

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

№2 (9)

2017

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

ЛУЦЬК

LUTSK

Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017.– №2(9).– 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); **Онищук В.П.**, к.т.н., доцент (відповідальний секретар); **Самостян В.Р.**, к.т.н., доцент (відповідальний секретар); **Владут Валентин**, PhD. Eng., Національний інститут проектування машин та обладнання для сільського господарства і харчової промисловості (INMA, Румунія); **Головачук І.П.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Голячук С.Є.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Дударев І.М.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Заболотний О.В.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Захарчук В.І.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Кравченко О.П.**, д.т.н., професор, Житомирський державний технологічний університет; **Лобанова С.І.**, к.пед.н., доцент Луцький НТУ; **Марчук В.І.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Матейчик В.П.**, д.т.н., професор, Національний транспортний університет; **Мурований І.С.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Олександренко В.П.**, д.т.н., професор, Хмельницький національний університет; **Рудь В.Д.**, д.т.н., професор, Луцький НТУ; **Савчук П.П.**, д.т.н., професор, ректор Луцького НТУ; **Селезньов Е.Л.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Славінскас Стасіс**, д.т.н., професор, Університет ім. Александраса Стулгінскіса (Литва); **Цизь І.Є.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ; **Хамед Ашраф**, Dr.-Ing., ВАТ «Dornier Consulting» (Німеччина); **Бартломейчик Миколай**, доктор інженерії, Політехніка Гданська (Польща); **Шимчук С.П.**, к.т.н., доцент, Луцький НТУ.

Друкується за рішенням Вченої ради
Луцького національного технічного університету
(Протокол №3 від 31.10.2017р.)

ЗМІСТ

Dr. Hamed A., Gasukha L.
Sustainable urban mobility plan – new approach of transport planning for the development of Ukrainian cities in the course of European integration.....

Біліченко В.В., Коробов С.С.
Перспективи розвитку перевезень пасажирів автобусами в містах України

Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В.
Обґрунтування і розробка інформаційної математичної моделі оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля в умовах експлуатації.....

Грабовець В.В., Бодак В.І., Шарибура А.О., Луб П.М.
Проблеми функціонування придорожного сервісу у волинської області

Дембіцький В.М., Сітовський О.П.
Можливість застосування ланцюгів маркова для прогнозування режимів руху автомобілів

Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Розенталь К., Кауфман Г., Нікітін В.М.
Напрями подальшого підвищення ефективності наукових досліджень в національному транспортному університеті

Кайдалов Р.О.
Забезпечення стійкості положення гібридних автомобілів з трансформерною ходовою частиною

Кишун В.А.
Автомобіль не розкіш, але не в Україні

Кравченко О.П., Рафальський Є.М., Добровінський О.О.
Аналіз транспортної інфраструктури на міжнародній автотранспортній магістралі М06 (Е40)

Ланець О.С., Ройко Ю.Я., Грицунь О.М.
Вплив пішоходів на втрати часу у транспортному потоці

Літвінова Я.В.
Оптимізація структури і потужності виробничих фондів транспортних вузлів з урахуванням параметрів попиту на послуги з переробки вантажів

Монастирський Ю.А., Бондар І.В., Климов Т.А.
Математичні моделі функціонування кар'єрних самоскидів БЕЛАЗ з електромеханічною трансмісією

Мурований І.С., Онищук В.П.
Методи моделювання транспортних і пасажирських потоків

Налобіна О.О., Пуць В.С., Мартинюк В.Л.
Результати експериментального дослідження відвалу змінного модуля самохідного шасі

CONTENT

Dr. Hamed A., Gasukha L. 5
План сталої міської мобільності - новий підхід до транспортного планування розвитку українських міст на шляху європейської інтеграції.....

Bilichenko V.V., Korobov S.S. 12
Prospects for the development of passenger transportation by bus in the cities of Ukraine.....

V. Volkov, I. Gritsuk, Yu. Gritsuk, Yu. Volkov. 18
Rationale and development of mathematical model assessment information current and prediction parameters technical condition of vehicles in operation.....

V. Grabovets, V. Bodak, A. Sharybura, P. Lub. 30
Problems of the functional service function in the Volyn area

Dembitskyi V, Sitovskiy O. 36
The possibility of using Markov chains to predict the modes of traffic of vehicles.

Dmytrychenko M.F., Dmytriiev M.M., Gutarevich Y.F., Korpach A.A., Rosenthal K., Kaufman G., Nikitin V.M. 42
Directions of further increasing the scientific research efficiency at the National Transport University

R. Kaidalov 50
Ensuring the stability of the position of hybrid cars with the transformer undercarriage

V. Kyshchun. 58
Car is not a luxury, but not in Ukraine

Kravchenko O., Rafalsky Ye., Dobrovinskii O. 65
Analysis of transport infrastructure on the international motorway M06 (E40)

A. Lanets, Yu Royko, O. Hrytsun. 69
Impact of pedestrians on the loss of time in traffic flow

Ya. Litvinova. 77
Optimization of the production facilities structure and capacity of transport hubs taking into account the parameters of the demand for goods processing services.

Monastyrskiy Yu. A., Bondar I. V., Klimov T. A. 82
The mathematical models of functioning of open-pit dump-trucks BELAZ of elektromechanical transmission

I. Murovanyj, V. Onyshchuk 87
Methods of modeling transport and passenger flows

E. Nalobina, V. Puts, V. Martyniuk. 94
The results of the experimental research of the blade of replaceable modules of self-propelled chassis.

Пашкевич С.М., Кристопчук М.Є. Закономірності формування потоків пасажирів в маршрутних мережах малих міст	100 S. Pashkevych, M. Krystopchuk. Regulatory formation of passenger flows in route networks of small cities.	100
Подригало М. А., Коробко А. І., Шуляк М. Л. Експрес-метод випробувань агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки	107 M. Podrigalo, A. Korobko, M. Shulyak. Express method for testing the units and drive units of active working bodies in the mobile agricultural machinery.	107
Познаховський В.А., Кірічок О.Г. Існуючі методи оцінки конкурентоспроможності автотранспортних підприємств та шляхи їх удосконалення	113 V. Poznakhovskiy, O. Kirichok. Existing methods for assessing the competitiveness of road transport enterprises and ways to improve them.	113
Почужевський О.Д., Веснін А.В., Кристопчук М.Є. Аналіз питання експертного оцінювання дефектів пневматичних шин	118 O. Pochuzhevsky, A. Vesnin, M. Kristopchuk Analysis of questionnaire of experts evaluation of defects of pneumatic tires.	118
Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Придюк В.М., Клак Ю.В. Моделювання зрівноважених дискретно визначених поверхонь із плоским криволінійним контуром	124 S. Pustiulha, V. Samostian., V. Prydiuk, Yu. Klak. Modeling of equilibrium discrete surfaces with a flat curvilinear	124
Ройко Ю.Я., Бура Р.Р., Швець Б.В., Харчишин Т.Б. Особливості затримки в русі транспортних потоків зі значною часткою громадського транспорту	133 Yu. Royko, R. Bura, B. Shvets, T. Harchyshyn. Features of traffic flow delays with significant part of public transport.	133
Рубан Д.П., Крайник Л.В. Дослідження зміни структури матеріалу лонжеронів каркасу кузова автобуса в умовах експлуатації	139 D. Ruban, L. Kraynyk. Research of change of structure of material longerons to framework of basket of bus in the conditions of exploitation.	139
Сахно В.П., Жаров К.С., Мурований І.С., Шарай С.М. До порівняльної оцінки автопоїздів з тягачами категорії N3 та напівпричепами категорії 04 за паливною економічністю	144 V. Sakhno, K. Zharov, I. Murovanyj, S. Sharay. To a comparative evaluation of a road train with tractors of category N3 and semi-trailers of category O4 for fuel efficiency	144
Скочук М.П. Дослідження впливу щільності мережі автомобільних доріг на ефективність функціонування транспортних систем	153 Skochuk M.P. Investigation of the density of the network of highways on the efficiency of the operation of transport systems.	153
Таран І.О., Литвин В.В. Створення транспортної моделі м. Павлоград з використанням програмного комплексу PTV VISION VISUM.	160 I. Taran, V. Litvin. Preparation of the initial statistical data necessary to create a transport model of the city using the software complex PTV VISION VISUM.	160
Форнальчик Є.Ю., Виджак М.А. Оптимізація періодичності технічного обслуговування автобусів за мінімаксим критерієм	171 E. Fornalchuk, M. Vydzhak. The optimization of the periodicity of buses maintenance on the basis of a minimax criterion.	171
Перелік зовнішніх рецензентів	175 List of invited reviewers	175

SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLAN – NEW APPROACH OF TRANSPORT PLANNING FOR THE DEVELOPMENT OF UKRAINIAN CITIES IN THE COURSE OF EUROPEAN INTEGRATION

Sustainable Urban Mobility Plan is a strategic plan designed to satisfy the mobility needs of people and businesses in cities and their surroundings for a better quality of life.

In contrast to traditional transport planning approaches, the new concept places particular emphasis on the involvement of citizens and stakeholders, the coordination of policies between sectors (transport, land use, environment, economic development, social policy, health, safety, energy, etc.), between authority levels and between neighbouring authorities.

Sustainable Urban Mobility Plans require a long-term and sustainable vision for an urban area and take account of wider societal costs and benefits with the aim of “cost internalisation” and stress the importance of evaluation.

A new approach for Ukrainian cities requires training and build upon international experience.

Keywords: SUMP, transport planning approach, self-assessment, SUMP Working Group.

General formulation of the subject in general and its connection with scientific and practical tasks. Ukrainian cities have different levels of understanding and commitment to integrated planning. As such the development of a Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP) will require, at the outset, a process of consensus building between key stakeholders.

Objectives of the article are:

1. Goals and objectives of SUMP;
2. SUMP planning;
3. Measure selection;
4. SUMP Working Group;
5. Determination city potential for successful SUMP, self-assessment;
6. Major benefits of the SUMP.
7. EU support, international projects and grants.
8. Case studies, training component.

Statement of the basic material of research with full justification of scientific results.

1. Goals and objectives of SUMP.

The Sustainable Urban Mobility Plan concept considers the functional urban area and foresees that plans are developed in cooperation across different policy areas and sectors, across different levels of government and administration and in cooperation with citizens and other stakeholders [1].

A Sustainable Urban Mobility Plan has as its central goal, improving accessibility of urban areas and providing high-quality and sustainable mobility and transport to, through and within the urban area. It regards the needs of the 'functioning city' and its hinterland rather than a municipal administrative region [1].

Building on existing practices and regulatory frameworks, the basic characteristics of a Sustainable Urban Mobility Plan are:

- ▶ Long-term vision and clear implementation plan;
- ▶ Participatory approach;
- ▶ Balanced and integrated development of all transport modes;
- ▶ Horizontal and vertical integration;
- ▶ Assessment of current and future performance;
- ▶ Regular monitoring, review and reporting;
- ▶ Consideration of external costs for all transport modes.

A SUMP fosters a balanced development of all relevant transport modes, while encouraging a shift towards more sustainable modes. The plan puts forward an integrated set of technical, infrastructure, policy-based, and soft measures to improve performance and cost-effectiveness with regard to the declared goal and specific objectives. It would typically address the following topics [4]:

- ▶ Public transport
- ▶ Walking and cycling

- ▶ Intermodality
- ▶ Urban road safety
- ▶ Road transport (flowing and stationary)
- ▶ Urban logistics
- ▶ Mobility management
- ▶ Intelligent Transport Systems.

Local Planning Authorities should have mechanisms to ensure the quality and validate compliance of the SUMP with the requirements of the SUMP concept and the goals and objectives of SUMP are achieved.

2. SUMP planning.

The table below shows some of the main differences between the sustainable urban mobility planning and a “tradition” planning process.

Table: SUMP vs. traditional planning explained

TRADITIONAL PLANNING		SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLANNING
Focus on traffic	→	Focus on citizens
Primary objectives: Traffic flow capacity and speed	→	Primary objectives: Accessibility and quality of life, sustainability, economic viability, social equity, health and environmental quality.
Modal-focussed	→	Balanced development of all relevant transport modes and shift towards cleaner and more sustainable transport modes.
Infrastructure focus	→	Integrated set of actions to achieve cost-effective solutions.
Sectorial planning document	→	Sectorial planning document that is consistent and complementary to related policy areas (such as land use and spatial planning; social services; health; enforcement and policing; etc.)
Short- and medium-term delivery plan	→	Short- and medium-term delivery plan embedded in a long-term vision and strategy.
Related to an administrative area	→	Related to a functioning area based on travel-to work patterns.
Domain of traffic engineers	→	Interdisciplinary planning teams.
Planning by experts	→	Planning with the involvement of stakeholders using a transparent and participatory approach.
Limited impact assessment	→	Regular monitoring and evaluation of impacts to inform a structured learning and improvement process.

The policies and measures defined in a SUMP cover all modes and forms of transport in the entire urban agglomeration, including public and private, passenger and freight, motorized and non-motorised, moving and parking. The concept of a SUMP builds on a long-term vision for transport and mobility development; but it contains a plan for the short-term implementation strategy, including implementation schedules and budget plan, allocation of responsibilities and resources required for the implementation of policies and measures set out in the plan. The figure below illustrates the SUMP planning cycle.

3. Measure selection.

Measure selection is the process of identifying the most suitable and cost effective mobility and transport measures to achieve the vision and objectives of a Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP) and to overcome the identified local problems. Even where vision, objectives and problems are defined, it may not be obvious what measures are most appropriate.

A wide range of measures are available, such as modifying development to reduce travel demands, providing new public transport services, managing networks differently, measures on behavioural change, building new infrastructure (footways, cycleway, rail and tram lines, and roads), or charging for use of the transport system. Nevertheless, it can be difficult to identify the most appropriate.

Stakeholders, politicians and citizens will have preconceived ideas as to what should be done. Moreover the most appropriate measures may not be the most easily implementable. For instance, split responsibilities, and lack of funding can limit what measures can be implemented.

A SUMP is likely to draw on several measures, but the SUMP's performance, and implementability, will depend on how these measures are packaged. Prior to implementation each measure needs to be defined in detail, assessed in terms of its likely impact, and appraised in terms of its potential contribution [2].

