоко, параметры, согласования, производственные условия.

O. Sydoruk, A. Tryguba, A. Sharybura, P. Lub. The concordance of vehicle parameters of the centralized delivery system of agricultural products with productive terms of administrative district.

The concordance of vehicle parameters with productive terms of administrative district is improved. The temporal-causal relationships between factors and indicators appropriate functioning of the system are grounded. The influence of stochastic production conditions on the duration of calendar milk delivery periods during which the need for technical equipment remains unchanged is investigated.

On the basis of imitation modeling of the milk delivery processes in separate village soviets (Brody district of the Lviv area) the functional indexes of the specialized tank-cars are certain. The needs of specialized tankers and delivery driver are determined. The total unit cost of funds for the milk delivery from procurement points to processing enterprise is calculated.

Keywords: technical equipment, production, milk, parameters, concordance, production conditions.

АВТОРИ:

СИДОРЧУК Олександр Васильович, доктор технічних наук, професор, заступник директора, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, e-mail: sydov@ukr.net

ТРИГУБА Анатолій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Управління проектами та безпеки виробництва», Львівський НАУ, e-mail: trianamik@mail.ru

ШАРИБУРА Андрій Остапович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин», Львівський НАУ, e-mail: AScharibura@gmail.com

ЛУБ Павло Миронович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Управління проектами та безпеки виробництва», Львівський НАУ, e-mail: pollylub@ukr.net

AUTHORS:

Olexander SYDORCHUK, Doctor of Science in Engineering, Professor, Deputy Director, National Scientific Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture" NAAS of Ukraine, e-mail: sydov@ukr.net

Anatoly TRYGUBA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Project management and safety, Lviv National Agrarian University, e-mail: trianamik@mail.ru

Andrii SHARYBURA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Operations and maintenance service machines, Lviv National Agrarian University, e-mail: AScharibura@gmail.com

Pavlo LUB, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Project management and safety, Lviv National Agrarian University, e-mail: pollylub@ukr.net

Сисвадзе Г.Б., Тедорадзе Р.Г., Придонашвили Д.Н., Манджгаладзе Б.А.
*Грузинский технический университет***ПОДБОР АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК
ПО КРИТЕРИЯМ КАЧЕСТВА АДАПТАЦИИ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
К УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В работе дается методика определения качества соответствия динамических свойств автотранспортных средств (АТС) к условиям эксплуатации по экономическим критериям затрат на перевозку на основе которого устанавливается рациональное значение удельной мощности АТС. Применением методики достигаются наименьшие затраты на перевозку и минимальное загрязнение окружающей среды выхлопными газами.

Ключевые слова: динамические свойства, автотранспортные средства, условия, движения, удельная мощность, адаптация, выхлопные газы, расход топлива, затраты, перевозки.

Постановка проблемы. Одним из основных путей повышения эффективности использования грузовых АТС является адаптация его тягово-скоростных свойств к условиям движения. Решение этой задачи можно осуществить подбором мощностных показателей двигателя для АТС с учетом условий движения, что обеспечивает высокие значения средней скорости движения и производительности АТС при минимальных расходах топлива, а также наименьшие затраты на перевозку. В наших исследованиях интегральным параметром для оценки уровня адаптации тягово-скоростных свойств АТС к условиям движения, является его удельная мощность $P_{уд.} = P_{max.}/G_a$ [1], где $P_{max.}$ - максимальная мощность двигателя, G_a - полная масса АТС. АТС с малыми величинами $P_{уд.}$, на подъемах движется с низкими скоростями, на низких ступенях трансмиссии и на высоких нагрузочных характеристиках двигателя, что приводит к увеличению путевого расхода топлива. Вместе с тем задерживается движение транспортных потоков и понижается уровень безопасности дорожного движения. С повышением значений удельной мощности АТС, все вышеуказанные параметры улучшаются, однако после определенного значения $P_{уд.}$, параметры движения АТС остаются почти неизменными, а путевой расход топлива увеличивается, что влечет за собой понижение эффективности и экологичности АТС. Поэтому рациональным значением удельной мощности АТС надо считать то значение, который обеспечит полную реализацию тягово-скоростных свойств АТС при наименьших затратах топлива, что дает возможность движения АТС с высокой производительностью и безопасностью с наименьшими затратами на перевозку.

Результаты исследования. Величина рациональной удельной мощности АТС определяется с учетом дорожных и транспортных условий движения. Так, например, в ряде экономически развитых странах минимальные значения удельной мощности ограничены и составляют: в США – 8,16 квт/т, в Великобритании – 5,88 квт/т, в странах Западной Европы 5,58 квт/т [2].

В наших исследованиях комплексным оценивающим параметром эффективности АТС на разных значениях $P_{уд.}$, является его удельная производительность:

$$W_p = \frac{G_a \cdot V_t \cdot \gamma \cdot \beta \cdot l}{(l + \beta \cdot V_t \cdot T_{b-e}) \cdot Q_s}, \text{ т.км} \quad (1)$$

где: G_a - полная масса АТС, т; γ - коэффициент использования грузоподъемности; l - длина рейса с грузом, км; β - коэффициент использования пробега, V_t - средняя техническая скорость, км/ч; T_{b-e} - время погрузки-выгрузки, ч; Q_s - путевой расход топлива, л/км.

Из величин входящих в формулу (1) во время процесса перевозки, в зависимости от условий движения и удельной мощности АТС, изменяются значения скоростей движения V_t и путевого расхода топлива Q_s . Поэтому для решения поставленной нами задачи, необходимо определение значений этих двух параметров.

Значение средней технической скорости V_t и путевого расхода топлива Q_s , в заданных дорожных условиях можно определить непосредственным измерением в процессе транспортировки груза или аналитическими расчетами путем моделирования процесса движения АТС. Преимущество моделирования заключается в том, что значения параметров V_t и Q_s можно определить на стадии

планирования перевозочных процессов с достаточной степенью точности с минимальными затратами временных и материальных средств. При этом число вариантов рассматриваемых перевозочных процессов практически не ограничивается, что необходимо для поиска рационального значения $P_{уд}$.

Режимы разгона, установившегося движения и замедления АТС в компьютере описываются соответствующими математическими уравнениями и условиями их решения. При моделировании в компьютер с помощью специальных программ и подпрограмм вводятся параметры, характеризующие дорожные условия движения и значения ограничения скоростей по требованиям безопасности движения АТС. В компьютер вводятся также параметры мощностных характеристик двигателя и передаточных отношений трансмиссии АТС. Условия решения уравнений на компьютере составлена с учетом реальных процессов переключения ступеней в коробке перемены передач трансмиссии и переходных режимов характеристик двигателя. Проверка разработанной модели на адекватность, к реальным процессам движения АТС на характерных участках дороги, показало его пригодность для практического применения.

В статье, для примера, приводятся результаты исследования по установлению рационального значения удельной мощности автопоезда «Мерседес-Бенц Актрос 1853» для условий движения на магистральных дорогах пересеченной местности Грузии. Отметим, что автомобиль-тягач «Актрос-1853» грузоподъемностью 40 т заводом изготовителем выпускается с шестью модификациями двигателя с максимальными мощностями: $P_{max.}=200, 260, 290, 315, 350, 390, 420$ кВт с двухосным и трехосным шасси [3]. Результаты расчетов и графики зависимостей $V_t=F(P_{уд})$, $Q_s=F(P_{уд})$, $W_p=F(P_{уд})$, представлены в таблице 1 и на рис. 1. Характер изменения удельной производительности W_p в зависимости от удельной мощности АТС обусловлено характером изменения средней скорости и путевого расхода топлива и имеет максимум на значении удельной мощности, при котором значение расхода топлива находится еще в диапазоне минимума, а средняя скорость незначительно растет.

Таблица 1. Значения средней скорости движения V_t , путевого расхода топлива Q_s , и удельной производительности W_p , от удельной мощности $P_{уд}$ автомобиля «Мерседес-Бенц Актрос 1853».

Мерседес-Бенц Актрос -1853			
$P_{уд}$	V_t	Q_s	W_p
5,6	40,7	49,8	41,7
6,5	48,3	49,5	49,8
7,0	50,3	49,5	51,8
7,5	52,3	49,4	54,0
8,0	52,8	50,5	53,3
8,5	53,1	52,3	51,8

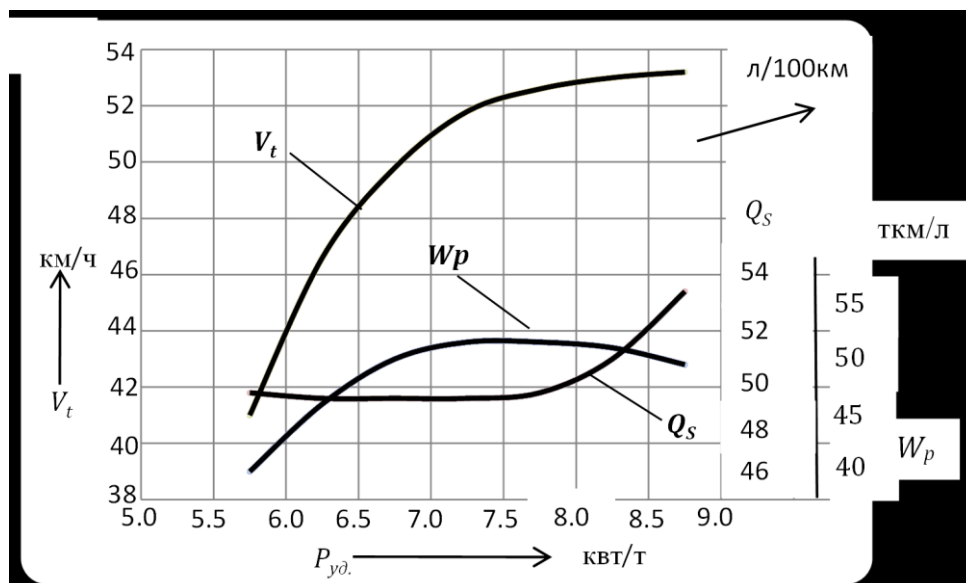


Рис.1. Графики зависимостей $V_t=F(P_{уд})$, $Q_s=F(P_{уд})$, $W_p=F(P_{уд})$ автопоезда «Мерседес-Бенц Актрос 1853» для условий движения на магистральных дорогах пересеченной местности Грузии.

Заклучение: Обобщение результатов исследования дало возможность заключить, что рациональное значение удельной мощности большегрузных АТС при их эксплуатации на дорогах пересеченной местности колеблется в пределах: $P_{уд}=7,5 - 8,5$ квт/т. Из серии модификаций АТС «Мерседес-Бенц актрос 1853» в этих условиях наиболее эффективным можно считать двигатель с максимальной мощностью $P_{max}=315$ квт.

1. Высоцкий М.С. Выгонный А.Г. Гилелес Л.Х. Автомобили. Основы проектирования. Минск, Выща школа, 1987, 152с.
2. Высоцкий М.С. Гришкевич А.И. Выгонный А.Г. Гилелес Л.Х. и др. Специализированный подвижной состав. Минск “Вышеишая школа” 1989. стр.7-27.
3. Mercedes-Benz Nutzfahrzeuge. Mercedes-Benz AG, Stuttgart VL/MK 6360.0300.00-00/0896 Printed in Federal Republic of Germany. 2003, 61s.