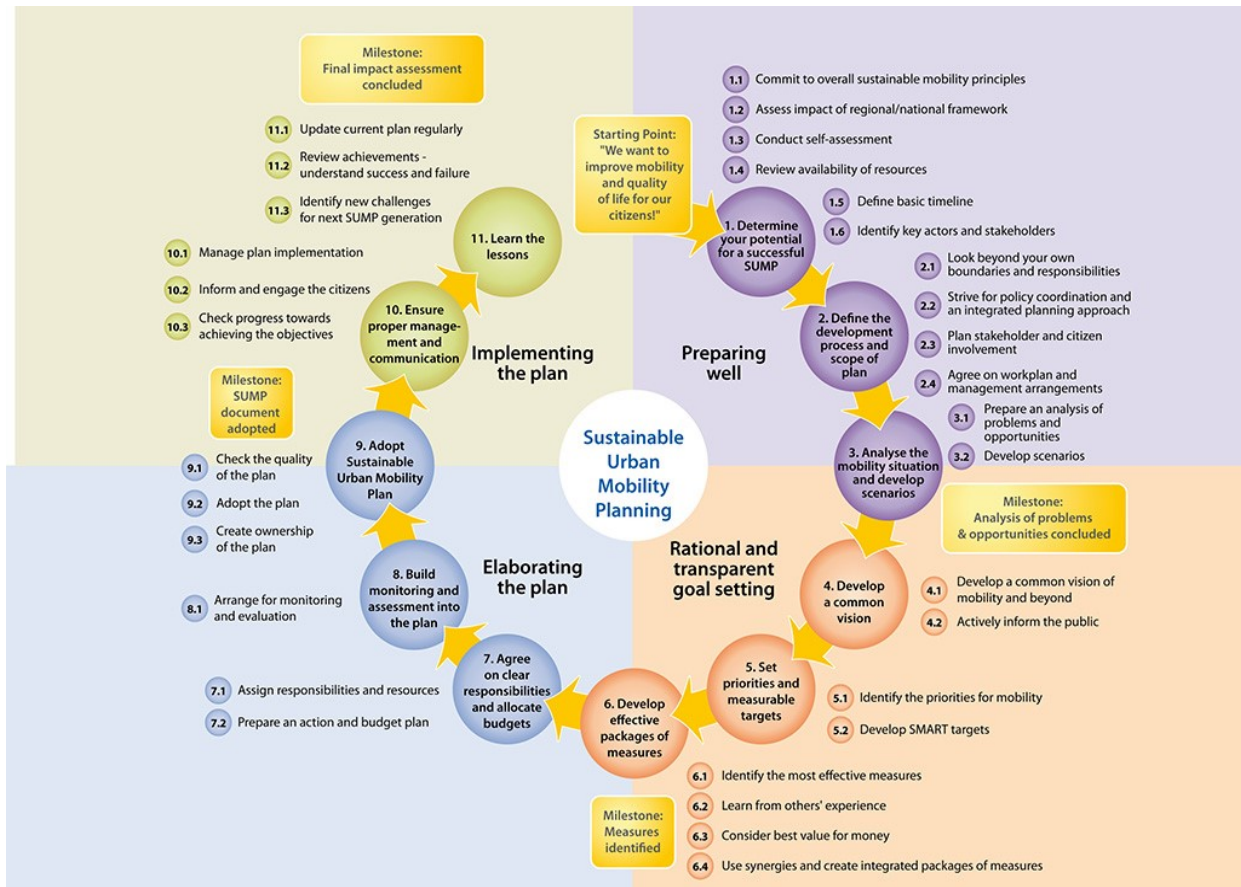


Figure: Planning cycle for a sustainable urban mobility plan

Source: Guidelines. Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan, www.eltis.org

This widely accepted approach to the SUMP development has to be adapted to the context of the City. All activities must have a time schedule and a checklist of milestones to be achieved.

4. SUMP Working Group.

It is advisable for the cities to establish a SUMP Working Group consisting of key stakeholders, local planners and decision-makers. The Working Group has to be actively involved in the development, implementation, monitoring and evaluation, as well as SUMP impact assessment activities. The workgroup must be led by mayor or deputy.

A SUMP focuses on people and their mobility needs; therefore, it has to follow a participatory and transparent approach that brings stakeholders and citizens on board from the outset and throughout the development and implementation process. Participatory planning promotes stakeholder ownership of a SUMP and the inherent policies, and makes public acceptance and support more likely, thus, minimising risks for decision-making and facilitating the plan implementation.

Stakeholders participation have to take a place to overcome barriers and to build a constructive dialogue among all involved actors in order to reach a common vision of sustainable mobility.

The planning authority responsible for the development of a Sustainable Urban Mobility Plan (SUMP) usually takes the lead in the plan preparation process. However, it should also engage with other institutional actors as cooperation can bring value, knowledge and resources to the SUMP preparation process and plan implementation.

A number of actors may be approached for SUMP cooperation, such as other departments within the local authority (e.g. environment, land use, health), municipal agencies, political bodies, neighbouring communities and higher level authorities [2].

5. Determination city potential for a successful SUMP, self-assessment.

A self-assessment at the beginning of the plan development process is needed to identify strengths and weaknesses of the current planning practices and to understand the potential to successfully prepare a Sustainable Urban Mobility Plan.

A self-assessment can be as simple as a group of people who are involved in the planning process sitting down together to discuss the strengths and weaknesses of current processes and how to improve them. An independent facilitator can help in this. If desired, this can be coupled with a full SWOT-analysis.

SUMP potential impact assessment has to be done in order to:

- 1) Describe the current situation in the City, identify gaps and deficiencies of the current planning processes.
- 2) Based on the assessment of the current situation, can be developed options for promoting the use of sustainable urban mobility planning, and raise public awareness of the benefits of a future SUMP.
- 3) Assess potential economic, environmental and social impacts of the future SUMP.

6. Major benefits of the SUMP summarized in below:

- ▶ Improving access to mobility
- ▶ Improving quality of life through improved traffic / mobility management
- ▶ Contributing to better health and environment
- ▶ Making more effective use of resources
- ▶ Winning public support
- ▶ Benefitting from ideas and comments of stakeholders and citizens
- ▶ Effectively fulfilling legal obligations
- ▶ Using synergies across governance levels
- ▶ Moving towards a new mobility culture, where long-term benefits and sustainability prevail over short-term benefits.

7. EU support, international projects and grants.

Urban Mobility Package - a step forward by the European Commission [3].

The European Commission has recently adopted a new “Urban Mobility Package” to enhance the support offered so far to cities and towns in the area of urban transport.

A step-change in the approach to urban mobility is needed to ensure that Europe's urban areas develop along a more sustainable path and that EU goals for a competitive and resource-efficient European transport system are met.

With the Urban Mobility Package, the Commission supports measures in the area of urban transport by:

- ▶ Sharing experiences, show-casing best practices, and fostering cooperation
- ▶ Providing targeted financial support
- ▶ Focusing research and innovation on delivering solutions for urban mobility challenges
- ▶ Involving the Member States and enhancing international cooperation.

In addition to the European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans, the European Commission offers support to European cities to tackle urban mobility challenges by [4]:

▶ Supporting exchange and capacity building on sustainable urban development through, among others, the European URBACT programme.

▶ Improving the quality and availability of data and statistics for urban transport systems operations and decision-making at local, regional, national and EU level.

▶ Supporting local partnerships in implementing and testing new urban mobility approaches under real-life conditions as part of the CIVITAS 2020.

▶ Providing financial support for urban mobility projects through European Structural and Investment Funds, Horizon 2020, Connecting Europe Facility as well as other financial instruments.

▶ The European Commission is working closely with the Member States to ensure the SUMP concept is adapted to the specific requirements and existing planning practices in each Member State and actively promoted at national level in order to reach hundreds of cities in Europe.

In the two Ukrainian cities Zhytomyr and Poltava SUMP will be developed in 2018 within the project funded by GIZ.

8. Case studies, training component.

The methodological approach to implementation of the successful training component on SUMP

development and implementation is based on experience in **best practice** of development and implementation of training programmes with account of pedagogical principles and adult training methods and case study based.

ON-TRUST approach to training activities grounded on the following principles:

O WNSHIP	Building on respecting existing experience and acknowledgement of knowledge constitutes a base for participants to absorb the training as their own interest.
EXCH A NGE	Allow adequate interactivity and communication among participants to exchange their experience and building network.
T RANSFER	Hands-on and easy to apply learning experiences making the transfer into workplace easy and efficient.
R ESOURCES	The needs of trainees are at the core of the approach, and their current knowledge and competences have to be considered and integrated in the overall training programme.
U NDERSTANDING	It is important that learners clearly understand the goals and impacts of the training programme. Self-directed learning with interactive training settings, variety of learning methods.
S USTAINABILITY	Learning system is grounded on the principles of sustainability, where knowledge transfer goes hand-in-hand with individual problem solving skills to ensure that the knowledge generated is efficiently applied and updated in the long-run.
T OOLS	Deploy proven methodologies and tools to turn the training into continuing education.

Cities may also consider a streamlined approach to approve the capacities and knowledge of the staff. The following a logical of actions to successful capacity training program development building.

Principles of Efficient and Successful Training Programme Development:

1. Assess Training Needs

Carefully assess what is really needed. Capitalise on the findings of the TNA carried out, and revise and update it, if deemed necessary, to make sure that the training is targeting true needs of municipalities. The training programme have to consider the knowledge and skills, which the target groups identified as important in the preliminary needs assessment and those that will be revealed through additional Training Needs Assessment exercise.

2. Set Training Objectives

The Training Needs Assessment will identify any gaps in skill sets and knowledge of the target municipalities. These gaps will be analysed and prioritised and turned into clear training objectives. Once the training objectives are set, the content of training that covers the objectives have to be created. In addition, any quizzes, tests, case studies, or hands-on exercises performed during training have to evaluate the participant' understanding of the objectives.

3. Create Training Action Plan

A comprehensive action plan includes learning theories, instructional design, content, materials and any other training elements. Resources and training delivery methods have also to be detailed. While developing the program, the level of training and participants' learning styles will be considered; gather feedback to make adjustments before launching the program to cover all target municipalities. At this stage need to be decided which trainings will be in-house and those implemented for peers from different municipalities.

4. Implement Training Programme

Program implementation includes the scheduling of training activities and organization of any related resources (facilities, equipment, etc.). During training, participants' progress have to be monitored to ensure that the program is effective. The training and other capacity building events have to be scheduled around participants' needs and availability, to ensure participation of as many participants as possible.

5. Evaluate Training

The training program should be continually monitored. At the end, the entire program has to be evaluated to determine if it was successful and met training objectives. Feedback have to be obtained from all stakeholders to determine program and instructor effectiveness and knowledge or skill acquisition.

Conclusions and Recommendation.

To satisfy the mobility needs of people and businesses of Ukrainian cities should:

- ▶ Determine their potential for a successful SUMP;
- ▶ Analyse the mobility situation and develop scenarios;
- ▶ Develop a common vision and engage citizens;
- ▶ Set priorities and measurable targets;
- ▶ Develop effective measures;
- ▶ Elaborate the plan;
- ▶ Implement the plan.

1) Концепція планів стійкого розвитку міської мобільності. (2013 р.) Європейська Комісія. Брюссель. Отримано з https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/urban_mobility_actions/sump_en [англійською мовою].

2) Інструмент самооцінки (2016) Рупреш Консалт Форшунг і Бератунг ГмбХ. Отримано з <http://www.sump-challenges.eu> [англійською мовою].

3) Керівні принципи - Розробка та впровадження плану сталої міської мобільності. (2013) Френк Веферінг, Зігфрід Рупрехт, Себастьян Бурманн, Сюзанн Бёлер-Байдекер Рупрехт Консалт - Форшунг і Бератунг ГмбХ. Європейська платформа зі сталого планування міської мобільності. Отримано з <http://www.poly-sump.eu/sumps-in-europe> [англійською мовою].

4) Концепція ПСММ. Елтис. Обсерваторія міської мобільності. Отримано з <http://www.eltis.org/mobility-plans/sump-concept> [англійською мовою].

REFERENCES

1) A concept for sustainably urban mobility plans. (2013) European Commission. Brussels. Retrieved from https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility/urban_mobility_actions/sump_en [in English].

2) Self-Assessment Tool (2016) Rupprecht Consult- Forschung & Beratung GmbH. Retrieved from <http://www.sump-challenges.eu> [in English].

3) Guidelines – Developing and implementing a Sustainable urban mobility plan. (2013) Frank Wefering, Siegfried Rupprecht, Sebastian Вьhrmann, Susanne Вьhler-Baedeker Rupprecht Consult – Forschung und Beratung GmbH. European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans. Retrieved from <http://www.poly-sump.eu/sumps-in-europe> [in English].

4) The SUMP concept. Eltis. The urban mobility observatory. Retrieved from <http://www.eltis.org/mobility-plans/sump-concept> [in English].

Др. Хамед А., Гасуха Л. План сталої міської мобільності - новий підхід до транспортного планування розвитку українських міст на шляху європейської інтеграції.

План сталої міської мобільності є стратегічним планом, розробленим для задоволення потреб у мобільності жителів та підприємств міста та прилеглих територій для кращої якості життя.

На відміну від традиційних підходів до транспортного планування, акцентом нової концепції є залученню громадян і зацікавлених сторін, координація політики між секторами (транспорт, землекористування, охорона навколишнього середовища, економічний розвиток, соціальна політика, охорона здоров'я, безпека, енергетика тощо) між рівнями влади та органами влади одного рівня.

План сталої міської мобільності вимагає довгострокового і сталого бачення міської місцевості і приймає до уваги широке коло соціальних витрат і вигод з метою «інтерналізації вартості» з особливим акцентом на важливість оцінки.

Новий підхід для українських міст вимагає навчання та застосування міжнародного досвіду.

Ключові слова: ПСММ, підхід до транспортного планування, самооцінка, робоча група ПСММ.

Др. Хамед А., Гасуха Л. План устойчивой городской мобильности - новый подход к транспортному планированию развития украинских городов на пути европейской интеграции.

План устойчивой городской мобильности является стратегическим планом, разработанным для удовлетворения потребностей в мобильности жителей и предприятий города и прилегающих территорий для лучшего качества жизни.

В отличие от традиционных подходов к транспортному планированию, акцентом новой концепции является привлечение граждан и заинтересованных сторон, координация между секторами (транспорт, землепользование, охрана окружающей среды, экономическое развитие, социальная политика, здравоохранение, безопасность, энергетика и т.д.) между уровнями власти и органами власти одного уровня.

План устойчивой городской мобильности требует долгосрочного и устойчивого видения городской местности и принимает во внимание широкий круг социальных затрат и выгод с целью «интернализации стоимости» с особым акцентом на важность оценки.

Новый подход украинских городов требует обучения и использования международного опыта.

Ключевые слова: ПУГМ, подход к транспортному планированию, самооценка, рабочая группа ПУГМ.

AUTHORS:

Ashraf HAMED, Dr.-Ing., transport engineer Chief Consultant. Director Eastern Europe and Central Asia. Dornier Consulting International GmbH. Berlin. Germany. E-mail: ashraf.hamed@dornier-consulting.com

Larysa GASUKHA, senior consultant Dornier Consulting International GmbH. Kyiv. Ukraine. E-mail: larysa.gasukha@dornier-consulting.com

АВТОРИ:

Ашраф ХАМЕД, доктор технічних наук, транспортний інженер, головний консультант. Директор представництва у Східній Європі та Центральній Азії компанії «Дорнієр Консалтинг Інтернешенал ГмбХ». Берлін. Німеччина. E-mail: ashraf.hamed@dornier-consulting.com

Лариса ГАСУХА, страший консультант компанії «Дорнієр Консалтинг Інтернешенал ГмбХ». Київ. Україна. E-mail: larysa.gasukha@dornier-consulting.com

АВТОРЫ:

Ашраф ХАМЕД, доктор технических наук, транспортный инженер, главный консультант. Директор представительства в Восточной Европе и Центральной Азии компании «Дорниер Консалтинг Интернешенал ГмбХ». Берлин. Германия. E-mail: ashraf.hamed@dornier-consulting.com

Лариса ГАСУХА, страший консультант компании «Дорниер Консалтинг Интернешенал ГмбХ». Киев. Украина. E-mail: larysa.gasukha@dornier-consulting.com

Стаття надійшла в редакцію 17.10.2017р

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

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ АВТОБУСАМИ В МІСТАХ УКРАЇНИ

Розглянуто перспективи розвитку перевезень пасажирів в містах України. Проаналізовано долю різних видів міського пасажирського транспорту в загальному обсязі перевезень. Встановлено важливість автобусних міських пасажирських перевезень в містах України. Проаналізовано фактори суттєво впливаючі на організацію і якість міських пасажирських перевезень автобусами.

Ключові слова: розвиток пасажирського автомобільного транспорту, перевезення пасажирів, розвиток мережі.

Постановка проблеми. Пасажирський транспорт - важлива складова частина виробничої інфраструктури України. Його стійке і ефективне функціонування є необхідною умовою стабілізації, підйому і структурної перебудови економіки, забезпечення цілісності країни а також покращення умов і підвищення рівня життя населення.

Метою державної політики в галузі пасажирських перевезень є гарантоване і ефективне задоволення потреб в безпечному і якісному перевезенні пасажирів і використання соціальних, ресурсозберігаючих, природоохоронних і мобілізаційних вимог в умовах ринкових відносин.

Для сучасного пасажирського транспорту характерна значна різноманітність видів, кожен із яких має свої специфічні особливості, переваги та сфери застосування. Тому його можна вважати комплексом взаємопов'язаних галузей. Транспорт поділяють на складові частини, передусім, за середовищем, в якому здійснюється переміщення людей. За цим підходом транспортний комплекс складається із сухопутного, водного та повітряного. У сухопутному виділяються автомобільний, залізничний; у водному – морський та річковий. Специфічною галуззю транспортного комплексу є міський пасажирський. Усі види транспорту взаємодіють між собою і становлять транспортну систему, що розвивається під впливом господарства в цілому та окремих його видів..

Кількість міського населення за результатами Всеукраїнського перепису складала 32 млн. 574 тис. осіб, 67,2% його сконцентровано у 37 містах з кількістю населення від 100 до 500 тис., 9 міст налічували понад півмільйона жителів, у 5 з них кількість населення перевищувала мільйон осіб. Це визначає важливість міського пасажирського транспорту в господарському комплексі країни [1].

Основне призначення міського пасажирського транспорту – перевезення пасажирів. Процеси урбанізації в Україні, швидкі темпи зростання населення, особливо у великих містах, потребують постійного розвитку міського транспорту. Від ефективності його роботи значною мірою залежать ритмічність функціонування всього господарського комплексу країни, узгодженість і взаємодія магістральних транспортних ліній. Зростання масштабів перевезень, енергетична криза, екологічні проблеми призводять до постійної структурної перебудови міського транспорту.

До основних видів міського пасажирського транспорту належать трамвайне, тролейбусне, автобусне сполучення й метро.

Мета роботи – виявити та дослідити перспективи розвитку перевезень пасажирів автобусами в Україні в цілому в тому числі перевезення пасажирів в містах.

Результати дослідження. У переважній кількості міст склалася розвинена мережа пасажирських перевезень, що забезпечує транспортну інтеграцію районів в єдину систему. Проте наявність великої кількості перевізників і рухомого складу зумовлює значні труднощі в організації процесу перевезень та оперативному управлінні ним. На окремих маршрутах транспортні засоби розподілені нерівномірно. Недостатнє заповнення рухомого складу, вагома частка пільгових категорій пасажирів, великі експлуатаційні витрати, незадовільні дорожні умови, значні витрати на ремонт застарілого парку транспортних засобів є основними чинниками, що визначають низьку ефективність пасажирських перевезень. У таких умовах громадський транспорт перестає відігравати визначальну роль для перевезення пасажирів у місті.

Якщо розглянути розподіл обсягів перевезень пасажирів між ж окремими видами міського пасажирського транспорту на прикладі окремих міст (наприклад міст Вінниця та Дніпро) то можна констатувати що у місті Вінниця перевезення пасажирів здійснюються тролейбусами, трамваями та автобусами у місті Дніпро окрім зазначених видів наявним є ще й метрополітен.

Розподіл обсягів перевезень пасажирів окремими видами міського пасажирського транспорту у м. Вінниці у відсотках наведено на рис. 1, у м. Дніпро на рис.2

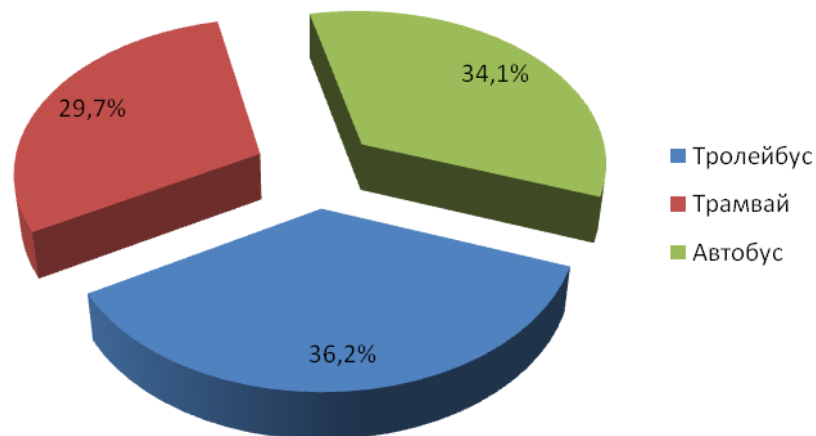


Рис.1 - Розподіл обсягів перевезень пасажирів окремими видами міського пасажирського транспорту у м. Вінниці

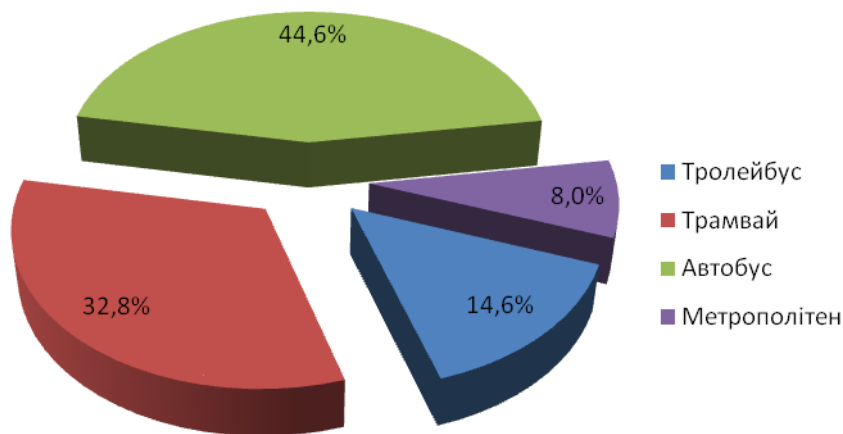


Рис.2 - Розподіл обсягів перевезень пасажирів окремими видами міського пасажирського транспорту у м. Дніпро

Як видно з діаграм, обсяг перевезень пасажирів майже рівномірно розподіляється між окремими видами міського наземного пасажирського транспорту. При цьому автомобільний пасажирський транспорт забезпечує від 34,1% обсягів перевезень у м. Вінниці до 44,6% у м. Дніпро. Тому вдосконалення організації пасажирських автомобільних перевезень є актуальним і своєчасним для міст України.

Слід також зазначити що більшість міст України має автобусне сполучення. Автобуси є єдиним громадським транспортом для 412 з 460 міст України та понад 96% сільських населених пунктів. За всіма показниками цей вид міського транспорту перевищує всі інші види. Одним з основних недоліків автобусного сполучення, особливо у великих містах, є те, що автобуси дуже забруднюють навколишнє середовище. Однак за останні 10 років перевезення цим транспортом збільшилося майже на 40 %.

На сьогодні в Україні пасажирські перевезення здійснюють близько 23,5 тис. ліцензованих перевізників. Мережа автобусних маршрутів нараховує близько 23 тис. маршрутів міського, приміського, міжміського і міжнародного сполучення, з них 3,5 тис. міських маршрутів, 12,5 тис. приміських, міжміських близько 6,5 тис та близько 500 міжнародних маршрутів. [2].

Як було наведено вище провідне місце в міських пасажирських перевезеннях займає автобусний транспорт. Підвищення рівня автомобілізації ускладнює організацію пасажирських перевезень. Введення ринкових відносин на міському пасажирському транспорті потребує удосконалення методів організації перевезень з урахуванням наявності великої кількості перевізників різних форм власності. Окрім того, удосконалення методів організації пасажирських перевезень повинно супроводжуватись удосконаленням підсистем фінансового забезпечення, а також контролю

за роботою транспорту. Таким чином, проблеми міського пасажирського транспорту являються комплексними. Результати виконаного дослідження вказують на актуальність удосконалення міських пасажирських перевезень з урахуванням ринкових відносин та сучасних способів і методів регулювання пасажирських перевезень.

Оскільки автомобільний транспорт є майже повністю приватним, особливої уваги потребує опрацювання питання покращення статистичної інформації щодо перевезень, необхідної для вдосконалення планування у транспортному секторі на основі національної транспортної моделі у зв'язку з іншими видами транспорту, щоб забезпечити раціональне використання транспортної інфраструктури та формування державної політики, спрямованої на зниження негативного впливу автомобільного транспорту щодо безпеки руху та навколишнього середовища.

Одним з основних факторів, що впливають на розвиток пасажирського автомобільного транспорту є відсутність на ринку автопідприємств державної форми власності. В той же час, цей сектор ринку залишається достатньо відкритим, що у свою чергу є одним із основних чинників удосконалення конкурентного середовища. Це сприяє підвищенню рівня якості транспортних послуг при перевезенні пасажирів автомобільним транспортом.

Перед транспортниками стоять завдання своєчасно задовольняти потреби в перевезеннях, вдосконалювати організацію перевезень, забезпечити повне транспортне обслуговування, підвищувати якість і ефективність роботи, оновлювати структуру транспортних засобів, розвивати і вдосконалювати виробничо-технічну базу, впроваджувати прогресивні технології, підвищувати рівень безпеки перевезень, знижувати негативний вплив на навколишнє середовище, забезпечувати впровадження комп'ютерних систем в організацію та управління рухом, проводити маркетингові дослідження з метою конкуренції на ринку транспортних послуг.

Якість обслуговування на автобусних маршрутах загального користування визначається втратами часу пасажирів на поїздку, рівнем наповнення пасажирських салонів, наданням додаткових послуг, які супроводжують процес перевезень.

Для досягнення визначених показників необхідно забезпечити плановий рівень заданих параметрів руху: регулярності; інтервалу руху; швидкості сполучення; забезпечення необхідної кількості транспортних засобів, що відповідає пасажиропотоку; надання послуг на зупинках, автостанціях та додаткових послуг окремим категоріям пасажирів.

Показники якості транспортного обслуговування на період до 2020 року та заходи щодо їх реалізації є основними завданнями регіональних програм розвитку автотранспорту загального користування. Якісний рівень транспортного обслуговування населення може бути досягнутий при наступних показниках: збільшення рухомості населення з 170 до 210 поїздок на рік; досягненні середнього інтервалу руху за добу - 11 хв., у години пік - 5-6 хв.; швидкості сполучення - 19-21 км/год.; середнього навантаження на 1 м² вільної площі салону в години пік - до 5 чол., між піковий період - до 3 чол.; забезпечення регулярності руху не нижче 95 % [2].

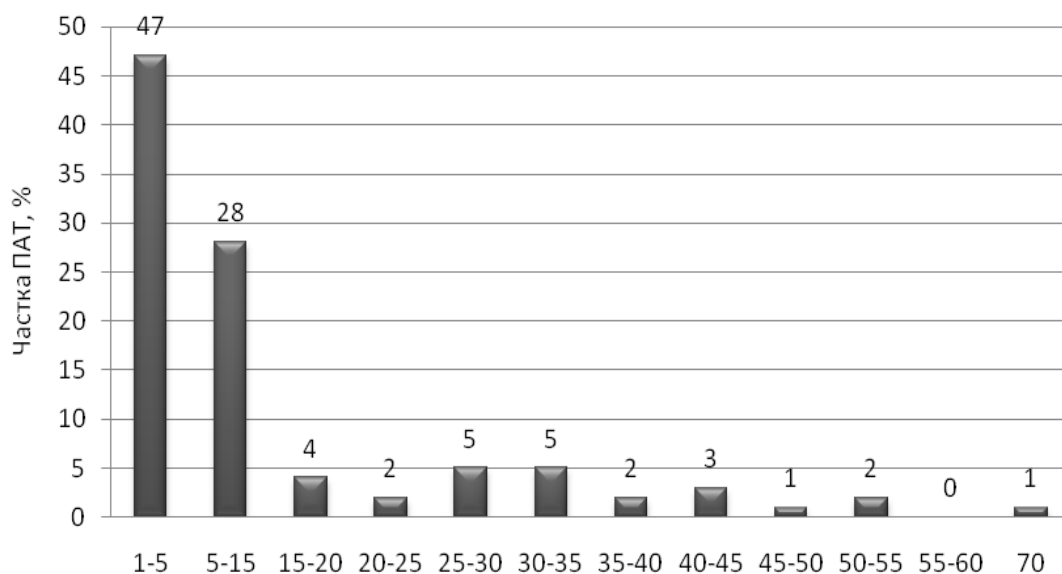
Як показав проведений аналіз однією з причин яка суттєво ускладнює ефективне функціонування пасажирського автомобільного транспорту загального користування є вікова структура парку транспортних засобів [1, 2], яка безпосереднім чином впливає на експлуатаційну надійність кожного окремого автобуса і парку в цілому [3, 5] а також розмір підприємств який характеризується кількістю транспортних засобів. Вікова характеристика може відобразитися термінами служби (у роках), або пробігами автобусів з початку експлуатації (у тис. км).

В Україні ліцензію на пасажирські автотранспортні послуги отримали понад 57 тис. перевізників, в тому числі на ринок послуг щодо пасажирських перевезень автомобільним транспортом вийшло понад 30 тис. перевізників різних форм власності, які мають до 10 автобусів. Вони не можуть утримувати кваліфікованих інженерно-технічних фахівців, не мають відповідної власної ВТБ, тощо [2].

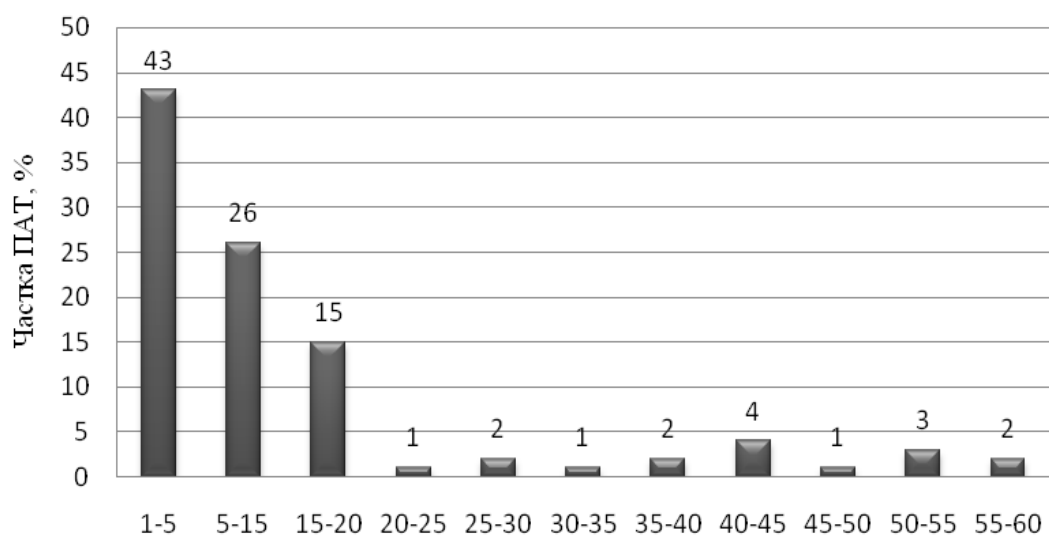
Станом на 1 січня 2016 р. кількість підприємств, які здійснювали пасажирські перевезення і мали до 5 одиниць автобусів, складала 47% від загальної кількості ліцензованих перевізників у м. Вінниця та 43% – у Вінницькій області (рис. 3, 4).

Значно застарів парк автобусів підприємств перевізників України. Так, частка автобусів віком понад 10 років становить 70%. Вікова структура парку автобусів, які здійснюють перевезення пасажирів у м. Вінниця та Вінницькій області, представлена нижче (рис.5-6). Як видно, близько 60 % автобусів різної пасажиромісткості, які здійснюють пасажирські перевезення, мають вік від 5 до 15 років.