REFERENCES

1. Vysotsky, M.S., Vygonny, A.G., Gileles, L.Kh. (1987). *Automobiles. Design Fundamentals*. Minsk, 152 p.
2. Vysotsky, M.S., Grishkevich, A.I., Vygonny, A.G., Gileles, L.Kh., et al. (1989). *Specialized rolling stock*. Minsk, pp. 7-27
3. Mercedes-Benz AG. (2003). *Mercedes-Benz freight transportation*. Stuttgart VL/MK 6360.0300.00-00/0896 Printed in Federal Republic of Germany. 61 p.

Сисвадзе Г. Б. , Тедорадзе Р.Г. , Придонашвили Д. Н. , Манджгаладзе Б.А. Подбор автотранспортного средства для грузовых перевозок по критериям качества адаптации его динамических свойств к условиям эксплуатации.

В работе дается методика определения качества соответствия динамических свойств автотранспортных средств (АТС) к условиям эксплуатации по экономическим критериям затрат на перевозку на основе которого устанавливается рациональное значение удельной мощности АТС. Применением методики достигаются наименьшие затраты на перевозку и минимальное загрязнение окружающей среды выхлопными газами.

Ключевые слова. динамические свойства, автотранспортные средства, условия, движения, удельная мощность, адаптация, выхлопные газы, расход топлива, затраты, перевозки,

G. Sisvadze, R. Tedoradze, D. Pridonashvili, B. Mandzhgaladze. Selection of the vehicle for freight transportation by criteria of quality of adaptation of its dynamic properties to service conditions.

In work the technique of determination of quality of compliance of dynamic properties of vehicles (automatic telephone exchange) to service conditions by economic criteria of costs of transportation on the basis of which is given rational value of specific power of automatic telephone exchange is established. Application of a technique reaches the smallest costs of transportation and minimum environmental pollution by exhaust gases.

Keywords: Dynamic properties, vehicles, conditions, movements, specific power, adaptation, exhaust Ghazi, fuel consumption, expenses, transportations,

АВТОРЫ

СИСВАДЗЕ *Гиоргии Бадриевич*, докторант кафедры Автомобильных дорог Грузинского технического университета, e-mail: Sisvadze 91@ gmail.com;

ТЕДОРАДЗЕ *Резо Гелаевич*, доктор технических наук, профессор кафедры логистики Грузинского технического университета, e-mail: r. tedoradze @ gtu.ge;

ПРИДОНАШВИЛИ *Давид Николаевич*, ассоциированный профессор кафедры Автомобильный транспорт Грузинского технического университета, e-mail: pridonaschvili@rambler.ru;

МАНДЖГАЛАДЗЕ *Бадри Автандилович*, преподаватель кафедры логистики Грузинского технического университета. E-майл: badrimanj@gmail.com;

AUTHORS:

SISVADZE *Giorgi Badriyevich*, Doctoral candidate of Department of Highways of the Georgian Technical University, e-mail: Sisvadze 91@ gmail.com;

TEDORADZE *Rezo Gelayevich*, Doctor of Engineering. Professor of Department of logistics of the Georgian technical university, e-mail: r. tedoradze @ gtu.ge;

PRIDONASHVILI *David Nikolaevich*, Assotsirovanny professor of Department Avtomobilny Transport of the Georgian technical university, e-mail: pridonaschvili@rambler.ru;

MANDZH GALADZE *Badri Avtandilovich*, Prepodovatel Departamenta of logistics of the Georgian technical university, e-mail: badrimanj@gmail.com;

Таран И.А., Литвин В.В.
Национальный горный университет

ОБОСНОВАНИЕ НЕЦЕЛЕСОБРАЗНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ В РЕЖИМЕ МАРШРУТНОГО ТАКСИ НА ОСНОВАНИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА ПАССАЖИРОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МВК»

В работе проанализированы технологические, эксплуатационные и экономические факторы, которые влияют на себестоимость перевозочного процесса пассажиров. Выявлена прямая зависимость значения себестоимости от количества остановочных пунктов на маршруте и режима эксплуатации автобусов. С помощью программного комплекса «МВК» разработана имитационная модель перевозочного процесса на городском автобусном маршруте, при помощи которой сделаны выводы о нецелесообразности эксплуатации автобусов в режиме маршрутного такси.

Ключевые слова: перевозочный процесс пассажиров, городской автобусный маршрут, имитационная модель, себестоимость, расход топлива.

Постановка проблемы. Пассажирский транспорт – часть единой транспортной системы Украины. Современный пассажирский транспорт обеспечивает перевозки людей, их ручной клади и багажа в различных видах сообщения и занимает ведущее место в обслуживании населения. Городской автобусный пассажирский транспорт (ГАПТ) является социально ориентированным видом транспорта, поскольку основными его пассажирами становятся люди с доходами ниже среднего уровня: школьники, студенты, льготные категории граждан. Это обуславливает необходимость учета не только экономических, но и социальных факторов при формировании тарифной политики на услуги ГАПТ.

Основное назначение управления затратами на АТП – их рациональное использование и снижение себестоимости перевозок пассажиров и грузов. Себестоимость перевозок составляет основу тарифов на услуги транспорта. Поэтому ее снижение обеспечивает улучшение финансового состояния АТП. Снижение тарифов на пассажирские перевозки является важнейшим фактором увеличения объема перевозок и повышения благосостояния населения.

Цель работы. В настоящее время оценка результатов хозяйственной деятельности предприятия пассажирского транспорта, а также их экономическое стимулирование производится исходя из выполнения показателей пассажирооборота, производительности труда, прибыли и себестоимости перевозок. Целью данной работы является определение факторов, влияющих на уровень себестоимости перевозочного процесса пассажиров, а также поиск методов её сокращения.

Материал и результаты исследований. Для расчета тарифов на перевозку пассажиров в городском сообщении автотранспортными предприятиями предоставляются данные по калькуляции себестоимости перевозочного процесса. Затем специалистами государственного предприятия «Инженерный центр» проводится расчет стоимости проезда на маршрутах.

Автотранспортными предприятиями г. Днепропетровска были предоставлены данные в качестве калькуляции себестоимости перевозочного процесса для расчета тарифов на перевозку пассажиров состоянием на январь 2016 г. [1]. На рисунке 1 представлено распределение удельного веса калькуляционных статей себестоимости перевозочного процесса пассажиров на типовых автотранспортных предприятия г. Днепропетровска: ДАТП № 11231 и ООО «Игрек».

Анализ информации представленной на рисунке 1 позволяет сделать вывод о том, что наибольшую долю в себестоимости перевозок составляют затраты на приобретение топлива (от 42,4% до 55,9%). Поэтому именно сокращение расхода топлива позволит существенно снизить себестоимость перевозочного процесса.

На практике точный и достоверный учет расхода топлива на предприятии чаще всего становится невозможным. Коэффициенты корректировки линейной нормы расхода топлива, начисляемые в связи с работой в городских условиях, с частыми остановками для посадки и высадки пассажиров, не отражают реальных потребностей АТП в топливных ресурсах.

Маршрутный расход топлива городских автобусов в основном определяется рядом факторов конструкционного, технологического, эксплуатационного, организационного и природно-климатического характера. При этом перечисленные выше факторы могут быть как простыми, так и

сложными, управляемыми, частично управляемыми и учитываемыми, зависимыми и независимыми между собой.

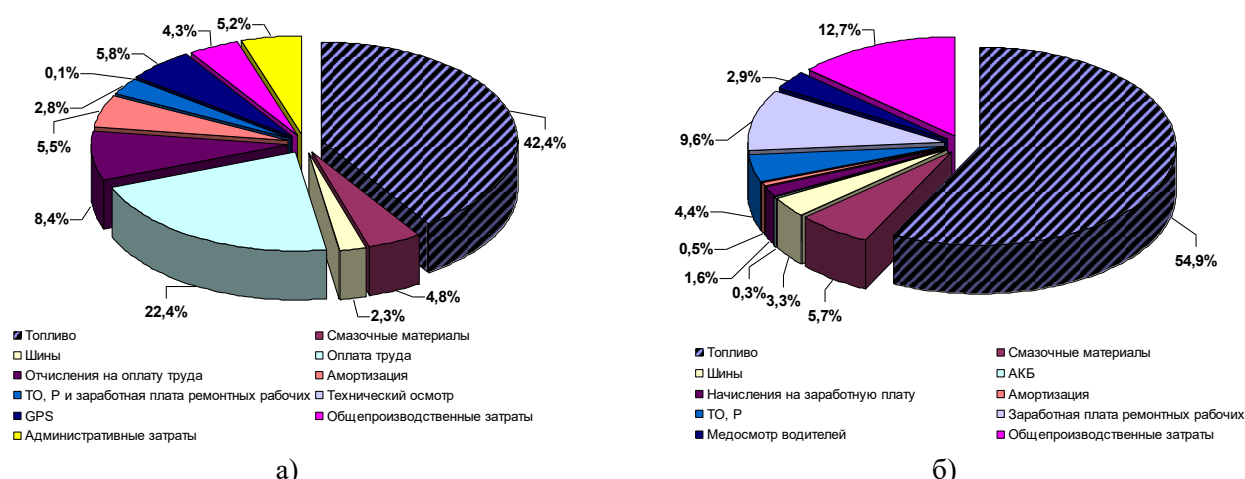


Рис. 1. Удельный вес калькуляционных статей в себестоимости перевозочного процесса пассажиров (а – на маршруте №98, ДАТП № 11231; б – на маршруте №87-Б, ООО «Игрек»)

Согласно [2, 3], уменьшение расхода топлива возможно за счет следующих мероприятий:

- 1) ликвидация малодеятельных участков маршрутов;
- 2) замена автобусов большой вместимости маршрутными такси в вечернее и ночное время;
- 3) выбор и обеспечение топливозономичных режимов движения;
- 4) улучшение дорожных условий;
- 5) сокращение количества разгонов-торможений;
- 6) сокращение непроизводительных пробегов и отстоев с включенным двигателем.

Следует отметить, что режимы разгона, движения накатом, торможения автомобиля, а также холостого хода двигателя оказывают тем больше влияние на общий расход топлива, чем короче расстояния между остановками, то есть, чем более неравномерно движение. В условиях же длинных перегонов, на которых преобладает установившееся движение, режим разгона, наката или торможения мало отражается на топливной экономичности автомобиля [4]. Таким образом, необходимо установить такой режим работы автобусов на городских маршрутах, чтобы одновременно решить две практически противоположные задачи – снизить себестоимость перевозочного процесса за счет сокращения расхода топлива и не потерять при этом достаточный уровень качества обслуживания пассажиров.

Общим показателем, определяющим режим работы автобусов на маршрутах, является средняя длина перегона технологического цикла. То есть, решая задачу выбора режима работы, тем самым решается задача определения такой средней длины перегона, которая бы обеспечивала не только минимальные затраты времени пассажиров на передвижение, но и минимальную себестоимость перевозочного процесса. Максимальный расход топлива наблюдается при разгоне автомобиля. Таким образом, чтобы обеспечить минимизацию расхода топлива автобусами, необходимо сократить количество остановок по требованию на маршруте, то есть осуществить переход от режима маршрутного такси на постановочный режим.