Можна очікувати, що парк автобусів такої вікової структури має, поряд із іншими проблемами (відносно менша продуктивність, більший шкідливий вплив на навколишнє середовище тощо), значно більші витрати на проведення технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) [6].



Кількість автобусів в ПАТ, од
Рис. 3 – Розподіл ПАТ за кількістю одиниць автобусів у м. Вінниця.



Кількість автобусів в ПАТ, од
Рис. 4 – Розподіл ПАТ за кількістю одиниць автобусів у Вінницькій області.

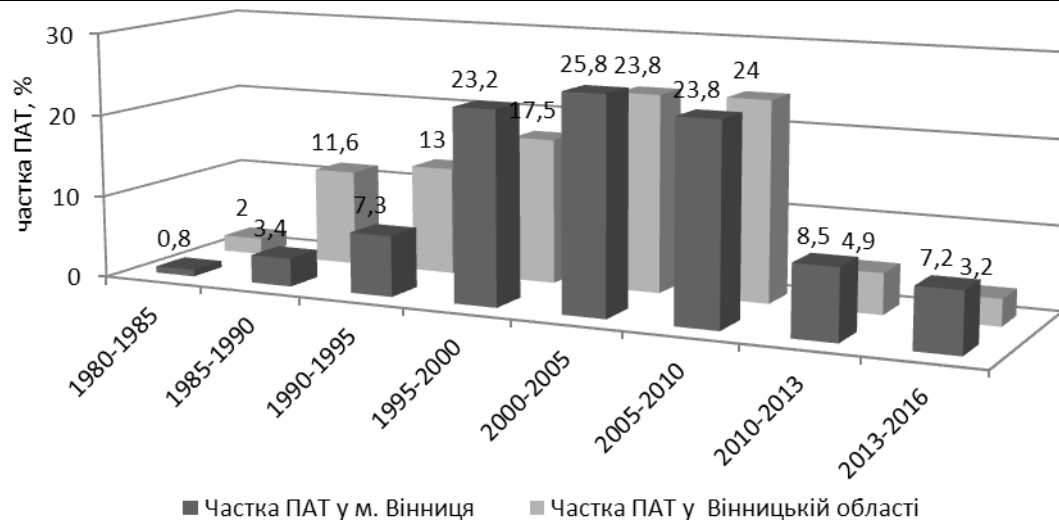


Рис. 5 – Розподіл автобусного парку за віком у місті Вінниця та Вінницькій області.

Висновки. На сьогодні в Україні міські пасажирські перевезення автобусами є досить поширеними. Автобусні перевезення є єдиним видом громадського пасажирського транспорту для 412 з 460 міст України. Доля автобусних перевезень для середніх та великих міст є теж досить значною і складає від 34,1 до 44,6 %. Виходячи з вище наведеного проблема підвищення ефективності використання міських автобусів яка нерозривно пов'язана з їх надійністю є досить актуальною. Факторами які суттєво ускладнюють цю проблему є значний термін експлуатації наявного парку автобусів та незначна кількість рухомого складу на автотранспортних підприємствах що є характерним для пасажирських автотранспортних підприємств України..

1. Всеукраїнський перепис населення. – [Електроний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tomenko.ua/docs/content.php?id=pc01-2003>. (дата звернення 30.09.2017). – Назва з екрана.
2. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку : монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; за заг. ред. А. М. Редзюка. – К. : ДП «ДержавотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
3. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования. – М.: Альфа- М: ИНФРА-М, 2008. – 288 с.
4. Формальчик Є.Ю., Гілевич В.В. Взаємозв'язок між технічним станом автобусів та їх розгінними швидкостями під час проїзду перехресть // Автошляховик України. – 2013. – № 6 (236). – С. 5–7.
5. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
6. Марчук М. М. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту: ретроспектива, стан та проблеми розвитку / М. М. Марчук, М. П. Скочук, С. В. Морозюк // Вісник НУВГП. – 2009. – № 2 (46). – С. 314–321.

REFERENCES

1. Site of the All-Ukrainian Population Census. - [Site of the Politic intitute]. Retrieved from : <https://www.tomenko.ua/docs/content.php?id=pc01-2003>. [in Ukraine].
2. Redzyuk, A.M. (2005). Motor transport of Ukraine: state, problems, prospects: monograph. State Motor Transport Research and Design Institute. State Enterprise "State Automobile Research and Development Project". Kyiv: [in Ukraine].
3. Golovin, S.F. (2008). Technical service of transport machines and equipment. Moscow INFRA-M [in Russia].
4. Fornalchik, E.Yu. & Gilevich V.V. (2013). Interconnection between the technical condition of buses and their accelerating velocities at the intersection of the journey . «Collection of Roadster of Ukraine» (Vols. 6 (236)), (pp. 5-7). Kyiv: [in. Ukraine].
5. Kuznetsov, E.S. (1990). Management of technical operation of automobiles. Moscow: Transport [in Russia].
6. Marchuk, M.M., Skchuk, M. P., Morozyuk, M. P. (2009). *Production and technical basis of enterprises of motor transport: retrospective, state and problems of development*. Bulletin of NUVGP. (Vols 2 (46)), (pp. 314-321). Rivne: NUVGP [in Ukraine].

Биличенко В.В., Коробов С.С. Перспективы развития перевозок пассажиров автобусами в городах Украины.

Рассмотрены перспективы развития перевозок пассажиров в городах Украины. Проанализированы судьбу различных видов городского пассажирского транспорта в общем объеме перевозок. Установлено важность автобусных городских пассажирских перевозок в городах Украины. Проанализированы факторы существенно влияющие на организацию и качество городских пассажирских перевозок автобусами.

Ключевые слова: развитие пассажирского автомобильного транспорта, перевозки пассажиров, развитие сети.

Bilichenko V.V., Korobov S.S. Prospects for the development of passenger transportation by bus in the cities of Ukraine.

The prospects of the development of passenger transportation in the cities of Ukraine are considered. The fate of different kinds of urban passenger transport in the total volume of transportation is analyzed. The importance of bus urban passenger transportation in the cities of Ukraine was established. The factors that significantly affect the organization and quality of urban passenger transport by bus are analyzed.

Keywords: development of passenger motor transport, passenger transportation, network development..

АВТОРИ:

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

КОРОБОВ Сергій Сергійович, аспірант кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Вінницького національного технічний університет, e-mail: dabl-s@ukr.net

АВТОРЫ:

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

КОРОБОВ Сергей Сергеевич, аспирант кафедры «Автомобили и транспортные технологии», Винницкого национального технического университет, e-mail: dabl-s@ukr.net

AUTHORS:

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

KOROBOV S.S., postgraduate student of the Department of Automobile and Transportation Technologies, Vinnytsia National Technical University, e-mail: dabl-s@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 9.10.2017р.

Волков¹ В.П., Грицук¹ І.В., Грицук² Ю.В., Волков¹ Ю.В.
¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет
² Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОГО І ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В статті обґрунтовано і запропоновано варіант розробки інформаційної математичної моделі оцінювання поточного і прогнозування технічного стану автомобіля в умовах експлуатації з використання засобів ITS. Запропоновані формальні залежності для реалізації інформаційного формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS на основі дистанційно отриманої інформації про фактичні параметри їх технічного стану.

Ключові слова: інформація, моніторинг, транспортний засіб, діагностика, технічний стан, прогнозування, параметри, дорога.

Вступ. Для ефективної роботи автомобілів і в цілому транспортних засобів (ТЗ) необхідно постійно здійснювати їх конструктивну модернізацію та використовувати нові технологічні і інформаційні методи та підходи вибору стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) ТЗ. Конструктивна модернізація ТЗ, полягає у широкомасштабному використанні електронних (комп'ютерних, інформаційних) систем, які контролюють різноманітні процеси, що протікають під час виконання поставлених завдань перед ТЗ, забезпечують інформатизацію означених процесів, оптимізують та планують їх роботу, а також створюють умови для проведення моніторингу параметрів технічного стану. При цьому важливим завданням є оптимізація та обґрунтування комплексу технічних дій для поліпшення ТО або Р й забезпечення високого коефіцієнту технічної готовності ТЗ в умовах експлуатації, що змінюються у часі [1].

Використання ТЗ в нестаціонарних умовах експлуатації вимагає постійного контролю фактичного його стану, проведення необхідних технічних дій з обслуговування для забезпечення належного працездатного стану. Подібна інтерпретація умов використання ТЗ можлива лише за рахунок моніторингу технічного стану, які ґрунтуються на обробці апріорної інформації, безперервній діагностиці та прогнозуванні параметрів їх технічного стану. У зв'язку з цим перед науковцями, що займаються питаннями експлуатації ТЗ, стоїть проблема забезпечення повноцінного зв'язку між процесами експлуатації ТЗ і параметрами умов експлуатації [2, 3], й узагальнення та удосконалення методів прогнозування технічного стану ТЗ [1]. Урахуванню та контролю параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації приділяється багато уваги, тому питання побудови систем моніторингу в різних сферах діяльності ТЗ не втрачають своєї актуальності [4].

Актуальність досліджень. Ефективність функціонування ТЗ, як складної технічної системи залежить від його технічного стану [1]. У зв'язку з цим впливає проблема керування технічним станом ТЗ в експлуатації на основі даних, отриманих в процесах моніторингу технічного стану та при прогнозуванні основних параметрів стану. Розв'язанню цієї проблеми присвячені численні роботи Барзиловича Є.Ю. [5], Міхліна В.М. [6], Полянського А.С [7], Бажинова А.В. [8], Волкова В.П. [9], Кравченка О.П. [10], Сухарева Є.А. [10], Ауліна В.В. [12, 13], Грицука І.В. [14, 15] Матейчика В.П. [16], Гутаревича Ю.Ф. [17] тощо.

Постановка задачі. Задача визначення особливостей розробки математичних моделей оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля може бути вирішена використанням бортового інформаційного програмно-діагностичного комплексу і інфраструктури автомобільних доріг (автотранспорту), для чого необхідно обґрунтувати і розробити інформаційну математичну модель оцінювання поточного і прогнозування параметрів технічного стану автомобіля в умовах експлуатації.

Результати досліджень. Процеси моніторингу параметрів стану трактують як систему заходів спостереження та контролювання, що проводяться для оцінювання стану об'єкту дослідження, аналізу процесів, що відбуваються, та своєчасного виявлення тенденцій його зміни [4]. Основним принципом організації системи моніторингу є безперервність пооб'єктного контролю та облік інформації для забезпечення ефективного контролю та прийняття рішень щодо першочерговості впровадження заходів реагування, вирішення завдань транспортного менеджменту. Моніторинг є

одним з елементів системи управління ТЗ в умовах експлуатації, особливості якої (цілі, завдання, об'єкти) зумовлюють додаткові вимоги до способу виконання моніторингу та системи оцінюючих показників. Створення інформаційного простору моніторингу ефективності експлуатації ТЗ з урахуванням ієрархічності та багатооб'єктності умов експлуатації є важливим завданням. [4, 18 - 20]

Моніторинг ТЗ - одна з функцій менеджменту стану і умов експлуатації ТЗ, заснована на зборі інформації про об'єкт дослідження та спрямована на дотримання режимів функціонування, встановлених значень показників використання та виконання запланованих заходів. Це комплекс заходів для реалізації основних функцій: спостереження, оцінювання технічного стану об'єкту, прогнозування та контролювання, конкретизованих специфікою об'єкту дослідження та поставленими задачами. Це певним чином організований інструмент інформаційного забезпечення управління експлуатації ТЗ для контролювання, оцінювання, аналізування і прогнозування технічного стану об'єкта управління на основі безперервного процесу збору, обробки, відображення інформації про параметри технічного стану об'єкту дослідження та його показники використання [4].

Моніторинг параметрів технічного стану транспортних засобів автомобільного транспорту - це постійне і синхронізоване спостереження за їх технічним станом за множиною фіксованих технічних параметрів. Сучасні бортові системи моніторингу параметрів технічного стану в умовах ITS дозволяють здійснювати ідентифікацію ТЗ, безперервне автоматичне вимірювання параметрів, що характеризують технічний стан ТЗ, діагностування, а саме контроль справності ТЗ і його складових елементів, розпізнавання і запобігання розвитку відмов у його роботі і в кінцевому рахунку – забезпечення функціонування системи ТО і ремонту ТЗ за технічним станом [21 – 24, 9].

Процеси технічної експлуатації сучасних ТЗ доцільно розглядати як складну динамічну систему, функціонування якої відбувається при дії різних випадкових факторів як зі сторони внутрішніх процесів в їх агрегатах та системах так і при дії процесів (умов) зовнішнього середовища [1, 3].

Дослідниками виявлено [1, 13], що зовнішнє середовище може вносити невизначеність та випадковість вихідних даних і ситуацій, та випадковим чином змінювати характер взаємодії між складовими частинами агрегатів та систем ТЗ. В таких динамічних системах можуть виникнути випадкові збурення, що являють собою помилки вимірювання діагностичних параметрів та похибки при перетворенні інформації, дії різного роду перешкод, внаслідок появи неврахованих, але об'єктивно діючих причин [1].

Суттєва просторова протяжність, складність і розподіленість умов експлуатації ТЗ та транспортної інфраструктури зі своїми особливостями і різноманіттям можуть вважатися об'єктом автоматизації сучасних інформаційних систем в умовах інтелектуальних транспортних систем (ITS).

Знання основ теорії експлуатації транспортних засобів є фундаментом при розробці прогресивних систем нормування і планування на транспорті за допомогою сучасних інформаційних систем [25]. Більшість завдань в процесі удосконалення методів оперативного управління роботоздатності автомобіля, які вирішують технічні служби експлуатації ТЗ, мають інформаційну складову оцінювання: дорожніх умов експлуатації ТЗ в частині висоти дороги над рівнем моря, прокольного профілю (рельєфу місцевості), типу і стану дорожнього покриття; ремонту, будівництва і обслуговування об'єктів дорожньої інфраструктури; їх моніторинг; прогнозування можливих аварійних ситуацій, транспортних умов в частині насиченості і інтенсивності руху ТЗ, особливостей вантажу, режиму і швидкості руху; атмосферно-кліматичних умов, культури експлуатації ТЗ тощо [26, 2 - 3]. Перераховані та подібні їм завдання поки в основному вирішуються застарілими методами, які вже не забезпечують необхідної якості і ефективності [26]. Оцінка умов експлуатації, аналіз планів і профілів автомобільних доріг, як правило, складаються вручну в паперовому вигляді, оновлення карт і схем здійснюється вкрай рідко, дані про стан більшості об'єктів не систематизовані і, відповідно, важкодоступні. Така ситуація ускладнює завдання керування класифікацією умов експлуатації ТЗ в інформаційних умовах ITS.

На основі виконаних в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті досліджень розроблена єдина експлуатаційна класифікація умов роботи ТЗ, що базується на офіційних документах. Класифікація успішно використовується для любых експлуатаційних розрахунків і має пряме відношення до технічної експлуатації автомобілів, тому що визначає навантажувальні, швидкісні і температурні режими роботи агрегатів ТЗ [25, 2]. Тому висвітлення і розвиток цього питання при дистанційному визначенні умов експлуатації ТЗ в реальному часі в умовах ITS при здійсненні дистанційного моніторингу параметрів технічного стану ТЗ можливо вважати доцільним.