На практике в условиях пассажирского АТП мониторинг, учет и прогнозирование расхода топлива без использования специальных устройств, программ, методов становится практически невозможным. Это обуславливается несколькими причинами. Во-первых, не учитывается неравномерность расхода топлива – суточная, недельная, сезонная и т.п. Во-вторых, не проводятся обследования работы автобусов на маршрутах – количество фактических плановых и внеплановых остановок за рейс, наполняемость автобуса, изменение эксплуатационной скорости на перегонах маршрута по часам суток. Таким образом, не учитывается реальный расход топлива автобусов при эксплуатации их в режиме маршрутного такси.

На сегодняшний день одним из достоверных методов прогнозирования расхода топлива автобусов при выполнении городских перевозок пассажиров является имитационное моделирование перевозочного процесса, которое может осуществляться таким инструментом, как программный пакет «МВК», разработанный специалистами Центрального научно-исследовательского автомобильного и автомоторного института «НАМИ» (Российская Федерация) в 2007 году. Программный пакет (ПП) для комплексных исследований автомобиля «МВК» предназначен для разработчиков автомобилей, научно-исследовательских организаций, экологических служб, учебных заведений, выпускающих специалистов

по производству и эксплуатации автомобилей и двигателей внутреннего сгорания, предприятий, специализирующихся на автоперевозках и продаже автомобилей и т.п.

Использование «МВК» позволяет снизить стоимость и сроки выполнения работ, направленных на повышение топливной экономичности и скоростных свойств автомобилей, а также на улучшение их экологических характеристик.

ПП «МВК» включает в себя два метода: *Экспериментальный* и *Расчетный*. Экспериментальный метод позволяет на основе кратковременных экспериментов без применения стендовых устройств и специального оборудования определить параметры, из которых складывается топливный баланс автомобиля в общем случае движения

Расчетный метод позволяет выбирать оптимальные параметры автомобиля, а также определять эффективность мероприятий, реализация которых наряду с испытаниями требует существенных затрат.

В результате испытаний можно получить комплекс характеристик автомобиля, определяющих его топливную экономичность, скоростные свойства, долговечность агрегатов и т.п. При этом контролируемые расчетные параметры, полученные с помощью программы – максимальная скорость, время разгона на отдельных передачах и с переключением передач, расходы топлива при постоянных скоростях движения, в городском и скоростном циклах, на дорогах с переменным профилем – укладываются в пределы естественного разброса данных, полученных при натуральных испытаниях.

Влияние количества остановок на расход топлива автобуса на основе имитационного моделирования перевозочного процесса с помощью ПП «МВК» анализировалось на примере городского маршрута №34 (ул. Курчатова – ул. Гладкова). Этот маршрут является типовым радиальным маршрутом, который связывает ж/м 12-й Квартал с одними из крупнейших пассажирообразующих и пассажиропоглощающих объектов г. Днепропетровска – автовокзалом и железнодорожным вокзалом.

В качестве главных исходных данных для создания имитационной модели перевозочного процесса пассажиров были использованы результаты обследования пассажиропотоков и схема маршрута.

На примере маршрута №34 построено две модели:

- 1) модель, состоящая из 26 остановок, регламентированных паспортом маршрута;
- 2) модель, состоящая из 45 остановок, в том числе 19 остановок по требованию.

На рисунке 2 представлены результаты моделирования в ПП «МВК» для 45 остановок.

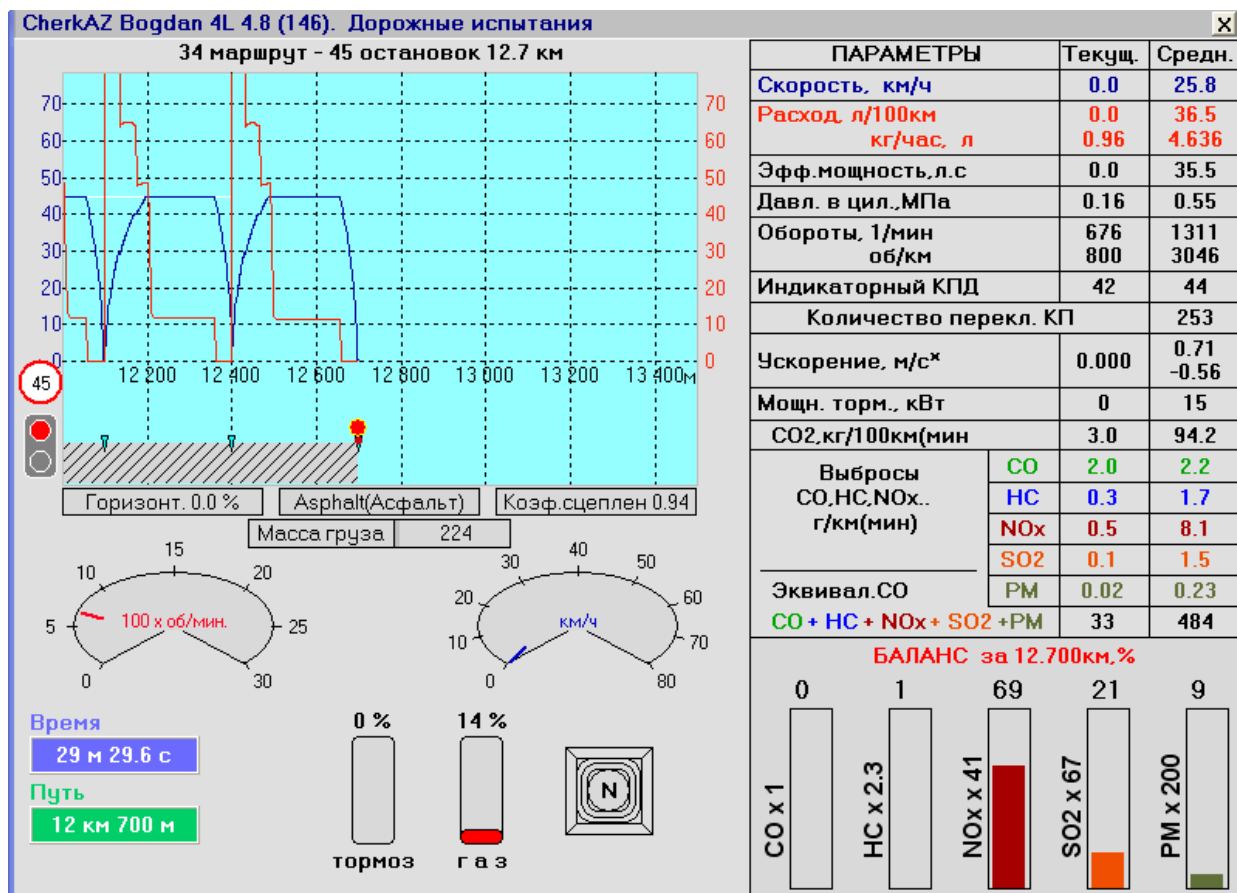


Рисунок 2 – Результаты моделирования перевозочного процесса на маршруте №34 для модели, состоящей из 45 остановочных пунктов

Количественные результаты моделирования для обеих моделей представлены в таблице 1.
Таблица 1 Результаты моделирования перевозочного процесса на маршруте №34

Показатель	Единицы измерения	Значение		Отклонение	
		45 остановок	26 остановок	единицы	%
ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ					
Длина маршрута	км	12,7		–	–
Время работы автобуса на маршруте	ч	11,0		–	–
Контрольный расход топлива на высшей передаче	л/100 км	11,6		–	–
Цена топлива	грн/л	21,0		–	–
Количество автобусов, работающих на маршруте	ед.	15		–	–
Время рейса	мин	29,5	24,8	-4,7	-15,9%
Скорость сообщения	км/ч	25,8	30,7	4,9	18,9%
Эксплуатационная скорость	км/ч	17,1	19,1	2,0	11,8%
Количество рейсов за смену	ед.	15,0	17,0	2,0	13,3%
Израсходовано топлива, в т.ч.	л	4,64	3,40	-1,2	-26,7%
Средний расход топлива	л/100 км	36,50	26,75	-9,8	-26,7%
Количество переключений КП		253	150	-103,0	-40,7%
Затраты на топливо на 1 км	грн/км	7,67	5,62	-2,0	-26,7%
Затраты на топливо за рейс	грн	97,36	71,36	-26,0	-26,7%
Затраты на топливо за день	грн	1 460,34	1 213,09	-247,3	-16,9%
Затраты на топливо за год	грн	525 722,40	436 710,96	-89 011,44	-16,9%
Затраты на топливо за год в целом по маршруту	грн	7 885 836,00	6 550 664,40	-1 335 171,60	-16,9%
КОЛИЧЕСТВО ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ					
Углекислый газ (CO ₂)	кг/100 км	94,25	69,14	-25,1	-26,6%
Угарный газ (CO)	г/км	2,24	1,85	-0,4	-17,5%
Углеводородные соединения (HC)	г/км	1,65	1,48	-0,2	-10,3%
Оксиды азота (NO _x)	г/км	8,11	5,51	-2,6	-32,1%
Диоксид серы (SO ₂)	г/км	1,51	1,11	-0,4	-26,6%
Твердые частицы (PM)	г/км	0,23	0,15	-0,1	-33,0%
Эквивалентные CO	г/км	484,32	335,28	-149,0	-30,8%

На рисунке 4 графически представлены результаты эксперимента для режима маршрутного такси (45 остановок) и постаночного режима (26 остановок).

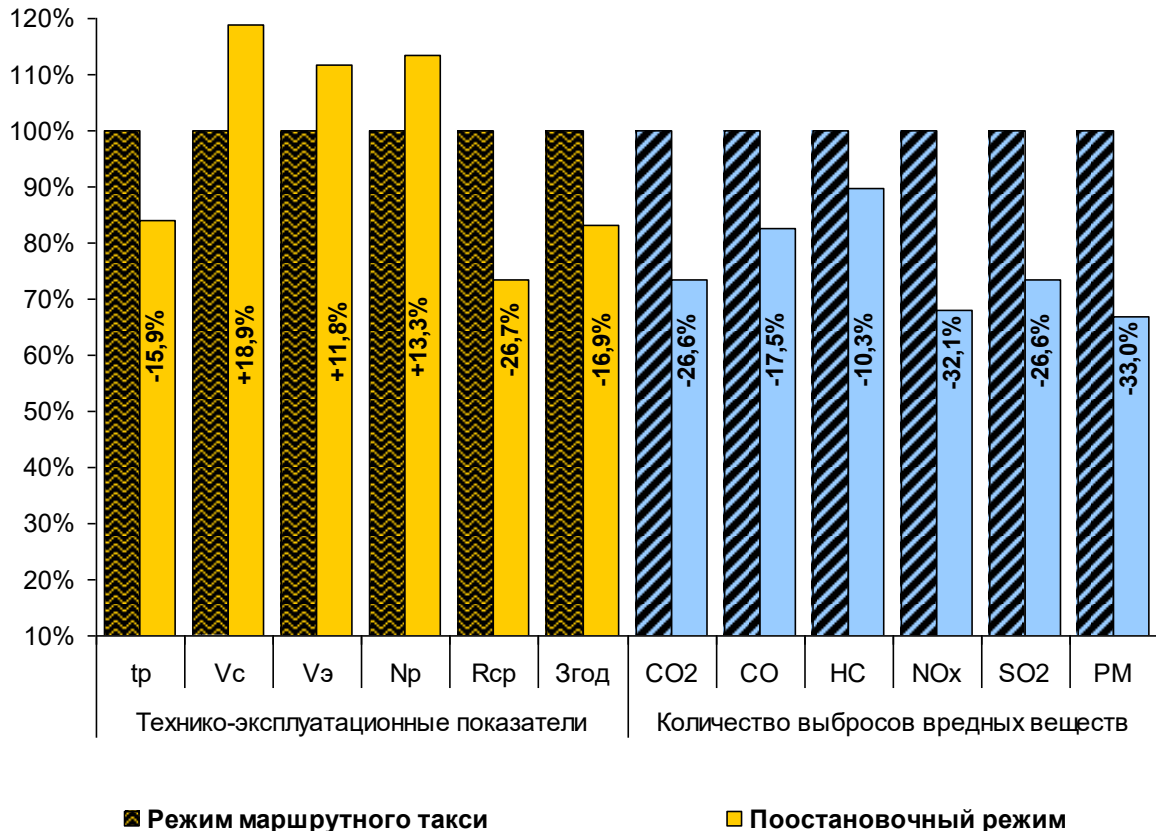


Рис. 4. Результаты моделирования работы городского маршрута №34 в режиме маршрутного такси и в постаночном режиме