Система моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації складається з великої кількості

елементів, які характеризуються відповідними вихідними умовами, знаходяться на різних ієрархічних рівнях і мають свої особливості функціонування. Це є складна динамічна система із чітко впорядкованою ієрархічною структурою, розгалуженою мережею взаємозв'язків між її елементами, яка розвивається в просторі та часі. Діяльність складної виробничої системи визначається технологічними процесами, які реалізують її суб'єкти відповідно до цільової спрямованості в рамках предметної області. Кожен суб'єкт моніторингу має властиві процедури – алгоритми функціонування, розрахунку, результати яких використовуються в алгоритмах суб'єктів різних ієрархічних рівнів. Після завершення процедур управління та удосконалення відповідних технологічних процесів відбувається зміна стану предметної області, тобто зміна (підвищення) рівня оцінки роботоздатності об'єкту дослідження. У цілому модель функціонування суб'єктів моніторингу ефективності функціонування може бути представлена як сукупність таких компонентів: моделі об'єктів, що беруть участь в структурних зв'язках; моделі параметрів, що визначають результати функціонування суб'єктів; моделюючих алгоритмів, що встановлюють правила функціонування об'єктів і зміни значень їх параметрів тощо. Така модель є динамічною і відображає не лише поточний стан об'єктів, але й зміну їх стану в часі.

Однією із складових дослідження можливості дистанційного отримання інформації про умови експлуатації ТЗ в умовах ITS є формування і дослідження методики застосування класифікації умов експлуатації ТЗ. Розглянемо основні питання створення методики застосування класифікації умов експлуатації в інформаційних умовах ITS на прикладі руху окремого ТЗ при взаємодії з інфраструктурою автомобільних доріг в реальних умовах експлуатації.

Система моніторингу умов експлуатації в частині дорожніх і транспортних умов повинна відстежувати кожен несправність шляху з прив'язкою до місця розташування і в її розвитку, включаючи аналіз всіх можливих причин її виникнення, періодичність виникнення, повторюваність тощо, а також особливості розташування об'єктів інфраструктури автомобільних доріг.

Моніторинг і аналіз умов експлуатації ТЗ неможливо повноцінно забезпечити без формування системної взаємодії із інфраструктурою автомобільних доріг. Функціонування системи моніторингу умов експлуатації ТЗ неможливо без використання існуючих і розробки спеціального програмного забезпечення сучасних інформаційно-програмних комплексів. Для вирішення поставленої задачі потрібно забезпечення системного поєднання: інформаційної структури моніторингу технічного стану ТЗ, дослідження умов експлуатації ТЗ і розробка предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану і умов експлуатації ТЗ в процесах дистанційного моніторингу в умовах ITS. Означені системи являють собою складний комплекс бортових і стаціонарних технічних та програмних засобів. Створена система моніторингу з використанням інформаційних технологій дозволяє здійснювати дистанційний збір, обробку та надання оперативної інформації в реальному часі, відображати стан шляху на карті, використовувати статистичні дані всіх проїздів, автоматично виявляти і відзначати критичні місця, що дозволяє швидко приймати рішення і оперативно реагувати на нештатні ситуації тощо.

Інформаційна система моніторингу (ИСМ) стану і умов експлуатації ТЗ включає в себе сукупність стаціонарних і мобільних (бортових щодо ТЗ) систем збору і передачі інформації.

Система збору є телекомунікаційною мережею обміну даними, яка може використовувати всі способи передачі даних. Стаціонарні пости виконують комунікаційні функції і найпростіші функції контролю. Ці функції забезпечують отримання контрольовано-вимірювальної і технологічної інформації від бортових систем, контроль часу руху ТЗ в заданих пунктах, збір інформації про комунікації і споруди, передачу даних в інформаційний програмний комплекс (ІПК) [26].

Ядром розподіленої ІСМ є робоче місце мережі моніторингу ТС, яке будується на базі інформаційно-обчислювальної системи з використанням розробленого інформаційного програмного комплексу з використанням базового і розробленого програмного забезпечення.

Основний принцип інформаційного обміну між елементами ITS, а саме ТЗ і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації та побудови ІСМ полягає в тому, що в ній ТЗ є не тільки об'єктом контролю і управління, але також джерелом постійно поновлюваної інформації про стан умов його експлуатації. Тобто вона є сучасною контрольовано-вимірювальною системою, яка накопичує і зберігає інформацію про технічний стан ТЗ, умови його експлуатації в межах ділянки руху, а також приймає рішення при виявленні небезпечної, аварійної ситуації або несправності ТЗ.

До складу інформаційного забезпечення системи входять наступні складові:

- система збору, накопичення і розповсюдження інформації про технічний стан ТЗ в умовах експлуатації;

- автоматизовані інструментальні засоби діагностики технічного стану ТЗ і автомобільних доріг;
- база географічних даних про стан дороги та об'єкти інфраструктури автомобільних доріг;
- система збору та передачі даних;
- комплекс завдань контролю стану і планування умов експлуатації ТЗ;
- засоби візуалізації результатів моніторингу шляху і зв'язку з водієм і іншими учасниками руху.

Загальна задача формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS, як складної системи, базується на отриманні інформації про фактичний технічний стан, методи і засоби її реалізації при вирішенні конкретних науково-технічних задач, оцінки, перевірки відповідності встановленим обмеженням, засобам для його забезпечення, критеріям оцінювання отриманих показників та визначення взаємозв'язку між ними.

Задачу забезпечення формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS на основі інформації про фактичні параметри їх технічного стану можливо виразити як побудову функції:

а) в процесах моніторингу і діагностування технічного стану

$$\begin{cases} F_{ts}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{S_i}K_{t_i}) \Rightarrow S_{y.e.TЗ} \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.TЗ}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left(\begin{pmatrix} e_{y.e.TЗ,тр} \\ e_{y.e.TЗ,дор} \\ e_{y.e.TЗ,а.к} \\ e_{y.e.TЗ,ке} \end{pmatrix}, r \right)^J = S_{y.e.TЗ} \end{cases} \quad (1)$$

б) в процесах прогнозування технічного стану

$$\begin{cases} F_{(t+k\Delta t)} \left(\begin{matrix} \bar{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, k, \bar{X}_i(t + k\Delta t), \bar{X}_i(t + (k - 1)\Delta t), \dots, \\ \bar{X}_i(t + (k - n)\Delta t), DTC_{S_i}K_{t_i(t+k\Delta t)} \end{matrix} \right) \\ \Rightarrow S_{y.e.TЗ}(t + k\Delta t) \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.TЗ}(t+k\Delta t), r)^J = \Omega_l^{m_i} \left(\begin{pmatrix} e_{y.e.TЗ,тр(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.TЗ,дор(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.TЗ,а.к(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.TЗ,ке(t+k\Delta t)} \end{pmatrix}, r \right)^J = S_{y.e.TЗ}(t + k\Delta t) \end{cases} \quad (2)$$

де F_{ts} – інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації у відповідний момент часу; \bar{H}_t – вектор органа(ів) керування енергетичної установки ТЗ (координата задатчика(ів) органа керування) в часі t ; t – поточний час процесу моніторингу; Δt – інтервал часу між вимірюваннями в процесах моніторингу; $\bar{X}_i(t)$ при $i = 1, \dots, m$ – характеристики технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, що виміряні і входять в перелік ретроспективних впливових факторів (основні параметри технічного стану ТЗ в умовах експлуатації); n – кількість інтервалів (число вимірювань) у минулі періоди моніторингу; m – кількість вимірюваних характеристик (параметрів) технічного стану ТЗ; $DTC_{S_i}K_{t_i}$ – результати моніторингу кодів (DTCs (діагностичних кодів) несправностей ТЗ; Ω – оператор відображення; $S_{y.e.TЗ}$ – система визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ (в представленому випадку система $S_{y.e.TЗ}$ являє собою відображення властивостей підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації $e_{y.e.TЗ}$ ТЗ та їх відношень r для m_i по J в l); m_i – кількість засобів отримання інформації (засобів спостереження) в (для) ТЗ; l – зв'язки між засобами спостереження і підоб'єктами визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ; $e_{y.e.TЗ}$ – множина підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ ($e_{y.e.TЗ,тр}$ – транспортні; $e_{y.e.TЗ,дор}$ – дорожні; $e_{y.e.TЗ,а.к}$ – атмосферно-кліматичні; $e_{y.e.TЗ,ке}$ – культура експлуатації); r – множина відношень між основними умовами експлуатації ТЗ; J – завдання визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ; $F_{(t+k\Delta t)}$ – прогнозована інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідний момент часу в процесі виконання своїх функцій (в процесі роботи ТЗ за призначенням) в майбутньому на інтервалі упередження довжиною $(t + k\Delta t)$ в залежності від відомих значень у минулому, в заданому інтервалі прогнозування δ с заданою довірчою ймовірністю p ; k – кількість

(число) інтервалів прогнозованих значень параметрів технічного стану у майбутньому, визначає тип прогнозу – короткотерміновий, середьотерміновий тощо при прогнозованих умовах експлуатації відповідно ($e_{y,e.T3(t+k\Delta t)}$).

Для визначення предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації при проведенні його моніторингу будемо використовувати діаграми потоків даних (DFD - Data Flow Diagramm) [27 - 30]. Розроблена діаграма (рис. 1) потоків даних (DFD) являє собою самий верхній описовий рівень системи моніторингу ТЗ. Подальше уточнення моделі потоків даних проводимо шляхом декомпозиції об'єктів, які складають її.

Джерелами первинної інформації про технічний стан ТЗ в системі моніторингу технічного стану (рис. 1) виступають «Учасники процесу моніторингу ТЗ (користувачі), засоби моніторингу», «Процес експлуатації ТЗ в умовах експлуатації», «Умови експлуатації ТЗ в процесах моніторингу» тощо, що вважаємо «зовнішніми сутностями» [31 - 33]. До функціональних завдань інформаційної системи моніторингу ТЗ відносимо ідентифікацію, моніторинг параметрів і діагностування технічного стану ТЗ та оцінка умов експлуатації ТЗ засобами ITS.

Потоками даних в системі моніторингу ТЗ, що розглядається, будуть дані, які одержуються від учасників процесу моніторингу ТЗ, від відповідних засобів моніторингу, від учасників експлуатації ТЗ про умови експлуатації ТЗ і процеси експлуатації ТЗ під час моніторингу, які в подальшому обробляються, передаються і зберігаються, а також команди і запити, що циркулюють між комунікаційним обладнанням учасників процесу моніторингу. У загальному випадку згідно нотації «Йордона - Де Марко» [34] схема функціонування інформаційної системи моніторингу ТЗ представлена на рис. 1. Згідно вимог і завдань до інформаційної системи в частині програмного забезпечення (ПЗ), вона реалізує вирішення наступних задач моніторингу ТЗ: збирання даних з ТЗ; зберігання даних; ідентифікація ТЗ у просторі і в системі моніторингу; побудова функціональних залежностей у часі; моніторинг параметрів технічного стану ТЗ з можливостями їх прогнозування; ідентифікація умов експлуатації; діагностування стану ТЗ і перевірка відповідності стану ТЗ отриманим параметрам моніторингу за визначеними параметрами.

В межах розробленої DFD-діаграми [35], розроблено структуру моделі інформаційного забезпечення системи моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, яка показана на рис. 2. При її формуванні в умовах ITS, для проведення формалізації основних процесів, застосовано методологію структурного аналізу і проектування SADT (Structured Analysis and Design Technique). Вихідними даними для проведення моніторингу технічного стану ТЗ, у відповідності до положень методології IDEF0, особливостей конструктивного виконання ТЗ і особливостей умов експлуатації, є інформація про технічний стан ТЗ, що отримується дистанційно. На рис. 2 показана розроблена структурована інформаційна модель ІПК «IdenMonDiaOperCon (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) «HNADU-16»».

Основними етапами обробки інформації про технічний стан ТЗ в ІПК є ідентифікація ТЗ в просторі, системі моніторингу і нестационарних умовах експлуатації; збирання вихідних даних про параметри технічного стану ТЗ, в умовах експлуатації; прогнозування параметрів стану ТЗ; ідентифікація умов експлуатації; діагностування стану, збирання повідомлень і даних діагностування ТЗ; перевірка відповідності дійсного стану ТЗ отриманим параметрам і умовам експлуатації, в процесі моніторингу.

Висновок. Обґрунтований і запропонований варіант розробки інформаційної математичної моделі оцінювання поточного і прогнозування технічного стану автомобіля в умовах експлуатації з використання засобів ITS при роботі в межах віртуального підприємства з експлуатації автомобільного транспорту і запропоновані формальні залежності для реалізації інформаційного формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS на основі дистанційно отриманої інформації про фактичні параметри їх технічного стану.