Выводы. Анализ таблицы 1 и рисунка 4 позволяет сделать вывод о том, переход от эксплуатации автобусов на городских маршрутах в режиме маршрутного такси к постаночному режиму имеет целый ряд преимуществ экономического, социального и экологического характера:

- 1) эксплуатационная скорость на маршруте возрастает на 11,8%, что влечет за собой увеличение оборачиваемости автобуса;
- 2) сокращается время рейса на 15,9%, что позволяет совершить на два рейса в сутки больше, при этом получить дополнительный доход от перевозки пассажиров;
- 3) средний расход топлива за рейс сокращается на 26,7%;
- 4) затраты на приобретение топлива для эксплуатации одного автобуса сокращаются на 89 011 грн в год, а на маршруте в целом (15 автобусов) – на 1 335 171 грн в год;
- 5) значительно сокращается количество выбросов вредных веществ – от 10,3% до 33% в зависимости от вида вредного вещества.

Таким образом, в работе обоснована экономическая, экологическая и социальная целесообразность эксплуатации автобусов на городских маршрутах г. Днепропетровска в постаночном режиме вместо режима маршрутного такси.

1. Днепропетровск: городской сайт (Электрон. ресурс) / Способ доступа: URL: <http://gorod.dp.ua>
2. Нагорный Е.В. Коммерческая работа на автомобильном транспорте / Е.В. Нагорный, Н.Ю. Шраменко: учебник. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 324 с.
3. Родионов А.Ю. Методические рекомендации по вопросам организации транспортного обслуживания населения муниципальных образований. – М.: Фонд «Институт экономики города», 2005. – 89с.
4. Фалькевич В.С. Теория автомобиля. Учебник. – М.: Машгиз, 1963. – 240 с.

REFERENCES

1. Dnepropetrovsk city site [Dnepropetrovsk: gorodskoy sayt (Elektron. resurs) / Sposob dostupa: URL: <http://gorod.dp.ua>].
2. Nagorniy E. (2010). Commercial work on automobile transport [Kommercheskaya rabota na avtomobilnom transporte]. Kharkiv, KhNAHU Publ. 324 p.
3. Rodionov A. (2005). Guidelines on the organization of the transport service of the population of municipalities [Metodicheskie rekomendatsii po voprosam organizatsii transportnogo obsluzhivaniya naseleniya munitsipalnykh obrazovaniy]. Moscow, Fund "Institute of Urban Economics" Publ. 89 p.
4. Falkevich V. (1963). The theory of car [Teoriya avtomobilya]. Moscow, Mashinostroenie Publ. 240 p.

Таран І.О., Литвин В.В. Обґрунтування недоцільності експлуатації автобусів в режимі маршрутного таксі на підставі моделювання перевізного процесу пасажирів за допомогою програмного комплексу «МВК».

В роботі проаналізовані технологічні, експлуатаційні та економічні чинники, які впливають на собівартість перевізного процесу пасажирів. Виявлено пряму залежність значення собівартості від кількості зупиночних пунктів на маршруті і режиму експлуатації автобусів. За допомогою програмного комплексу «МВК» розроблена імітаційна модель перевізного процесу на міському автобусному маршруті, за допомогою якої зроблені висновки про недоцільність експлуатації автобусів в режимі маршрутного таксі.

Ключові слова: перевізний процес пасажирів, міський автобусний маршрут, імітаційна модель, собівартість, витрати палива.

I. Taran, V. Litvin. Justification of non-rational operation of buses in the minibus taxi mode on the basis of modeling the transportation of passengers by the program complex «MVK».

The paper discusses the factors that affect the cost of passengers transportation. It's revealed the direct dependence of the values of the cost of the number of stops on the route. With the help of a software package "MVK" is built a simulation model of the transportation process, from which conclusions are made about the unsustainable exploitation of bus like a taxi mode.

Keywords: a passenger transportation process, a city bus route, a simulation model, a cost price, fuel consumption.

АВТОРИ:

ТАРАН Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: taran_70@mail.ru.

ЛИТВИН Вадим Вікторович, старший викладач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: pilgrimm_2007@mail.ru.

AUTHORS:

Igor TARAN, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: taran_70@mail.ru;

Vadim LITVIN, senior lecturer of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: pilgrimm_2007@mail.ru.

Стаття надійшла в редакцію 12.03.2016р.

Форнальчик Є.Ю., Демчук І.А.
Національний університет «Львівська політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕРВАЛІВ РУХУ ТА НАПОВНЕНОСТІ САЛОНІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ

Проаналізовано систему окремих маршрутів громадського транспорту міста Львова. Описано методику виконання натурних досліджень та наведено результати визначених основних характеристик автобусних маршрутів, зокрема інтервалів руху їх та наповненості салонів.

Ключові слова: міський пасажирський транспорт, пасажирів, натурні дослідження, наповненість салону транспортного засобу, інтервал руху транспортних засобів, привабливість маршруту.

Постановка проблеми. Основним завданням організації руху міського громадського транспорту (МГТ) є забезпечення якості перевезень, яка оцінюється передовсім середньою тривалістю очікування пасажирів на зупинці або середнім інтервалом руху транспортних засобів на маршруті. Її (якість) визначають, крім цього, власне тривалість поїздки, вартість, швидкість сполучення та середня наповненість салону транспортного засобу. Саме ці показники комплексно визначають привабливість користування тим чи іншим громадським транспортом.

Вагомий вплив на організацію перевезень та підвищення рівня використання громадського транспорту має нерівномірність розподілу пасажиропотоків за періодами доби. У робочі дні в ранкові (08.00-10.00) та вечірні (17.00-19.00) години переважають трудові поїздки, що формують пікові пасажиропотоки. Міжпіковий період характеризується зменшеним пасажиропотоком, що позначається на зниженні ефективності використання транспортних засобів за рахунок збільшення інтервалів їх руху. Останнє зумовлює ріст тривалості очікування пасажиром посадки.

З огляду на викладене, питання дослідження основних характеристик міських маршрутів та закономірностей руху транспортних засобів є актуальним і має як теоретичне, так і практичне значення. Тому **метою цієї роботи** було визначення інтервалів руху та наповненості салонів транспортних засобів на міських маршрутах.

Результати досліджень. З 1 січня 2012 року ввійшла в дію нова транспортна система міста Львова, яка налічує 7 радіальних автобусних маршрутів (№ 1А-6А, 47А) та 45 хордових (№7-46, 48-51, 53). Радіальні маршрути сполучають околиці міста з центральним кільцем та обслуговуються автобусами великої та надвеликої пасажиромісткості. Маршрути обслуговують автобуси ЛАЗ А183, ЛАЗ А191, ЛАЗ А291, Богдан А601, а також Mercedes-Benz і MAN. Хордові маршрути сполучають між собою райони міста. Пасажиромісткість автобусів, що обслуговують ці маршрути, 35 осіб. В основному це моделі Богдан А092, БАЗ-А079 Еталон, ГалАЗ-3207 тощо. Загалом містом курсує 575 автобусів.

Крім автобусних маршрутів, у місті налічується 11 трамвайних та 9 тролейбусних маршрутів. В останні роки зріс попит на електротранспорт. На популярність цього транспорту вплинуло подорожчання проїзду на автобусних маршрутах — від 2 до 4 грн., у той час як квиток на трамвай і тролейбус подорожчав лише з 1,5 до 2 гривень.

Зараз на тролейбусних лініях використовується рухомий склад пасажиромісткістю 65-80 пасажирів. Їх налічується 64 машини типу ЛАЗ-Е183, ЛАЗ-52522, Шкода-14Тр, Шкода-15Тр та Богдан Т601.11.

Окремими дослідженнями [1] було проведено опитування мешканців міста з метою виявлення чинників, які не дозволяють їм повністю задовольнити потреби у пересуваннях громадським транспортом. Серед них: вартість проїзду, інтервали руху транспортних засобів, відмова в посадці, рівень заповнення салонів, витрати часу на підхід до зупинки, необхідність здійснення пересадок, безпека руху. Опрацювання результатів дослідження засвідчили, що пасажирів основних груп працездатного населення не задовольняє, перш за все, вартість поїздки. Наступними за вагомістю є такі чинники: великі інтервали руху автобусів, трамваїв, тролейбусів, відмова у посадці, рівень наповнення салонів [1]. Варто зазначити, що розподіл показників (чинників) наведеного переліку є не повним, оскільки не бралось до уваги, наприклад, таке: пішохідна досяжність до зупинки, вид громадського транспорту, тип транспортного засобу.

Визначення рівня заповнення салонів транспортних засобів на перегонах маршрутів доцільно з точки зору підвищення ефективності використання їх у відповідні періоди доби. Візуальні методи обстеження не дають змоги точно визначити більшість параметрів пасажирських потоків, проте з їх допомогою можна легко оцінити ступінь заповнення салонів транспортних засобів. Для реалізації цього методу обліковці можуть знаходитись у середині салону або на будь-яких пунктах спостережень на маршрутах (найчастіше на зупинках). В останні роки досліджується наповненість салонів на основі збору даних обліковців (так званий «силуетний» спосіб), які фіксують цей показник на зупинках. Оцінюють його за такою бальною шкалою [2]:

- 1 бал – пасажирами зайнято менше половини місць для сидіння;
- 2 бали – пасажирами зайнято більше половини місць для сидіння, але вільні місця для сидіння ще є;
- 3 бали – зайняті всі місця для сидіння і до половини місць для стояння;
- 4 бали – транспортний засіб заповнений пасажирами цілком, але ввійти в нього ще можна, бо є вільні місця для стояння;
- 5 балів – транспортний засіб заповнений цілком (переповнений) і ввійти в нього неможливо.

Нами обґрунтовано наведені бальні оцінки відповідними рівнями наповненості салонів: 1 бал – до 25 %; 2 – 26-50%; 3 – 51-75; 4 – 76-96; 5 балів – 97-105%.