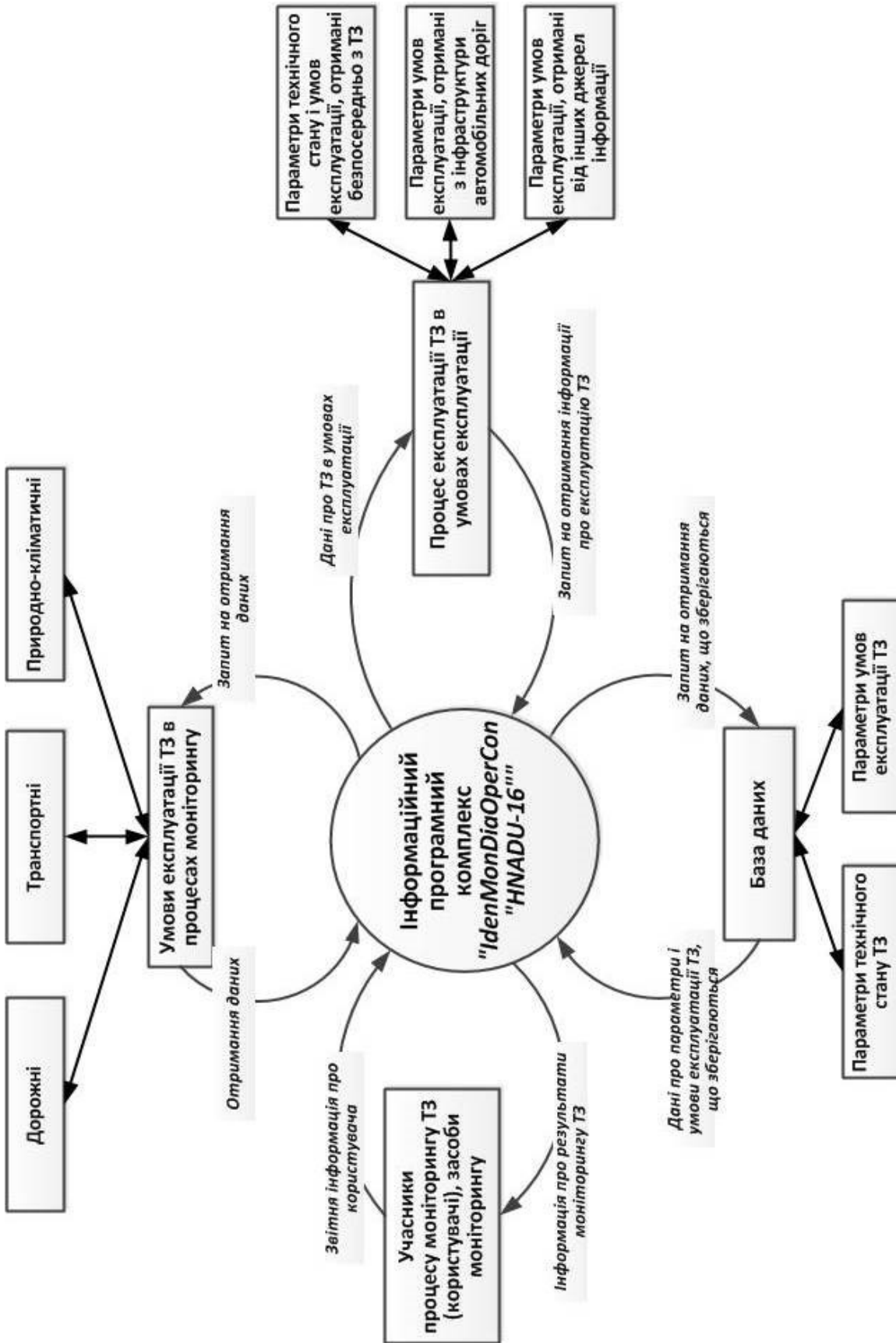


Рисунок 1 – DFD-діаграма функціонування інформаційної системи моніторингу ТЗ

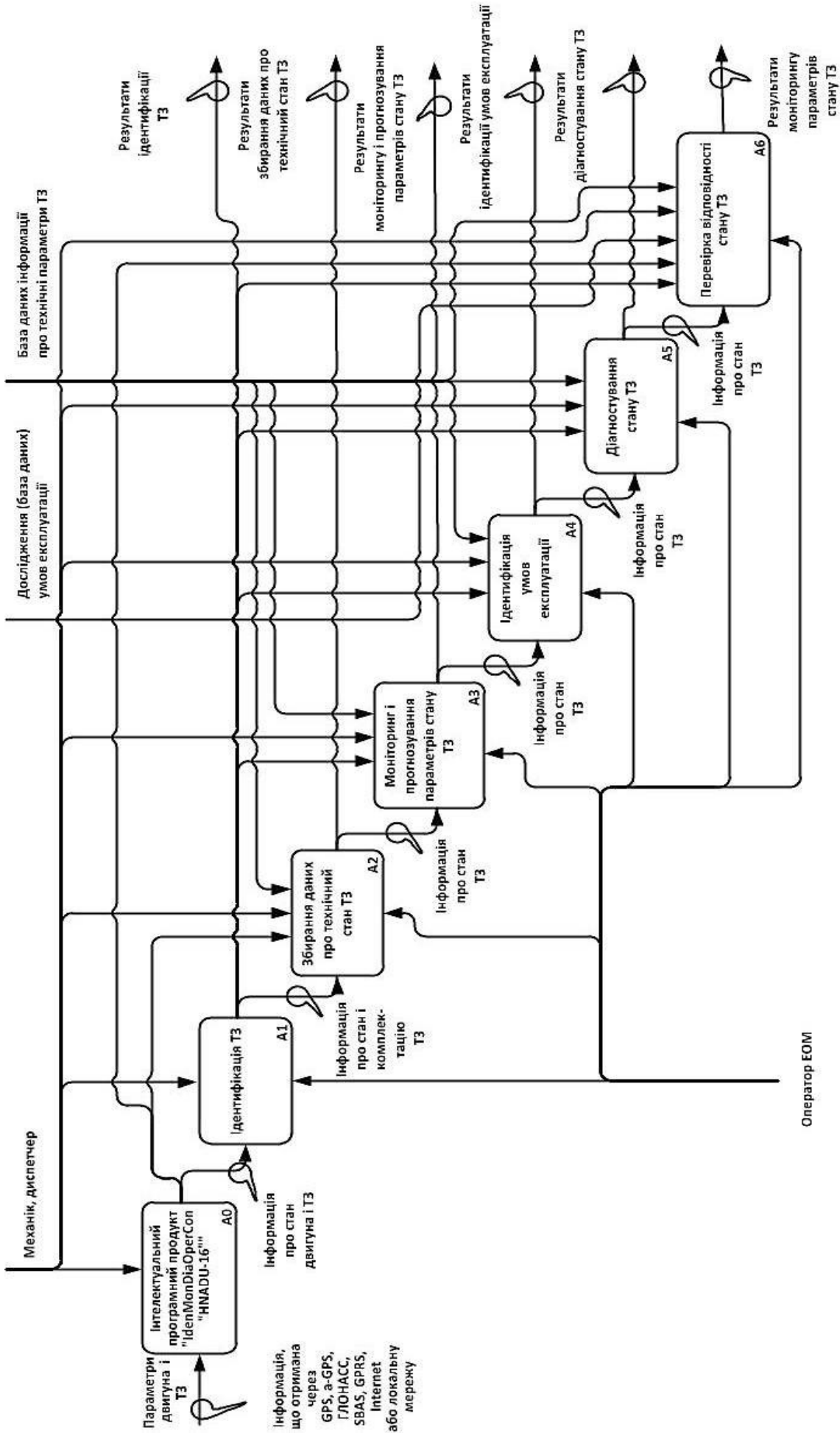


Рисунок 2 – Структурована інформаційна модель ІПК "IdenMonDiaOperCon (Identification, Monitoring technical condition, Diagnosis, Operating conditions of the vehicle under ITS) "HNADU-16"

1. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів / А.В. Гриньків // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. 29, 2016, С. 25 - 32
2. Говорушенко Н.Я. Системотехника автомобільного транспорту (расчетные методы исследований): монографія / Н.Я.Говорушенко. Харьков: ХНАДУ, 2011. - 292 с.
3. Говорушенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / [Н.Я.Говорушенко]. - Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. - 312 с.
4. Давиденко Л.В. Побудова інформаційного простору моніторингу ефективності енергоспоживання в системах комунального водопостачання / Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, вип. 29, 2016, С. 178 - 184
5. Барзилович Е.Ю. Эксплуатация авиационных систем по состоянию: монография / Е.Ю. Барзилович, В.Ф. Воскобоев. - М.: Транспорт, 1981. - 197с.
6. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М.Михлин. - М.: Колос, 1984. - 335с.
7. Полянський А.С. Підвищення точності прогнозування надійності агрегатів і систем техніки на стадії проектування / А.С. Полянський // Вісник ХТУ (ХПІ): сб науч. тр. - 2002. - №10, Т.1. - С. 130 - 134.
8. Бажинов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса автомотора: монография / А.В. Бажинов. - Х.: ХГАДГУ, 2001. - 96с.
9. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуре и прогрессе интеллектуальной транспортной системы: монография / В.П.Волков, В.П.Матейчик, П.Б.Никонов [и д.р.]; Под. ред. В.П.Волкова - Донецк: Изд-во "Ноудмедж" (Донецкое отделение), 2013 - 398 с.
10. Кравченко О.П. Прогнозування фактичного терміну експлуатації та призначення нормального ресурсу шин вантажних автомобілів / О.П. Кравченко, О.П. Сакно, О.В.Лучіков // Вісник ДААТ. - 2011. - №4. - С.89-95.
11. Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надежности машин: монография / Э.А Сухарев. - Ровно: издательство УГАВХ, 1997. - 162с.
12. Аулін В.В. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості / В.В. Аулін, А.В. Ериньків, Т.М. Замота // Вісник Інженерної академії України. - 2015. - №.3. - С. 66-73
13. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегії технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Ериньків // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування. - 2015. - № 28. - С. 126-132.
14. Грицук І.В. Особливості моніторингу, діагностування і прогнозування параметрів технічного стану транспортних засобів в процесі експлуатації в умовах ITS / І.В. Грицук // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування: междунар.науч.-техн.конф., 24-25 вересня 2015 р.: сб. материалов. - Херсон: Херсонська державна морська академія. 2015 - С. 54-55.
15. Грицук І.В. Особливості структури інформаційного програмного комплексу моніторингу, діагностування і прогнозування технічного стану транспортного засобу в умовах ITS / І.В. Грицук // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті: междунар.науч.-техн.конф., 15-16 жовтня 2015 р.: сб. материалов. - Харків. ХНАДУ, Харків, 2015. - С.123-125.
16. Матейчик В.П. Контроль роботи транспортного двигуна з використанням інформаційних технологій / В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Двигатели внутреннего сгорания // Научно-технический журнал. Харьков: НТУ "ХПИ". - 2013. - №2. - С. 27-31.
17. Гутаревич Ю.ф. Обґрунтування структури вимірювального комплексу для дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу з системою прогріву й тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву / Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, Д.С. Адров, А.П. Комов, Д.М. Трифонов. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. - Х. : НТУ «ХПІ». - № 10 (1053). - 170 с. - 2014. - с.55-62.
18. Троицкий-Марков Т.Е., Сенновский Д.В. Принципы построения системы мониторинга энергоэффективности / Т.Е. Троицкий-Марков, Д.В. Сенновский // Мониторинг. Наука и безопасность. - 2011. - № 4. - С. 34-39.
19. Давиденко Л.В. Функції енергетичного моніторингу складних виробничих систем та їх завдання для підвищення рівня енергоефективності / Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко, Н.В. Коменда, Н.В. Ярмольська // Вісник ХНТУСЕ. Технічні науки. Випуск 153 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. - Харків: ХНТУСЕ, 2014. - С.125-127.
20. Розен В.П. Формування інформаційного поля для оцінювання рівня енергоефективності систем комунального водопостачання / В.П.Розен, Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського. - Кременчук: КДПУ. -2010. - Вип. №4 (63). - С. 50-53..
21. Волков В.П. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / В.П. Волков, І.В. Грицук, А.П. Комов, Ю.В. Волков // Вісник Національного транспортного університету. - 2014. - Вип. 30. - С. 51-62.
22. Ахмедов Т.Н. Основы системы контроля состояния транспортного средства в процессе выполнения перевозок / Т.Н. Ахмедов, С.В. Жанказиев, А.Е.Финкель / Научные аспекты развития транспортно-телематических систем - М.: МАДИ, 2010 - с. 138 - 164.
23. Ахмедов Т.Н. Принципы определения статусов неисправностей в телематической системе контроля технического состояния автомобиля в реальном времени / Т.Н. Ахмедов / Научные аспекты развития транспортно-телематических систем - М.: МАДИ, 2010 - с. 165 - 180.

24. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). с.138-144.
25. Говорущенко Н.Я. Системотехніка транспорту (на прикладі автомобільного транспорту) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харків: РІО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
26. Алексеев В.В. ГИС мониторинга транспортных сетей / В.В. Алексеев, Н.И. Куракина, Н.В. Орлова, А.А. Минина // Data+. Геоинформационные системы для бизнеса и общества. №2 (69). 2014 [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=17802&SECTION_ID=1058.
27. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс: Учеб. Пособие. / Н.А. Гайдамакин – М.: Гелиос АРВ, 2002. - 368 с.
28. Мауэргауз Ю.Е. Информационные системы промышленного менеджмента. / Ю.Е. Мауэргауз – М.: Филинь, 1999.
29. Кулешов А.П. Информационная модель как основа проектирования корпоративных автоматизированных информационных систем / А.П. Кулешов // Информационные технологии.- 2006. - № 3. - С. 26-30.
30. Атрощенко В.А. К вопросу выбора алгоритмов решения задачи синтеза оптимальных структур распределенных баз данных на предприятиях хлебопекарной промышленности / В.А. Атрощенко, Д.В. Тишковский // Пищевые технологии КубГТУ. 2009. - №4.
31. Тишковский Д.В. Особенности методики создания информационной системы предприятий хлебопекарной промышленности/ Д.В. Тишковский // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4 [Электронный ресурс] URL: www.science-education.ru/104-6824 (дата обращения: 10.10.2012).
32. Атрощенко В.А. Технические возможности повышения ресурса автономных электростанций энергетических систем. Монография. / В.А. Атрощенко, Ю.Д. Шевцов, П.В. Яцынин, Р.А. Дьяченко, М.Н. Педько. – Краснодар: Издательский Дом - Юг, 2010. - 192 с.
33. Махаммад М.Д. Разработка информационной системы для дизельных электростанций с возможностями прогноза их технического состояния: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.01 / Махаммад Мааз Джасем Махаммад; ГОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар, 2009. – 23 с.
34. Современные методологии описания бизнес-процессов – просто о сложном / Методология DFD в нотациях Гейна-Сарсона и Йордана-Де Марко [Электронный ресурс] / Betek К вершинам мастерства . [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.betek.ru/index.php?id=6&sid=29> – 04.12.2016 г
35. Волков В.П. Формування предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков// Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці. Збірник наукових праць за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, ХНАДУ, 2017. – С. 33 – 35.

REFERENCES

- Hrynkiv, A. (2016) Using of forecasting techniques to manage the technical condition of aggregates and systems of vehicles [Vykorystannia metodiv prohnozuvannia v keruvanni tekhnichnym stanom ahrehativ ta system transportnykh zasobiv]. *Technic in agriculture, industrial machine building, automation [Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia]*. Vol. 29, 2016, pp. 25 – 32.
- Hovorushchenko, N. (2011) *System technic of vehicles (calculation methods of research) [Systemotekhnika avtomobil'noho transporta (raschetnye metody yssledovanyy)]*. Khar'kov, KhNADU Publ. 292 p.
- Hovorushchenko, N. (1984) *Technical operation of cars [Tekhnicheskaya ekspluatatsiia avtomobyley]*. Khar'kov, Vyshcha shkola Publ. 312 p.
- Davydenko, L. & Davydenko, V. (2016) The construction of information space of monitoring of efficiency of energy consumption in municipal water supply system [Pobudova informatsiinoho prostoru monitorynhu efektyvnosti enerhospozhyvannia v systemakh komunalnoho vodopostachannia] *Technic in agriculture, industrial machine building, automation [Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia]*. Vol. 29. pp. 178 – 184
- Barzyl'ovych, E. & Voskoboev, V. (1981) *Operation of aviation systems on state [Ekspluatatsiia avyatsionnykh system po sostoyannyu]*. Moscow, Transport Publ. 197 p.
- Mykhlyn, V. (1984) *Management of reliability of agricultural machinery [Upravlenye nadezhnost'yu sel'skokhozyaystvennoy tekhniki]*. Moscow, Kolos Publ. 335 p.
- Polianskyi, A. (2002) Improving the accuracy of forecasting the reliability of components and systems equipment at the design stage [Pidvyshchennia tochnosti prohnozuvannia nadiinosti ahrehativ i system tekhniki na stadii] *Vestnik of Kharkiv technic university. Collection of scientific papers. [Visnyk KhTU (KhPI): sb nauch. tr.]*. №10, T.1. pp. 130 - 134.
- Bazhynov, A. (2001) *Forecasting of definitive resource of engine [Prohnozyrovanye ostatochnoho resursa avtomotora]*. Khar'kov, KhNADU Publ. 96p.
- Volkov, V., Mateychik, V., Nikonov, O., Komov, P., Gritsuk I., Volkov Yu. & Komov, E. (2013) *Integration of technical operation of vehicles in the structures and processes of intelligent transport systems. Monograph [Integratsiia tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley v struktury i protsessy intellektualnykh transportnykh sistem. Monografiya]*. Donetsk, Noulidzh Publ. 398 p.
- Kravchenko, O., Sakno, O. & Luchikov, O. (2011) Forecasting the actual lifetime and designation of normal resource of the tires of trucks [Prohnozuvannia faktychnoho terminu ekspluatatsii ta pryznachennia

normalnoho resursu shyn vantazhnykh avtomobiliv] *Vestnik of DAAT [Visnyk DAAT]*. №4. pp.89-95.

11. Sukharev, E. (1997) *Theory of operational reliability of machines: monograph [Teoriya ekspluatatsyonnoy nadezhnosti mashyn: monohrafiya]*. Rovno: UHAVKh Publ. 162 p.

12. Aulin, V., Erynkiv, A. & Zamota, T. (2015) Ensuring and improving the operational reliability of vehicles through the usage of methods of sensitivity theory [Zabezpechennia ta pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti transportnykh zasobiv na osnovi vykorystannia metodiv teorii chutlyvosti]. *Journal of Engineering Academy of Ukraine [Visnyk Inzhenernoi akademii Ukrainy]*. №3. pp. 66-73

13. Aulin, V. & Erynkiv, A. (2015) Problems of increasing the operational reliability and the possibility of improving the maintenance of strategy mobile agricultural machinery [Problemy pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti ta mozhlyvosti udoskonalennia stratehii tekhnichnoho obsluhovuvannia mobilnoi silskohospodarskoj tekhniki]. *Proceedings of Kirovograd National Technical University: Technology in agriculture, industrial engineering [Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu: Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia]*. № 28. pp. 126-132.