З досвіду проведення обстежень візуальним методом відомо, що найвірогіднішу інформацію можна отримати при розташуванні обліковців на зупинних пунктах, коли використовується так званий «силуетний» спосіб оцінки заповнення салону. Цей метод і був покладений в основу визначення наповненості салону автобуса ЛАЗ А183 (номінальною пасажиромісткістю 120) на маршруті 4А як одного із початкових параметрів моделі вибору маршруту пересування. Перебуваючи на посту спостереження (зупинка вул. Шота Руставелі) з 8.00 до 10.00 год. упродовж п'яти робочих днів тижня, обліковець заповнював журнал, фрагмент якого наведений у табл.1. Такі ж журнали заповнювалися для інших чотирьох досліджуваних маршрутів для часу «пік». За результатами розраховували середнє значення наповненості салону транспортного засобу.

Таблиця 1

Журнал «силуетного» обстеження рівня наповненості салонів на радіальному автобусному маршруті №4А, який прямував у сторону до центру (зупинка торговий комплекс «Шувар»)

День	Час доби	Заповнення салону		Примітки
		бали	%	
Понеділок 14.03.2016 р.	07.59	3	70	
	08.02	3	70	
	08.13	5	100	
	08.32	5	105	не зупинився
	08.44	3	80	
	08.49	4	70	
	08.08	5	105	
	09.15	5	100	
	09.26	4	80	
	09.31	3	70	
	09.47	4	80	
	09.50	3	60	
10.01	3	60		
Середня наповненість салону автобусів, %			80	

На підставі результатів обстеження наповненості салонів можна оцінити не тільки ступінь їх заповнення за періодами доби, але й фіксувати фактичний графік руху транспортних засобів, а також робити висновки про вплив регулярності на ступінь заповнення салонів.

Для забезпечення якісного задоволення потреб жителів міста у транспортних послугах потрібно дотримуватися графіків руху їх на маршрутах й, крім цього, досягати номінального рівня заповнення салонів. Однак це не просте завдання, оскільки на їх зміну впливають багато чинників: інтенсивність руху, рівень завантаження, середня швидкість транспортного потоку, кваліфікація водія тощо. Інтервал руху повинен розглядатися як інтервал часу роботи маршруту, у межах якого існує відповідність між провізним ресурсом і потребою у перевезеннях з урахуванням якості. Затримки в русі або необґрунтовано збільшений інтервал на маршруті громадського транспорту породжує накопичення пасажирів на зупинках, що в свою чергу призводить до [3]:

- зниження якості обслуговування пасажирів;
- перевищення нормативної пасажиромісткості салонів транспортних засобів, що зумовлює ріст транспортної втоми пасажирів;
- зростання тривалості поїздки пасажирів за рахунок росту тривалості очікування на зупинці;
- ймовірності відмови у поїзді з причини відсутності місць у транспортному засобі.

Інформація про паспортні інтервали руху транспортних засобів на міських маршрутах та вартість проїзду доступна на сайті «EASYWAY» [4]. З метою перевірки відповідності існуючих інтервалів паспортним проводилися натурні дослідження з визначення середніх інтервалів на прикладі цього ж автобусного маршруту 4А (проспект Червоної Калини – площа Різні) у ранковий час «пік» з 8:00 до 10:00 години. Упродовж дослідження зафіксовано по 12 та 13 інтервалів для кожного з напрямків руху (табл. 2).

Таблиця 2

Інтервали руху між автобусами маршруту №4А (у хв.)													
Пост спостереження №1 (проспект Червоної Калини, зупинка торговий комплекс «Шувар»)													
до центру	10	6	8	14	5	6	11	13	10	8	8	10	
з центру	11	8	16	13	2	15	8	10	12	6	9	9	
Пост спостереження №2 (зупинка вул. Шота Руставелі)													
до центру	3	11	19	12	5	19	7	11	5	16	3	11	9
з центру	10	8	13	5	13	6	13	4	9	6	11	12	9

Середні значення інтервалів руху між автобусами на кожному з постів спостереження (у хв.):

	до центру	з центру
на посту №1	9,1	10,0
на посту №2	10,1	9,2

Аналогічним чином досліджувалися й інші автобусні, тролейбусні і трамвайні маршрути. Для докладного аналізу зміни інтервалів на маршруті було виконано статистичний аналіз отриманих результатів. Для кожної серії дослідів побудовано гістограми розподілів інтервалів та відповідні кумулятивні криві (рис. 1).

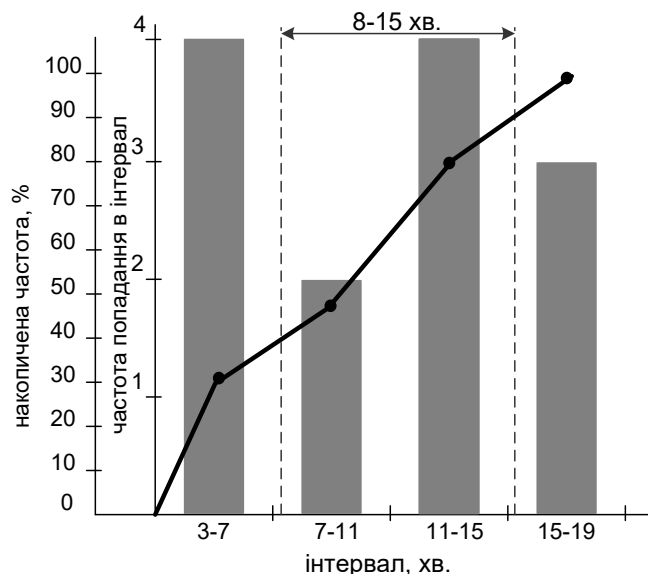


Рис.1 Гістограма та кумулятивна крива розподілу інтервалів між автобусами маршруту 4А, які рухаються до центру (зупинка вулиця Шота Руставелі)

Отримані результати засвідчили, що найменший інтервал між транспортними засобами за досліджуваний період становить 2 хв., а найбільший – 19 хв. Згідно з паспортом маршруту 4А, інтервал руху автобусів повинен бути у межах 8-15 хв. На посту спостереження №1 (зупинка торговий комплекс «Шувар») у напрямку до центру 3 автобуси у час «пік» порушили регламентований паспортним графік руху, у зворотну сторону – 2. На посту спостереження №2 (зупинка вулиця Шота Руставелі) в сторону до центру зафіксовано 8 аналогічних порушень, з центру – 4. Це було спричинено заторами у транспортному потоці та перед перехрестями, що призвело до переповнення салону автобусів (інтервал руху більший 15 хв.) і недостатнього заповнення (інтервал менший 8 хв.).

Висновки. Наведені результати нестабільності параметрів руху автобусів на міських маршрутах вказують на потребу подальшого дослідження їх з метою розроблення відповідної методики їх стабілізації. Основу її становитимуть часові характеристики наповненості салонів транспортних засобів, розподілів інтервалів руху між ними. Братиметься до уваги і вартість проїзду для визначення привабливості маршруту. Це буде реалізовуватися у програмному середовищі Matlab.

1. Кристопчук М.Є. Дослідження факторів впливу на розподіл пасажирських кореспонденцій по маршрутній мережі / М.Є. Кристопчук // "Наукові нотатки": міжвузівський збірник. - Луцьк, 2014. - випуск №45. - С.317-322.
2. Доля В.К. Організація пасажирських перевезень у містах. – Харків: Нове слово, 2002. – 140 с.
3. Ковалишин В.В. Про «комфортний» час очікування громадського транспорту у Львові: [Електронний ресурс]. - 2013. - Режим доступу: <http://volodymyrkovalyshyn.blogspot.com/2013/06/blog-post.html>.
4. Повний перелік актуальних маршруток Львова на карті. Автобуси, трамваї, тролейбуси, маршрутки Львова: [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv/routes>

REFERENCES

1. Krystopchuk, M. (2014). Study of factors influencing the distribution of correspondence in passenger route network [Doslidzhennia faktoriv vplyvu na rozpodil pasazhyrskykh korespondentsii po marshrutnii merezhi]. *Naukovi notatky*, Lutsk, pp. 317-322.
2. Dolia, V. (2002). *The organization of passenger transport in cities* [Orhanizatsiia pasazhyrskykh perevezen u mistakh]. Kharkiv, Nove slovo Publ., 140 p.
3. Kovalyshyn, V. (2013). *On the "comfortable" waiting time public transport in Lviv*. Available at: <http://volodymyrkovalyshyn.blogspot.com/2013/06/blog-post.html>.
4. A complete list of current routes on the city map. Buses, trams, trolley buses, city bus. Available at: <http://www.eway.in.ua/ua/cities/lviv/routes>.

Форнальчик Е.Ю., Демчук И.А. Определение интервалов движения и наполненности салонов транспортных средств на городских маршрутах.

Проанализирована система отдельных маршрутов общественного транспорта города Львова. Описана методика выполнения натуральных исследований и приведены результаты определенных основных характеристик автобусных маршрутов, в том числе интервалов их движения и наполненности салонов.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, пассажиры, натурные исследования, наполненность салона транспортного средства, интервал движения транспортных средств, привлекательность маршрута.

E. Fornalchuk, I Demchuk. Determination of motion intervals and fullness of vehicles on urban routes.

The system of individual public transport's routes in Lviv was analyzed. The method of implementation natural researches were described and the results of basic characteristics of bus routes, including traffic interval of fullness and salons, were given as an example.

Keywords: urban passenger transport, passengers, natural research, fullness of the cabin of the vehicle, interval of vehicle traffic, the attractiveness of the route.

АВТОРИ:

ФОРНАЛЬЧИК Євген Юліанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com

ДЕМЧУК Інна Андріївна, аспірант кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: demchuk_inna@ukr.net

АВТОРЫ:

ФОРНАЛЬЧИК Евгений Юлианович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com

ДЕМЧУК Инна Андреевна, аспирант кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: demchuk_inna@ukr.net

AUTHORS:

Eugen FORNALCHYK, PhD, Professor, Head of Department «Transport Technologies», Lviv Polytechnic National University, e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com

Inna DEMCHUK, postgraduate of the Department of «Transport Technologies», Lviv Polytechnic National University, e-mail: demchuk_inna@ukr.net

Шевчук О.С.

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя***ПОРУШЕННЯ ПРИ ОБЛАШТУВАННІ ПАРКУВАЛЬНИХ МІСЦЬ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА**

В статті наведено основні порушення при облаштуванні паркувальних місць на вулично-дорожній мережі міста, зокрема облаштування їх технічними засобами для забезпечення максимального комфорту та безпеки при маневруванні автомобілів. Наведені шляхи усунення описаних порушень з дотриманням відповідних норм та правил щодо облаштування паркувальних місць.

Ключові слова: технічні засоби, паркувальні місця, паркінги, смарт-картки.

В умовах сучасного суспільства коли кількість транспортних засобів з кожним роком все більше зростає, гостро постає проблема кількості паркувальних місць у великих містах. Оскільки порушення правил паркування створює перешкоди не лише вільному пересуванню транспортних засобів, правильній організації руху транспортних потоків, а й пішоходам, що є безпосередніми учасниками дорожнього руху. Паркування з порушенням правил негативно впливають на ступінь аварійності на дорогах і значно сприяють виникненню заторів, це в свою чергу певною мірою впливає на безпеку руху на території міста та на безперебійну організацію руху. Будівництво паркувальних майданчиків проводиться із значними порушеннями вимог правил, норм і стандартів при обладнанні паркувальних об'єктів технічними засобами регулювання дорожнього руху та дорожньою розміткою. Самі власники паркувальних майданчиків порушують вимоги при обладнанні таких об'єктів, крім того, працівники цих майданчиків, нерідко паркують автомобілі за межами парковок, або під кутом до проїзної частини вулиць.

Диференціація житла за рівнем комфорту показує, як багато індивідуальних автомобілів концентрується у межах житлових територій. За даними Української будівельної асоціації, для соціального житла та житла економ-класу характерна середня забезпеченість автомобілем на сім'ю - до 1 [6]. Сучасна статистика не має відомостей про рівень автомобілізації малозабезпеченого населення, але практика засвідчує, що сім'ї, які проживають у муніципальному житлі та гуртожитках, здебільшого мають автомобіль. Практикою та сучасними вимогами до проектування житла «бізнес-класу» для великих міст встановлено, що на 1 сім'ю припадає 1-1,5 автомобіля [6]. Для висококомфортного житла характерна наявність від 1,5 до 2,5 автомобілів на сім'ю [6]. Розрахункова кількість автомобілів у загальній формі, починаючи з 60-х років, регламентується Будівельними нормами та правилами. Під час розрахунків вулично-дорожньої мережі вперше рекомендувалось виходити з цифри 150-180 легкових авто на 1000 жителів. Будівельні норми та правила передбачають у житлових районах будівництво гаражів та відкритих майданчиків для розміщення не менше 70 % розрахункового парку індивідуальних автомобілів. Співвідношення місць у гаражах та на відкритих стоянках повинно визначатися в кожному окремому випадку залежно від конкретних умов житлового середовища. До того ж кількість машино-місць на відкритих майданчиках на розрахунковий період допускається приймати не більше 30 %. У житлових районах, що підлягають реконструкції, кількість машино-місць постійного зберігання в гаражах можна зменшувати за рахунок збільшення сезонного зберігання.

Аналіз стану існуючої системи паркування транспортних засобів в Україні показує, що організаційні, нормативно-правові та фінансові умови функціонування зазначеної системи не відповідають потребам населення та європейським стандартам, а також не в змозі забезпечити належний розвиток паркувального простору. У містах та інших населених пунктах використовуються різні способи паркування автотранспортних засобів. Застосування вказаних форм паркування на практиці залежить від різних факторів, які передбачають рівень автомобілізації, потребу в місцях паркування, наявність вільних від забудови територій та інших факторів.

Якщо проаналізувати стан сучасної паркувальної системи то можна виділити такі основні та найбільш актуальні проблеми:

- невідповідність інфраструктури паркування сучасним вимогам;
- недостатня кількість паркувальних місць на відведених, спеціально обладнаних майданчиках для паркування та паркінгів;
- низька якість послуг з паркування автотранспорту;

- малоефективність інформаційних та технічного забезпечення паркувальної діяльності;
- низький рівень дотримання правил паркування;
- низька дисципліна оплати паркувальних місць, відповідно до цього велика кількість коштів оминає бюджети міст;
- недостатня обладнаність платіжними терміналами, які б прозоро дозволяли здійснювати оплату за використану послугу;
- недостатня відповідальність при порушенні правил паркування;
- не врахування потреб при паркуванні автомобільного транспорту з нульовим викидом вихлопних газів.

Щоб підтримати власників більш екологічних автомобілів і у комплексі покращувати екологічну ситуацію у світі, запропоновано систему знижок та бонусів при паркуванні саме таких транспортних засобів.

На законодавчому рівні при порушенні правил паркування або паркування в неналежному місці з водіїв транспортних засобів стягувалися штрафи і покарання у вигляді адміністративного правопорушення не спричиняло на водіїв належного впливу. З початку 2016 року на дорогах України, через порушення водіями транспортних засобів правил зупинки й стоянки, сталося 87 дорожньо-транспортних пригод, у яких 8людей загинуло та 87 отримали тілесні ушкодження [4].

Верховна Рада на сьогоднішній день розглядає законопроект про те, щоб ввести в Україні європейські правила паркування. Згідно з новими правилами, інспектори поліції матимуть право евакуювати транспортні засоби і виписувати штраф без присутності водія або власника авто.

Одним з нововведень, запропонованих парламентаріями, є делегування інспекторами паркувального простору права щодо притягнення до відповідальності автовласників, чий порушення були зафіксовані за допомогою фотозйомки або відеофіксації. При цьому, інспектори будуть зобов'язані повідомити порушника про виписаний штраф, залишивши копію постанови на лобовому склі автомобіля. [1].

Так звана Комп'ютеризована система контролю паркувального простору, що пропонується до впровадження, - це комплексна спеціальна захищена система (база), призначена для комфортного внесення як плати за паркування з боку водіїв (в т.ч. за допомогою засобів мобільного зв'язку), так і оптимізації роботи в ній паркувальників. Вона з'єднуватиметься з технічними засобами, що мають функції фото-, або відеофіксації порушень правил паркування, зупинки та стоянки, геолокації, забезпечуватиме сканування (розпізнавання) номерних знаків та аналіз інформації про періодичність, тривалість відповідного правопорушення, виконання раніше винесених постанов по справам про аналогічні адміністративні правопорушення [2].

Відповідно і водії вправі вимагати правильного оформлення паркувальних майданчиків як розміткою так і технічними засобами.

Що потрібно врахувати при облаштуванні системи автоматизованого платного паркування та обладнання парковочного місця вцілому:

- місця для паркування з дорожньою розміткою та дорожніми знаками;
- автоматизовану систему оплати паркувального часу, яка складається з паркувальних автоматів, що працюють від чіп-карток, безконтактних смарт-карток;
- пластикові чіп-картки, смарт-картки, квитанції, абонементні талони;
- блокіратори, евакуатори, спеціально обладнані майданчики для примусового переміщення автомобілів; пункти для оплати штрафів водіями автотранспортних засобів;
- групу контролерів, які здійснюватимуть контроль за сплатою платниками збору та послуг за парковку;
- працівників поліції, які контролюють дотримання Правил паркування, здійснюють разом з оператором функції щодо примусового переміщення транспортних засобів тощо;
- технічну службу з обслуговування паркоматів та автопарку;
- технічну службу, яка забезпечує радіозв'язок з центральним комп'ютером, статистичну обробку даних з паркоматів та штрафних санкцій;
- мережу розповсюдження чіп-карток через магазини, кіоски та інше. [3].

Відкриті площинні автостоянки на спеціальних ділянках, ізольованих від транзитного руху, з метою раціонального використання слід проектувати місткістю від 50 до 300 місць [7]. Враховуючи форму та тип земельної ділянки, призначеної для влаштування автостоянки, автомобілі можна розташовувати під різними кутами (30, 45, 60, 90°) відносно поздовжньої осі проїздів. Ширина внутрішнього проїзду та спосіб установа автомобіля залежать від конфігурації земельної ділянки. Найлегше в'їзд і виїзд автомобіля здійснюється у разі розміщення автомобілів під кутом 45°, проте найбільша місткість стоянки досягається в разі розміщення під кутом 90°. Зважаючи на те, що

габарити різних транспортних засобів неоднакові, доцільно місця для паркування диференціювати: для велосипедів, мотоциклів і моторолерів, легкових автомобілів тощо [7].

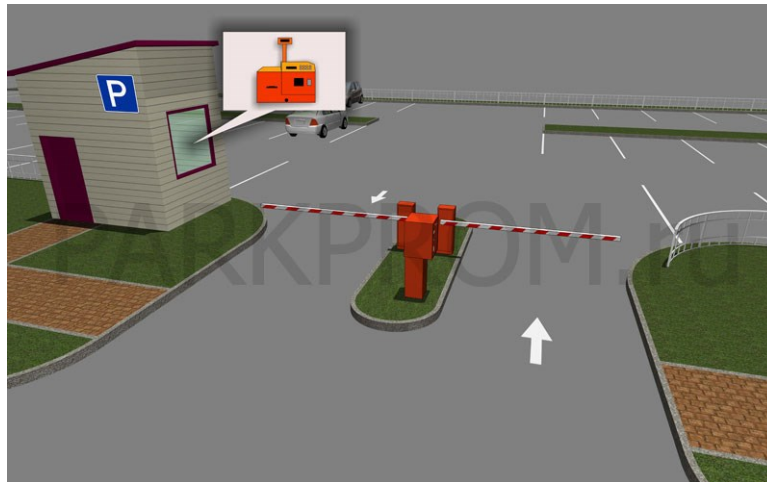


Рис. 1– Типові проекти автоматичних парковок [5]

Основними заходами вдосконалення паркувальних місць при дослідженні вулично-дорожньої мережі міст є:

- необхідність запровадження гнучкої системи тарифного регулювання у даній сфері, особливо із врахуванням часу доби;
- потрібно враховувати розвантаження дворового та між квартального простору за рахунок охорони паркувальних майданчиків;
- облаштування паркувальних майданчиків відеонаглядом;
- встановлення обмежувальних перешкод (стовпчиків) на тротуарних частинах вулиць центральної частини міста та у місцях заборони на паркування з метою звільнити тротуари від автомобілів, змусити водіїв паркувати транспортні засоби тільки у відведених для цього місцях;
- облаштування на всіх майданчиках безкоштовних місць для паркування мопедів та велосипедів у рамках сприяння користуванню компактним та екологічним транспортом.

Упорядкований та зважений розвиток системи паркінгів допоможе уникнути багатьох проблем міст. Від її розвитку залежить подальше функціонування та зростання міст, умови проживання та працевлаштування мешканців. Одним із перспективних рішень даної проблеми є побудова автоматизованих багатоповерхових та підземних паркінгів.

Будівництво багатоповерхових гаражів вимагає значних матеріальних затрат. Основним елементом у роботі багатоповерхового паркінгу є платформа підйомно-спускового механізму. Підйом автомобіля здійснюється за допомогою взаємозамінних рухомих палет, що встановлюються на підйомно-спусковий механізм, що складається з прямокутної платформи з обертальною на 360° середньою частиною. Після того як автомобіль завантажується на платформу він піднімається на необхідних поверх паркінгу і переміщується на своє парко місце. Платформа здатна піднімати автомобілі масою до 2700 кг. Розмір машино місця в багатоярусному гаражі повинен бути не менше 2,2x4,6м. У разі, коли використовується прямокутний тип паркування, мінімальна її ширина повинна становити 15 метрів, сюди включається довжина автомобіля, нормативні відступи та ширина проїзду. Для розрахунків беруться розміри «еталонного» автомобіля, зразкові габарити якого: висота – 1,6 м, ширина – 1,7 м, довжина – 4,1 м, радіус повороту – 5,5 м. [5].