14. Gritsuk, I. (2015) Features of monitoring, diagnostics and forecasting the parameters of technical condition of vehicles during operation in the conditions of ITS [Osobennosti monitorynha, dyagnostyrovannia y prohnozyrovannia parametrov tekhnicheskoho sostoiannia transportnykh sredstv v protsesse ekspluatatsiy v usloviakh ITS]. *Modern power plants and transport technologies and equipment for their service: mezhdunar.nauch.-tehn.konf., September 24-25, 2015. : coll. materials [Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti i tekhnologii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia: mezhdunar.nauch.-tekhn.konf., 24-25 veresnia 2015 r.: sb. Materiyalov]* - Kherson: Khersonska derzhavna morskakademia. pp. 54-55.

15. Gritsuk, I. (2015) Features of the structure of information software monitoring system, diagnostics and forecasting the technical condition of the vehicle in terms of ITS [Osoblyvosti struktury informatsiinoho programnoho kompleksu monitorynha, diahnostuvannia i prohnozuvannia tekhnichnoho stanu transportnoho zasobu v umovakh ITS]. *New technologies in automobile construction and transport: mezhdunar.nauch.-tehn.konf., October 15-16, 2015. : coll. materials [Novitni tekhnologii v avtomobilebudivnytstvi ta transporti: mezhdunar.nauch.-tekhn.konf., 15-16 zhovtnia 2015 r.: sb. Materiyalov]*. - Kharkiv. KhNADU Publ. pp.123-125.

16. Mateichyk, V., Volkov, V., Komov, P., Komov, O. & Gritsuk, I. (2013) Control of the vehicle engine using information technologies [Kontrol roboty transportnoho dvyhuna z vykorystanniam informatsiinykh tekhnologii] *Engines of internal combustion. Scientific and technical journal [Dvyhately vnutrenneho shoranyia. Nauchno-tekhnicheskyy zhurnal]*. Kharkov. NTU «KhPI» Publ. №2. pp. 27-31.

17. Hutarevych, Yu., Gritsuk, I., Adrov, D., Komov, A. & Trifonov, D. (2014) Justification of structure of measuring complex for investigation of the internal combustion engine of the vehicle with the heating system and the thermal battery during starting and warming [Obgruntuvannia struktury vymiriuvannia kompleksu dlia doslidzhennia roboty dvyhuna vnutrishnoho zghorannia transportnoho zasobu z systemoiu prohryvu i teplovym akumuliatorem v protsesi pusk i prohryvu]. *Proceedings of the National Technical University "KhPI". Collected Works. Series: automobile and tractor [Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats. Serii: Avtomobile- ta traktorobuduvannia]*. Kharkiv, NTU «KhPI» Publ. № 10 (1053). pp.55-62.

18. Troytskyi-Markov, T. & Sennovskiy D. (2011) Principles of building energy efficiency monitoring system [Pryntsy py postroyennia systemy monitorynha enerhoefektyvnosti] *Monitoring. Science and security [Monitorynha. Nauka y bezopasnost]*. № 4. pp. 34-39.

19. Davydenko, L., Davydenko, V., Komenda, N. & Yarmolska, N. (2014) The functions of Energy monitoring of complex production systems and their task to improve the energy efficiency [Funktsii enerhetychnoho monitorynha skladnykh vyrobnychkykh system ta yikh zavdannia dlia pidvyshchennia rivnia enerhoefektyvnosti]. *Bulletin KhNTUSE. Engineering. Issue 153 "The problems of energy supply and energy efficiency in agriculture of Ukraine" [Visnyk KhNTUSE. Tekhnichni nauky. Vypusk 153 „Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberezhennia v APK Ukrainy”]*. Kharkiv: KhNTUSE. pp.125-127.

20. Rozen, V., Davydenko, L. & Davydenko, V. (2010) Formation of the information field to evaluate energy efficiency of municipal water supply [Formuvannia informatsiinoho polia dlia otsiniuvannia rivnia enerhoefektyvnosti system komunalnoho vodopostachannia]. *Bulletin KSPU them. M. Ostrogradskii. [Visnyk KDPU im. M. Ostrogradskoho]*. Kremenchuk, KDPU. Vol. №4 (63). pp. 50-53.

21. Volkov, V., Gritsuk, I., Komov, A. & Volkov, Yu. (2014) Features of monitoring and determination the status of fault on vehicle consisting of onboard information diagnostic complex [Osoblyvosti monitorynha i vyznachennia statusu nespravnosti transportnoho zasobu u skladi bortovoho informatsiino-diahnostychnoho kompleksu]. *Bulletin of the National Transport University [Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu]*. Vol. 30. Kyiv, NTU Publ., pp. 51-62.

22. Ahmedov, T., Zhankaziev, S. & Finkel, A. (2010) Fundamentals of system of state control of the vehicle on carrying out the transportation [Osnovy sistemyi kontrolya sostoyannia transportnoho sredstva v protsesse vyipolneniya perevozok]. *Scientific aspects of transport and telematics systems [Nauchnyie aspektyi razvitiya transportno-telematicheskikh system]*. Moscow, MADI Publ., pp. 138 – 164.

23. Ahmedov, T. (2010) Principles for determining the fault status in telematic system of technical condition of the vehicle in real time [Printsipyi opredeleniya statusov neispravnostey v telematicheskoy sisteme kontrolya tehnikeskoho sostoyannia avtomobilya v realnom vremeni]. *Scientific aspects of transport and telematics systems [Nauchnyie aspektyi razvitiya transportno-telematicheskikh system]*. Moscow, MADI Publ., pp. 165-180.

24. Volkov, V., Mateichyk, V., Komov, P., Komov, O. & Gritsuk, I. (2013) Organization of technical operation of vehicles in formation of intelligent transport systems [Orhanizatsiia tekhnichnoi ekspluatatsii avtomobiliv v umovakh formuvannia intelektualnykh transportnykh system]. *Vestnik of National Technical University "KPI". Collection of scientific papers. Series: automobile- and tractor construction. [Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats. Serii: Avtomobile- ta traktorobuduvannia]*. Kharkiv, NTU “KPI” Publ. Vol. 29(1002), pp. 138-144.

25. Hovorushchenko, N. & Turenko A. (1999) *System engineering of transport (by the example of motor transport)* [Systemotekhnika transporta (na prymerе avtomobylnoho transporta)]. Kharkov, RYO KhHADTU. 468 p.
26. Alekseev, V., Kurakyna, N., Orlova, N. & Mynyna, A. (2014) *GIS monitoring of transport networks* [HYS monytorynha transportnykh setei]. Data +. Geoinformation systems for business and society. [Data+. Heoynformatsyonnye systemy dlia byznesa y obshchestva]. №2 (69). Available at: https://www.dataplus.ru/news/arcreview/detail.php?ID=17802&SECTION_ID=1058.
27. Gaydamakin, N. (2002) *Automated information systems, databases and data banks. Introductory course: Textbook*. [Avtomatizirovannyye informatsionnyye sistemy, bazy i banki dannykh. Vvodnyiy kurs: Ucheb. Posobie.]. Moscow. Gelios ARV. 368 p.
28. Mauergauz, Yu. (1999) *Information systems of industrial management* [Informatsionnyye sistemy promyshlennogo menedzhmenta]. Moscow. Filin'.
29. Kuleshov, A. Information model as a basis for designing corporate automated information systems [Informatsionnaya model kak osnova proektirovaniya korporativnykh avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem]. *Informatsionnyye tehnologii – Information Technology*. 2006. issue 3. pp. 26-30.
30. Atroschenko, V. & Tishkovskiy, D. On the choice of algorithms for solving the problem of synthesis of optimal structures of distributed databases at bakery enterprises [K voprosu vyibora algoritmov resheniya zadachi sinteza optimalnykh struktur raspredelennykh baz dannykh na predpriyatiyah hlebopekarnoy promyshlennosti] *Pischevyye tehnologii KubGTU – Food technologies of Kuban State Technical University*. 2009. Issue 4.
31. Tishkovskiy, D. Features of the methodology for creating an information system for bakery industry enterprises [Osobennosti metodiki sozdaniya informatsionnoy sistemy predpriyatiy hlebopekarnoy promyshlennosti] *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012. issue 4. Available at: www.science-education.ru/104-6824.
32. Atroschenko, V., Shevtsov, Yu., Yatsyinin, P., Dyachenko, R. & Pedko, M. *Technical possibilities of increasing the life of autonomous power plants of power systems. Monograph* [Tehnicheskie vozmozhnosti povysheniya resursa avtonomnykh elektrostantsiy energeticheskikh sistem. Monografiya.]. Krasnodar, Izdatelskiy Dom Yug, 2010, 192 p.
33. Mahammad M.D. *Razrabotka informatsionnoy sistemy dlya dizelnykh elektrostantsiy s vozmozhnostyami prognoza ih tehnikeskogo sostoyaniya*. Avtoreferat Diss. [Development of an information system for diesel power plants with the possibility of forecasting their technical condition. Author's abstract]: Krasnodar, 2009. 23 p.
34. *Modern methodologies for describing business processes – just about complex / DFD methodology in notations of Hein-Sarson and Jordan-De Marco* [Sovremennyye metodologii opisaniya biznes-protsessov – prosto o slozhnom / Metodologiya DFD v notatsiyah Geyna-Sarsona i Yordana-De Marko] Available at: <http://www.betec.ru/index.php?id=6&sid=29>
35. Volkov, V., Gritsuk, I., Gritsuk, Yu. & Volkov Yu. Formation domain information system parameter estimation technical state of vehicles in operation [Formuvannya predmetnoyi oblasti informatsiynoyi sistemi otsinyuvannya parametriv tehnikhnogo stanu transportnogo zasobu v umovah ekspluatatsiyi] *Synergetics, mechatronics, telematics road machines and systems in education and science. Proceedings of the materials of international scientific conference* [Sinergetika, mehatronika, telematika dorozhnykh mashin i sistem u navchalnomu protsesi ta nauksi. Zbirnik naukovykh prats za materialami mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi]. Harkiv, HNADU, 2017, pp. 33 – 35

Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В. Обоснование и разработка информационной математической модели оценки текущего и прогнозирования параметров технического состояния автомобиля в условиях эксплуатации

В статье обоснована и предложен вариант разработки информационной математической модели оценки текущего и прогнозирования технического состояния автомобиля в условиях эксплуатации с использованием средств ITS. Предложенные формальные зависимости для реализации информационного формирования методики применения классификации условий эксплуатации транспортных средств в информационных условиях ITS на основе дистанционно полученной информации о фактических параметрах их технического состояния.

Ключевые слова: информация, мониторинг, транспортное средство, диагностика, техническое состояние, прогнозирования, параметры, дорога.

V. Volkov, I. Gritsuk, Yu. Gritsuk, Yu. Volkov. Rationale and development of mathematical model assessment information current and prediction parameters technical condition of vehicles in operation

In the article the draft and proposed development information mathematical model evaluation and prediction of the current technical condition of the car in the conditions of use of ITS. The proposed formal dependence to implement an information forming method of application conditions classification of vehicles in terms ITS information from remotely received information about the actual parameters of their technical condition.

Keywords: information, monitoring, vehicle diagnostics, technical condition, forecasting parameters road.

АВТОРИ:

ВОЛКОВ Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічна експлуатація і сервіс автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

ГРИЦУК Ігор Валерійович, доктор технічних наук, доцент кафедри технічна експлуатація і сервіс автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

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

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

АВТОРЫ:

ВОЛКОВ Владимир Петрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технической эксплуатации и сервис автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

ГРИЦУК Игорь Валериевич, д.т.н., доцент кафедры технической эксплуатации и сервис автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

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

ВОЛКОВ Юрий Владимирович, аспирант кафедры технической эксплуатации и сервис автомобилей, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

AUTHORS:

Volodymyr VOLKOV, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Department “Technical Exploitation and Service of Cars”, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua

Igor GRITSUK, Doctor of Science in Engineering, Assoc. Professor of Department “Technical Exploitation and Service of Cars”, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net

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

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

Стаття надійшла в редакцію 10.09.2017 р.

Грабовець В.В.¹, Бодак В.І.¹, Шарибура А.О.², Луб П.М.².

¹Луцький національний технічний університет

²Львівський національний аграрний університет

ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИДОРОЖНЬОГО СЕРВІСУ У ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Стаття присвячена вивченню стану придорожного сервісу Волинської області, проблем його функціонування, можливості його використання в процесі розвитку транспортної інфраструктури регіону.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, транспортні послуги, придорожній сервіс, об'єкти придорожного сервісу, автомобільні шляхи.

Постановка проблеми. Звернення до теми інфраструктурного розвитку регіонів України є дуже актуальною темою, зважаючи на той факт, що наразі Україна крокує шляхом втілення широкого спектру реформ, спрямованих на покращення в першу чергу добробуту населення України. Складові інфраструктурного комплексу є головними елементами, що спроможні вивести нашу державу на новий рівень розвитку та модернізаційного оновлення.

Транспортна інфраструктура Волинської області є недостатньо розвинутою. Кожна з її підсистем потребує окремого, комплексного, системного підходу щодо вдосконалення та реформування [1].

Підвищенню якості життя населення, зростання стійкості економіки територіального освіти сприяє розвинена автодорожня інфраструктура, яка розглядається як система взаємопов'язаних елементів, що забезпечують можливості пересування вантажів і населення по території області і країни в цілому. Ця сукупність включає в себе і автомобільні дороги і об'єкти придорожного сервісу, що розміщуються вздовж лінійно-протяжних об'єктів, з метою надання послуг в процесі пересування, як вантажів, так і людей. Від якості послуг, що надаються залежить і розвиток галузей економіки в тому чи іншому регіоні і мобільність переміщення громадян по території країни. З кожним роком зростає потреба в кількості і якості надаваних послуг.

В Україні проголошено курс на євроінтеграцію. Одним із ключових завдань у цьому напрямку є інтеграція транспортної мережі України в європейську та розвиток її транзитного потенціалу, що призведе до економічної вигоди за рахунок доходів від транзиту, а також суттєво підвищить економічне зростання та конкурентоспроможність України та Волинського регіону на європейській арені.

Волинська область знаходиться на перехресті важливих транспортних шляхів із Східної Європи в Центральну й Західну, що створює вигідні умови для її становлення як регіону активної міжнародної взаємодії. Основними напрямками транзитних потоків є: Західна Європа - Росія; Західна Європа - Молдова, Румунія, країни Балтії; Західна Європа - Азербайджан, Грузія, Казахстан, Іран.

Україні фахівці міжнародних організацій присвоїли Україні один з найбільших показників транзитності в Європі - 3,75. Це свідчить про те, що наша держава має значні потенційні можливості для подальшого розвитку та збільшення свого транзитного потенціалу [2].

Проблема низької якості транспортної системи та інфраструктури України наявна у всіх її складових. Ситуація ускладнюється недостатньою взаємодією між різними галузями транспортного сектору, низьким припливом інвестицій, застарілою системою регулювання та високим ступенем зносу основних фондів.

Сьогодні надзвичайна увага має приділятися розвитку придорожного сервісу, враховуючи, що у цьому секторі є ще багато не вирішених проблем. Як бачимо із дослідження конкурентоспроможності України, найбільш критично складна складова інфраструктури – транспортна інфраструктура [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед вагомих наукових досліджень транспортно-транзитного потенціалу України та зарубіжжя можна виокремити праці Т.О. Войченко, С.В. Джулай, А.М. Новікова, О.В. Мініної, О. М.Клен, А. М. Пасічник, Д.К. Прейгер, О.В. Собкевич, С.С. Шаповал, О.Ю. Серова, О.І. Тамов та інших. Дослідження на дану тему потребують постійної актуалізації з огляду на мінливість економічного та політичного простору.