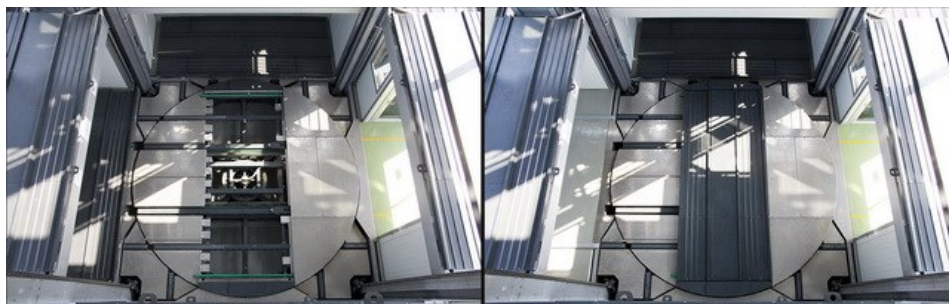


Рис. 2- Зображення платформи підйомно-спускового механізму [5]



Рис. 3- Платформа підйомно-спускового механізму із завантаженим автомобілем [5]

Необхідною умовою безперебійного функціонування паркінгу є підтримання відповідно температури повітря всередині будівлі і вологості певного рівня. У разі аварійних ситуацій повинна передбачатися можливість швидкого вивантаження автомобілів.

Існує ряд факторів які необхідно враховувати перед будівництвом паркінгів. Організувати постійне зберігання автомобілів раціонально або у великому спальному районі. Гараж необхідно будувати в пішохідній доступності від місць постійного проживання власників авто. Перед будівництвом приблизно визначається кількість і клас автомобілів, які, ймовірно, будуть паркуватися в гаражі, щоб визначити його майбутню місткість.

Гаражі для тимчасової парковки будують найчастіше в місцях масового відвідування, наприклад, біля торгових і бізнес-центрів. У цьому випадку найбільшу важливість набуває можливість розміщення автомобілів самих різних габаритів і марок, а також можливість безперешкодного виїзду.

Ще один з варіантів зберігання автомобіля – сезонний. Гаражі з кількома поверхами для сезонного зберігання ідеальні для автомобілів, що не використовуються в зимовий період і містяться у цей час на консервації.

Висновки. Якщо проаналізувати сучасний стан паркувальної мережі в Україні то можна зробити висновок, що проблема досить глобальна і кожне місто повинно вирішувати дане питання на місцевому рівні. Якщо правильно розставити пріоритети, то можливо знайти шляхи вирішенні даної проблеми, щоб зробити своє місто кращим. Прагнучи до європейських стандартів потрібно займатися повним обладнанням паркувальних місць технічними засобами, будівництвом нових паркінгів, а також виховувати культуру громадян щодо дотриманні правил паркування та оплати паркувальних послуг. За рахунок комплексної організації даних заходів можна поповнювати місцевий бюджет та значно зменшити аварійність на вулично-дорожній мережі міста.

1. Про затвердження Правил зберігання транспортних засобів на автостоянках: Постанова Кабінету Міністрів від 22 січня 1996 р. № 115 [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. — К.: CD-вид-во «Інформтехнологія» Нормативні Акти України, 2008. — 1 електрон, опт.диск (DVD-ROM): кольор.; 12 см. — Систем.вимоги: Pentium III 800 MHz; 128 Mb RAM;

2. Про затвердження Правил паркування транспортних засобів: Постанова Кабінету Міністрів України від 3 грудня 2009 р. за № 1342 //Офіційний Вісник України. — 2009. — № 96. —ст. 3314.

3. Правила паркування транспортних засобів у м. Тернополі, 21 травня 2009 Тернопільська міська рада.

4. Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/ua/news/0/1700.htm>

5. Режим доступу: <http://chistoprudov.livejournal.com/17610.html>

6. Класифікатор житла. За матеріалами Української Будівельної Асоціації. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://u-b-a.com.ua/ua/class/>

7. Шештокас В.В., Адомавичюс В.П., Юшкявичюс П.В. Гаражи и стоянки: учеб. пособие для студентов вузов по специальностям «Архитектура» и «Город. стр-во» /Под ред. В. В. Шештокаса. -М. : Стройиздат,1984. - 214 с.

REFERENCES

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2008). About approval of storage rules of vehicles in parking lots: the Resolution of the Cabinet of Ministers of January 22, 1996 № 115 Kyiv.

2. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2009). About approval of parking rules of vehicles: decree of Cabinet of Ministers of Ukraine on December 3, 2009 № 1342. *Official Bulletin of Ukraine*. No. 96.
3. Ternopil city Council. (2009). *Parking rules of vehicles in the Ternopil*.
4. Available at: <http://www.sai.gov.ua/ua/news/0/1700.htm>
5. Available at: <http://chistoprudov.livejournal.com/17610.html>
6. The housing classifier. Materials of the Ukrainian Construction Association. Available at: <http://u-b-a.com.ua/ua/class/>
7. Sestokas, V., Adomavichus, V. & Yushkyavichyus, P. (1984). *Garages and Parking*. Moscow, Stroyizdat, 214 p.

Шевчук О.С. Нарушения при обустройстве парковочных мест и транспортных средств на улично-дорожной сети города.

В статье приведены основные нарушения при обустройстве парковочных мест на улично-дорожной сети города, в том числе обустройство их техническими средствами для обеспечения максимального комфорта и безопасности при маневрировании автомобилей. Приведены пути устранения описанных нарушений с соблюдением соответствующих норм и правил по обустройству парковочных мест.

Ключевые слова: технические средства, парковочные места, паркинги, смарт-карты.

O. Shevchuk. Irregularities in the arrangement of parking spaces and vehicles on the city road network.

The main violations of parking arrangement of vehicles on the city road network are revealed in this article. In particular, the innovative technical means to ensure maximum comfort and safety when manoeuvring the vehicles are proposed. The ways to eliminate violations in compliance with relevant rules and regulations regarding the arrangement of parking spaces are depicted as well.

Keywords: technical equipment, parking spaces, garages, smart cards.

АВТОР:

ШЕВЧУК Оксана Степанівна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Технічної механіки, с/г машин і транспортних технологій», Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, e-mail: oksana_shevchuk84@ukr.net.

АВТОР:

ШЕВЧУК Оксана Степановна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технической механики, с/х машин и транспортных технологий», Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, e-mail: oksana_shevchuk84@ukr.net.

AUTHOR:

Oksana SHEVCHUK, Ph.D., senior lecturer of the Department "Technical mechanics, agricultural machinery and transport technologies", Ternopil national technical University named after Ivan Pul'uj, e-mail: oksana_shevchuk84@ukr.net.

Стаття надійшла в редакцію 09.03.2016р.

Матею Яромир, Петр Цтаржичный
АО «ВВУУ», Острава, Чешская Республика

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА – ПЕРЕДВИЖНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Возникновение химических загрязнителей у твердых частиц, пыли, в атмосфере отрицательно влияет на качество окружающей среды.

Знание местоположения и концентрации этих веществ является необходимым условием для создания эффективных мер по устранению этих рисков.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, передвижная лаборатория.

1. Введение.

Любая деятельность человека и природы является потенциальным источником загрязнения окружающей среды. Побочные продукты промышленной отрасли, выделяющиеся во внешнюю среду в виде веществ разного физического состава, - это специфическая проблематика, в основе которой лежит концентрация пыли в воздухе и химические вещества.

Воздействие данных веществ в большинстве случаев негативно влияет на окружающую среду.

Вредные вещества называются совокупностью загрязняющих веществ. Их можно разделить на выбросы и загрязнения. Выбросы – это физическое вещество, которое «выделяется» из различных источников.

Часто встречающимся источником выделений являются промышленные дымоходы, двигатели внутреннего сгорания в транспортных средствах, дымовые трубы местных отопительных систем и т.п.

Вторичные выбросы возникают посредством материалов для посыпки, ветряной эрозии почвы и иных природных процессов.

Выбросами можно назвать также различные физические величины, например, шум.

Загрязнение – это выбросы, которые вступают в реакцию с окружающей средой. В общем, данные вещества называются загрязняющими веществами. Загрязняющие вещества – это частицы, химические вещества, газы, взвешенные частицы и т.д., загрязняющие окружающую среду.

Основное разделение:

- | | |
|-------------------------------------|--|
| - оксиды азота | NO _x |
| - оксиды серы | SO _x |
| - стойкие органические загрязнители | PCDD/F, PAU, PCB |
| - озон | O ₃ |
| - пылевидные частицы | TZL-частицы пыли, размер фракции (PM ₁₀ , PM _{2,5} и т.д.) |

Прежде всего, к загрязняющим веществам относится пыль – частицы пыли в определенном состоянии.

Химические вещества и газы в значительной степени отличаются своей химической или физической нестабильностью. В практике это означает, что они не способны сохранять свои специфические свойства в свободной окружающей среде, например, для газов с высокой концентрацией существует закономерность, что в свободной среде происходит понижение концентрации до 0-го уровня под воздействием смешивания газа с окружающей средой.

Частицы пыли в большинстве случаев стабильны с точки зрения физики. Они являются носителями свойств исходного материала, включая его химический состав. Иными словами, из токсичных материалов возникает токсичная пыль и наоборот. Частицы пыли обладают также и иными свойствами, с учетом химических веществ и газов, которые повышают их специфические свойства.

При соприкосновении с химическими веществами и газами поверхность частицы пыли способна их поглощать, при этом сохраняя химическую стабильность на протяжении более длительного времени, чем в свободном пространстве. Этот принцип лежит в основе того, что из нетоксичных частиц пыли могут возникнуть токсичные частицы. Данная «обогащенная» частица пыли, вместе с иными частицами вступающая в контакт с окружающей средой, под воздействием метеорологических условий создает так называемый след, таким образом, значительно усиливая воздействие химических веществ в окружающей среде на большом расстоянии от источника выделений. При неблагоприятных атмосферных условиях значительно повышается риск образования смоговых туманов.

На основании вышесказанного следует, что пыль, взвешенные частицы, являются носителями токсичных опасных элементов.

Прежде всего, это группы частиц пыли стойких органических загрязнителей (ПХДД/Ф, ПАУ и ПХБ – более 210 веществ).

Диоксиды являются очень опасными благодаря своей химической стабильности, оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека (повреждение иммунной системы, нарушение репродуктивной функции животных, рак), а так же на способность к биоаккумуляции.

Для мониторинга возникновения загрязнения воздуха были созданы, прежде всего, стационарные места для измерений – измерительные станции.

Для определения текущего выпадения загрязнения воздуха и анализа в соответствии с фактическими потребностями предпочтение отдается передвижным измерительным станциям.

2. Передвижная станция для измерения загрязнения воздуха.

На основании вышесказанных фактов, в рамках ВТКlastru начались работы по созданию передвижной измерительной станции, которая бы помогла в решении проблем загрязнения воздуха, концентрации и выпадение пылевых осадков.

Данная станция находится в отдельном транспортном средстве, обеспечивая полную мобильность в соответствии с требованиями к измерениям.



Рис. 1 Передвижная станция

Автомобиль оснащен энергетическим оборудованием, кондиционером, тепловой изоляцией интерьера, метеорологическим блоком, устройством для определения местоположения и иными устройствами, обеспечивающими комфорт и точность в получении объективных результатов измерения.



Рис. 2 Передвижная станция - приборы

Станция была создана для работы в области загрязнения воздуха в диапазоне PM10 и PM2,5 либо ниже. Оборудование станции предусматривает модульное расширение устройств в соответствии с конкретными практическими требованиями.



Рис. 3 Непрерывный мониторинг PM 10, PM 4, PM 2,5, PM 1

Оснащение передвижной станции:

- постоянный мониторинг для определения и изображения метеорологических условий, чтобы определить источник загрязнения;
- оборудование для непрерывного отбора проб взвешенных частиц в воздухе;
- устройство для взятия проб газообразных загрязнителей;
- заборное устройство для анализа образцов (анализ элементов);
- сравнение «подписи» источника выбросов – учитывая отбор выбросов непосредственно из источника;
- определение концентрации загрязнения;
- непрерывный контроль концентрации элементов NO_x, SO₂, O₃, CO;
- непрерывный мониторинг PM 10, PM 4, PM 2,5, PM 1.

Результаты измерений лежат в основе определения основного источника загрязнений, на основании «подписи» источника выбросов, а также служат для отображения графика загрязнений в соответствующей области, сравнение состояния перед началом проведения строительных работ на определенной территории с состоянием после окончания проведения строительных работ, определение концентрации смога. Полученная информация используется для анализа состояния загрязнения и выбросов, а так же для решений по принятию мер по снижению негативного воздействия загрязнения воздуха.

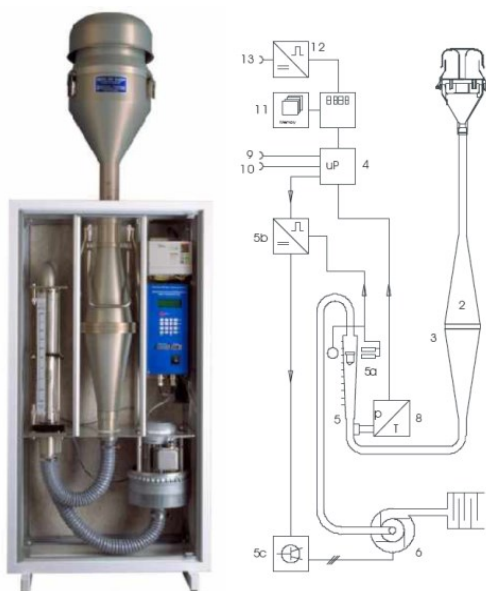


Рис. 4 Пример оборудования для отбора проб пыли и аэрозольных частиц DH 77 – Digital

3. Анализ состояния загрязнения воздуха, а так же последствий, связанных с ним.

Анализ основан на определенных параметрах источника выбросов, географического рельефа, гидрометеорологических условий и т.д.

Результатом расчетов является график концентрации загрязняющих веществ на поверхности земли под осью дымового шлейфа, в зависимости от расстояния от источника.

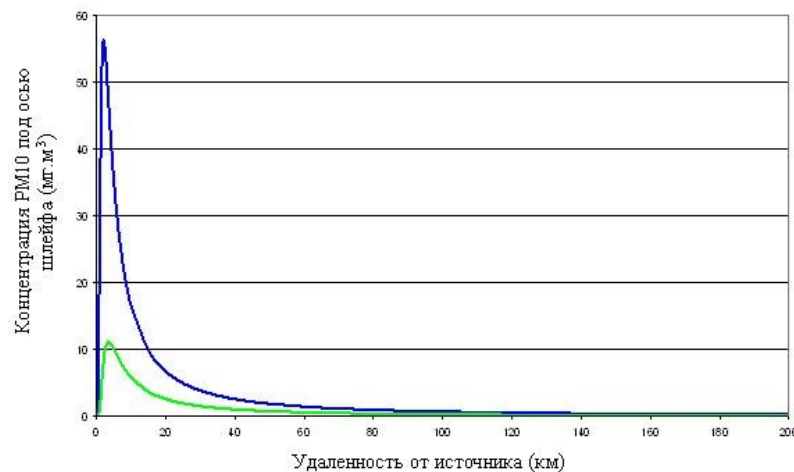


Рис. 5 Примеры графика концентрации PM10 под осью дымового шлейфа в зависимости от расстояния от источника.

Вид кривой и максимальное значение зависят от параметров источника, прежде всего от выбросов и высоты дымохода.

Поверхность под графиком кривой концентрации используется для определения источника загрязнения, а так же помогает выбрать источник загрязнения, который требует принятия мер по снижению выбросов.

4. Заключение – измерение загрязнений

Целью работы является ознакомление читателей с основной проблематикой измерения загрязнения воздуха. Измерение загрязнения воздуха лежит в основе повышения качества окружающей среды для современного человека.

Использование передвижных измерительных установок позволяет определить состояние источника выбросов и состояние загрязнения воздуха в определенной среде, а так же дает возможность для определения качества воздуха в данной области с точки зрения предельно допустимого загрязнения, позволяя в дальнейшем производить меры по снижению выбросов от источников.

1. Рожновский, Ю. Литхманн. Биоклиматология современности и будущего.
2. Р. Скрчил, З.Элфенбейн. Запыленность – глобальная проблема.
3. Ашимхиной Т.Я. Экологический мониторинг. М. 2005 - 416 с
4. Монолова Л., Тенёва М. Результаты изучения запылённости приземной атмосферы по данным содержания пыли в воздухе // Гидрология и метеорология. - 2007. - №4. - С. 45-52.
5. Český hydrometeorologický ústav. Časopis Meteorologické zprávy.

REFERENCES

1. Rozhnovskiy, Yu. & Lytkhmann, Yu. *Bioclimatology of the present and future*.
2. Skrchyl, R. & Elfenbein, Z. *Dust - a global issue*.
3. Ashymkhynoi, T.Ya. (2005). *Environmental monitoring*. Moscow, 416 p
4. Monolova, L., Teneva, M. (2007). The results of the study of surface air dusty according to the content of dust in the air. *Hydrology and Meteorology*, No.4, pp. 45-52.
5. Czech Hydrometeorological Institute. *Meteorologické zprávy. Meteorological bulletin*.

Mateju Jaromir, Peter Starzyczny. Measurement of air pollution - mobile laboratory.

The occurrence of chemical and particulate pollutants, dust in the atmosphere negatively affects the quality of the environment. Knowledge of the location and concentration of these substances is an essential condition for the establishment of effective measures to address these risks.

Keywords: air pollution, mobile laboratory.

АВТОРЫ:

Матею ЯРОМИР, АО НИИ «ВВУУ», Острава, Чешская Республика, e-mail: matejuj@vuuu.cz;
Петр ЦТАРЖИЧНЫЙ, АО НИИ «ВВУУ», Острава, Чешская Республика,
e-mail: starzycznyp@vuuu.cz.

AUTHORS:

Mateju JAROMIR, VVUU, a.s., Ostrava-Radvanice, Czech Republic, e-mail: matejuj@vuuu.cz;
Petr STARZYCZNY, VVUU, a.s., Ostrava-Radvanice, Czech Republic, e-mail: starzycznyp@vuuu.cz.

Стаття надійшла в редакцію 25.03.2016р.

ПЕРЕЛІК ЗОВНІШНІХ РЕЦЕНЗЕТІВ

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінниця, Україна

Бубутеїшвілі Л. М., професор, кафедра Автомобільного транспорту, Грузинський технічний університет, Тбілісі, Грузія

Гогінашвілі В., заступник голови Грузинської асоціації логістики, член команди Supply Chain Operations Reference (SCOR) в Грузії, Грузія

Давідич Ю.О., д.т.н., професор, професор кафедри «Транспортні системи і логістика», Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Добжанська Магдалена, кандидат технічних наук, доцент кафедри кількісних методів, Жешовська Політехніка, Жешов, Польща

Добжанський Павел, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук в управлінні, Жешовська Політехніка, Жешов, Польща

Запорожець О.І., д.т.н., професор, директор Інституту екологічної безпеки, Національний авіаційний університет, Київ, Україна

Ільченко В.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна

Крайник Л.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри «Автомобілебудування», Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Кузьмінський Р.Д., д.т.н., в.о. професора, Львівський національний аграрний університет, завідувач кафедри експлуатації та технічного сервісу машин, Львів, Україна

Лебедев А. Т., д.т.н., професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, завідувач кафедри «Трактори і автомобілі», Харків, Україна

Лобашов О.О., д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, професор кафедри транспортних систем і логістики, Харків, Україна

Поляков В.М., к.т.н., професор кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, Київ, Україна

Приймак О.В., д.т.н., професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедрою теплотехніки, м. Київ, Україна

LIST OF INVITED REVIEWERS

Victor Bilichenko, Dr. Sci. Eng., Professor, Head of Car and Transport Management Department, Vinnytsa National Technical University, Vinnytsa, Ukraine

Levan Bubuteishvili, Professor, Department of Automobile Transport Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Vazha Goginashvili, Vice Chairman of Georgian Logistics Association, Member of Supply Chain Operations Reference (SCOR) Team in Georgia, Georgia

Yuriy Davidich, Dr. Sci. Eng., professor, professor of Transport Systems and Logistics department, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

Magdalena Dobrzańska, Ph.D., Assistant Professor of Department of Quantitative Methods, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

Pawel Dobrzański, Ph.D., assistant professor of Department of Computer Science in Management, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

Oleksandr Zaporozhets, Dr. Sci. Eng., professor, director of the Institute of Ecological Safety, National Aviation University, Kyiv, Ukraine

Volodymyr Pichenko, Ph.D, Associated Professor of Department of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine

Liubomyr Krainyk, Dr. Sci. Eng., Professor, National University "Lviv Polytechnic", Head of Automotive Department, Lviv, Ukraine

Roman Kuzminskyi, Dr. Sci. Eng., Acting Professor, head of exploitations and technical service of machines Department, Lviv National Agrarian University, Lviv, Ukraine

Anatoly Lebedev, Dr. Sci. Eng., Professor, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Head of tractors and automobile the department, Kharkiv, Ukraine

Alexey Lobashov, Dr. Sci. Eng., Professor, O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy, Professor of Transport and Logistics Systems Department, Kharkiv, Ukraine

Victor Polyakov, Ph.D., Associate Professor, Professor of Automobiles department, National Transport University, Kiev, Ukraine

Oleksandr Pryimak, Dr. Sci. Eng., Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Head of Department of Thermal Engineering, Kiev, Ukraine

Рудзінський В.В., д.т.н., професор, завідувач кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство», Житомирський державний технологічний університет, Житомир, Україна

Смешек Мірослав, д.т.н., професор, завідувач кафедри кількісних методів, Жешовська Політехніка, Жешов, Польща

Солодкий С.Й., д.т.н., професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри автомобільних доріг та мостів, Львів, Україна

Телія Г.Ш., доцент кафедри залізничного транспорту, Грузинський технічний університет, Тбілісі, Грузія

Volodymyr Rudzinskyi, Dr. Sci. Eng., Professor, Head of the Automobiles and Motor-Car Economy Department, Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine

Miroslaw Śmieszek, Dr. Sci. Eng., professor, Head of Department of Quantitative Methods, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

Serhiy Solodkyy, Dr. Sci. Eng., Professor, National University Lviv Polytechnic, Department of Highways and Bridges, Lviv, Ukraine

Grigori Telia, assoc. professor of Railway transport Department, Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia

Ціна договірна

Колектив авторів

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТІ
ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC JOURNAL

Випуск 1 (5), 2016

Volume 1 (5), 2016

Видається двічі на рік

Publication Frequency:
2 issues per year

Комп'ютерний набір та верстка: І. Козачук
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 07.04.2016 р.
Формат 60x84/8. Гарнітура Times. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 19,99. Обл. вид. арк. 19,71. 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. № 207.
(м. Луцьк, вул. Бойка, 1, тел. (0332)29-90-65).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.