Метою дослідження є визначення сучасного стану функціонування придорожнього сервісу Волинської області, а також його значення для регіону.

Результати досліджень Територією Волинської області проходять Міжнародні автомобільні транспортні коридори (МАТК) Балтійське море-Чорне море та Європа-Кавказ- Азія (ТРАСЕКА). Ці коридори на території області суміщені й проходять по існуючих автомобільних дорогах державного значення М-07 Київ-Ковель-Ягодин (на Люблін) від Ягодина до Ковеля та М-19 Доманове (на Брест)-Ковель-Чернівці-Тереблече (на Бухарест) від Ковеля до межі з Рівненською областю в напрямі на Дубно. Територією Волинської області в напрямку Захід-Схід проходить міжнародна автомагістраль кордон Польщі-Ковель-Коростень-Київ, яка збігається з автодорогою державного значення М-07 Київ-Ковель-Ягодин (на Люблін). У напрямку Північ- Південь проходить два міжнародних автомобільних напрямки Кордон Литви – Ліда – Слонім – Битень – Кобрин – Ковель – Луцьк – Тернопіль - Чернівці-кордон Румунії, Кордон Литви – Ліда – Слонім – Битень – Кобрин – Ковель – Луцьк – Тернопіль – Чернівці – Кишинів - Одеса, які збігаються з автодорогою державного значення М-19 Доманове (на Брест) – Ковель – Чернівці - Тереблече (на Бухарест) [4].

Волинська область має надзвичайно вигідне географічне розташування. На заході вона межує з Польщею, на півночі - з Білоруссю, на сході - з Рівненською, на півдні - з Львівською областями України. На території області функціонує шість прикордонних пунктів пропуску, з них п'ять мають міжнародний статус (Ягодин-Дорогуськ, Устилуг-Зосін, Доманово, Дольськ, Пулимець), один – міждержавний (Пулимець). Дороги для Волині дуже багато значать, а придатних для експлуатації до 1944 року тут зовсім не було.

У період з 1951 по 2000 роки було побудовано і реконструйовано 4656,1 км доріг. Нині Волинська область має розвинуту транспортну мережу. ДП "Волинський облавтодор" обслуговує автомобільні дороги загального користування протяжністю 6203,5 км, в тому числі 5749,2 км з твердим покриттям, 388 мостів і шляхопроводів загальною протяжністю 8204 п. м і 5007 труб загальною протяжністю 69036 п. м. Основні види робіт, які виконуються для інших замовників: роботи, пов'язані із зведенням земполотна, влаштуванням дорожніх покриттів та влаштуванням малих штучних споруд. Перелік продукції та послуг, яку реалізує і надає підприємство: асфальтобетон, товарний бетон, окремі види залізобетонних виробів, надання транспортних послуг, надання послуг дорожніми механізмами.

За даними якості доріг у Волинській області становить 3,42 бали, щільність автошляхів з твердим покриттям загального користування – 285 км на 1 тис км², зношеність автошляхів загального користування середнє за 5 років (2006-2010) – 49%, частка автошляхів 1-ї категорії у мережі усіх доріг з твердим покриттям загального користування – 0,8%, відношення довжини автошляхів з твердим покриттям загального користування до кількості АЗС – 37 шт [5]. У табл наведені характеристики основних міжнародних доріг, що проходять у Волинській області.

Таблиця Протяжність доріг міжнародного значення у Волинській області*

№ з/п	Найменування доріг	Протяжність, км	У т. ч. за категоріями		
			I	II	III
1	М-07, Київ-Ковель-Ягодин (на Люблін)	155,2	20,7	2,3	132,2
2	М-19, Доманове (на Брест)- Ковель - Чернівці - Тереблече (на Бухарест)	166,1	2,2	163,9	-
	Разом: міжнародних	321,3	22,9	166,2	132,2

* Складено за даними Служби автомобільних доріг у Волинській області

Одним із перспективних інвестиційних проєктів, що дозволить збільшити транзитний потенціал та пропускну спроможність українських автодоріг у майбутньому регіону є будівництво автомагістралі «Ягодин - Хмельницький». Необхідність будівництва цієї сучасної швидкісної автодороги визначається також розвитком міжнародного транспортного коридору «Схід-захід».

Маршрут автодороги є новим напрямом і починається на межі з республікою Польща (Дорогуськ) в районі пропускного пункту Ягодин на автомобільній дорозі міжнародного значення М-07 Е - 373. Кінець дороги прийнятий на примиканні автомобільної дороги М-12 Е - 50 в районі міста Хмельницький. Маршрут нової автомагістралі співпадає з напрямками міжнародного транспортного коридору «Європа-Кавказ-Азія» і національного транспортного коридора «Гданск-Одеса».

Технічні параметри дороги забезпечуватимуть розрахункову швидкість руху автотранспорту 120 км/год. Фактична інтенсивність руху на різних ділянках автомобільної дороги на 1 червня 2008

року складає від 6000 до 15700 автомобілів в добу. Розрахункова перспективна інтенсивність руху в 2028 році на різних ділянках імовірно складатиме 12000 - 27000 автомобілів в добу.

Передбачається будівництво: мостів - 53 шт., шляхопроводів на автомагістралі - 144 шт., через автомагістраль - 173 шт., пішохідних мостів - 50 шт., водопропускних труб - 372 шт., транспортних розв'язок на різних рівнях - 8 шт. Орієнтовний об'єм земляних робіт - 75 млн м³. Орієнтовна вартість будівництва 3,3 \$ млрд.

Укравтодор повідомляє, що фінансування будівництва планується проводити за рахунок інвесторів на концесійній основі. З метою розподілу фінансових ризиків передбачається участь держави в спільному фінансуванні будівництва автомагістралі на рівні 15% від усієї вартості будівництва [4].

Для покращення міжнародного автомобільного сполучення в 2011 році завершено реконструкції пункту пропуску "Ягодин" на державному кордоні з Республікою Польща, а також відкрито відкрили автомобільну дорогу загального користування М-07 Київ – Ковель – Ягодин, яку модернізували в рамках підготовки до футбольного турніру Євро-2012. Дорога є найкоротшим напрямком транспортного сполучення між Києвом та Варшавою. Загальна протяжність автошляху Київ – Ковель – Ягодин – 486,8 км.

Транспортна інфраструктура автомобільних доріг є однією із ключових конкурентних переваг українських регіонів. Нерозвинена інфраструктура з-поміж найбільш проблемних факторів для ведення бізнесу, є значно меншою, у тому числі у головних галузях економіки.

У зв'язку з цим значимість і роль сфери сервісу в умовах сучасної економіки зростають з наступних причин:

- в сфері сервісу постійно створюються нові робочі місця;
- сфера сервісу збільшує свою частку у валовому внутрішньому продукті країни;
- за рахунок цієї сфери йде скорочення часу обслуговування домашнього господарства, що підвищує якість життя населення.

Процес розвитку об'єктів придорожного сервісу, що знайшов енергійне формування на початку нинішнього століття, останнім часом значно скоротив набрані темпи. Ті ж об'єкти придорожньої інфраструктури, які функціонують, до жаль, не відповідають міжнародним вимогам ні за критерієм кількості, ні по критерієм якості роботи.

Важливість даної проблеми обумовлена і географічним положенням України, а саме протяжністю дорожньої мережі. Аналіз даної тематики показав високий ступінь нерівномірності в розподілі об'єктів придорожного сервісу по території України: на окремих ділянках автомобільних трас заправки, готелі і кемпінги можуть зустрічатися регулярно і досить часто, а на інших ділянках транспортної мережі відстані між цими об'єктами рівні 300-500 кілометрів, з урахуванням того, що спостерігається постійний зростання кількості автотранспорту, що ілюструє графік 1 [6].

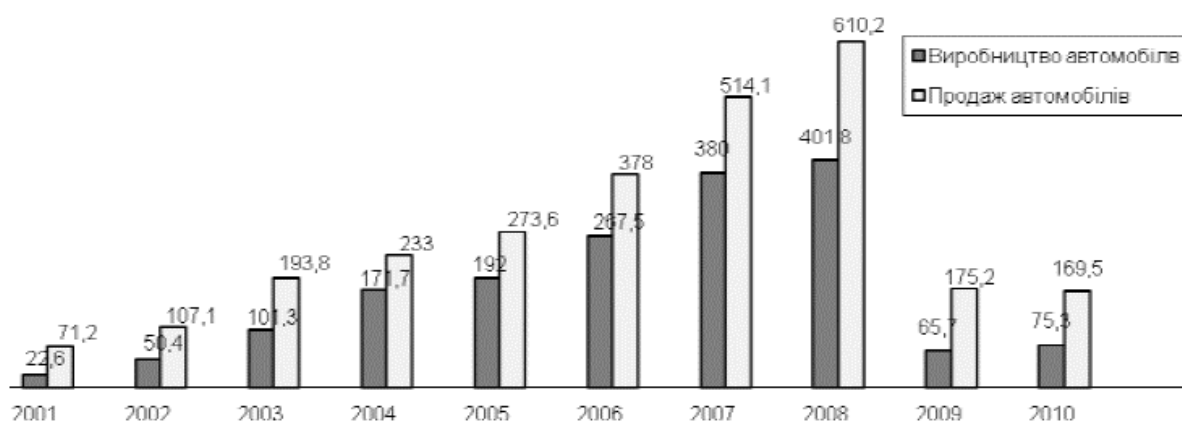


Рис. 1. Динаміка обсягів виробництва і продажу в Україні легкових автомобілів у 2001–2010 роках, тис. одиниць

Тому в період постійного зростання кількості транспортних засобі необхідно створювати відповідну до сучасних вимог систему придорожного сервісу. Так як придорожній сервіс в Україні зараз знаходиться на стадії становлення. І оскільки це так, необхідно приділити увагу двом існуючим ефективним системам придорожного сервісу - європейської та північноамериканської. В Німеччині

є понад 3800 спеціалізованих стоянок для вантажівок та автобусів, загальна протяжність автомобільних доріг 260 тисяч кілометрів. Дані показники перевершують українські більш ніж в 30 разів. Важливим показником є фінансування будівництва і утримання автомобільних доріг в Німеччині, яке має сувору залежність від їх класифікації. Всі наявні на території Німеччини автобани, «швидкісні автотраси» обслуговуються за рахунок коштів федерального бюджету, а дороги регіонального або місцевого значення обслуговуються за рахунок бюджетів самих федеральних земель або місцевих комун.

Основним джерелом надходжень коштів є автомобільний податок, ставки якого встановлює федеральний закон, і всі зібрані кошти надходять в регіональні бюджети, за місцем, де зареєстрований автомобіль. Всього на федеральних автодорогах відкрито близько 3,5 тисяч пунктів громадського харчування, трохи більше 500 кемпінгів і мотелів, майже чотири тисячі АЗС.

Волинська область налічує багато історико-культурних та відпочинково-рекреаційних об'єктів, які зацікавлюють вітчизняних та іноземних громадян. Тому було б за доцільне створення на території регіону більшої кількості кемпінгових містечок для подорожуючих для відпочиваючих таким видом туризму як караванінг. Караванінг – це подорож на автомобілі, коли останній виконує роль «будинку» (тягача будинку) [7]. Розвиток даної підсистеми придорожного сервісу дає можливість отримати прибуток місцевим громадам та розвивати малий бізнес, залучити інвестиції.

В Україні на даний час, за словами експертів, налічується не більше десятка облаштованих кемпінгів, все інше, що гордо носить цю назву – не більше, ніж майданчики для стоянки автомобілів, які, на жаль, не можуть забезпечити автотуриста навіть елементарними умовами проживання основні з яких представлені на рис.2. [8].

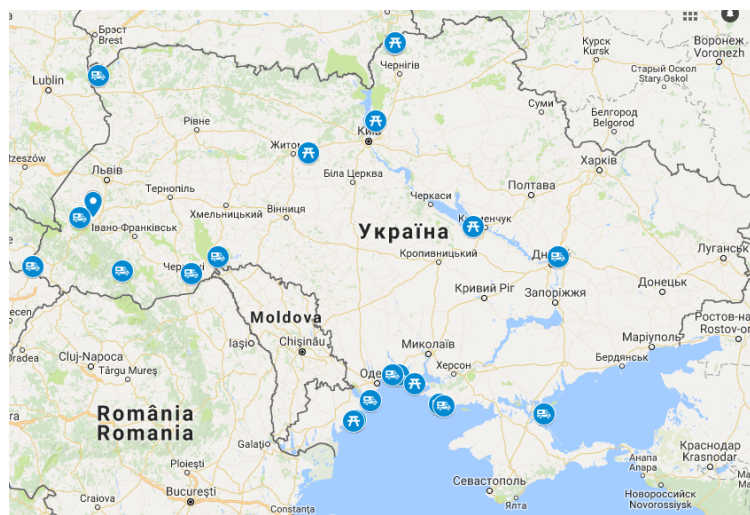


Рис . 2. Карта розміщення кемпінгових містечок в Україні

Але на заваді нормального функціонування даного виду відпочинку стоїть нерозвинена інфраструктура придорожного сервісу, якість автомобільних доріг, невеликих готелів, кемпінгів, мотелів до наметових містечок і платних стоянок.

Придорожній сервіс в рамках будь-якого регіону повинна створювати необхідні умови для функціонування і розвитку основних галузей виробництва і забезпечувати максимально ефективне використання економічного та виробничого потенціалу. Кожна країна або регіон повинен мати таку транспортну інфраструктуру, яка повністю задовольняла б попит даної території в даного виду послугах.

Разом з тим гальмом розвитку придорожного сервісу протягом останніх років стала економічна криза через транспортну залежності країни, фізичне і моральне спрацювання матеріально-технічної бази, диспропорцій і нерівномірності розміщення і розвитку її об'єктів, обмеженості виділених інвестицій або повна їх відсутність. Придорожній сервіс є важливим фактором виведення економіки країни з економічної кризи, через недостатній рівень розвитку і розміщення стала фактично стримуючим фактором розвитку регіональної та державної економіки.

Формування необхідних умов раціонального розвитку і розміщення об'єктів придорожного сервісу, усунення наявних диспропорцій між ним та іншими галузями економіки вимагають розробки її стратегії на найближчий час. Реалізація ж стратегії розвитку, будівництва і розміщення об'єктів

придорожного сервісу з метою вирішення проблеми своєчасного та якісного задоволення попиту споживачів послуг з можливими мінімальними витратами зажадає пріоритетного, випереджаючого і прискореного її формування по відношенню до економіки в цілому та її галузей.

Тому гостро постає необхідність обґрунтування необхідності у формуванні транспортного ринку та погодження попиту і пропозиції в послугах об'єктів придорожного сервісу. Розробка комплексу соціально-економічних чинників, що визначають формування попиту на послуги, і визначено їх вплив на рівень пропозицій по реалізації послуг різними підприємствами регіону; проведення комплексної оцінки рівня розвитку і ступеня забезпеченості об'єктами придорожного сервісу основних міжнародних і державних автомобільних шляхів Волинської області на основі системного аналізу.

Визначено чинники, які гальмують розвиток придорожного сервісу та транспортної інфраструктури загалом:

- прогалини у законодавчій базі;
- значно кращий стан придорожного сервісу в країнах - конкурентах України;
- розширення Європейського Союзу та створення більш сприятливих умов для транзиту в Румунії, Болгарії, країнах Балтії тощо;
- значна зношеність транспорту, що призводить до зменшення швидкості та якості послуг;
- погана пропускна спроможність державного кордону та потреба у модернізації всіх пунктів пропуску, а також відкриття нових;
- низьке забезпечення або повністю відсутні мобільні служби допомоги.

Висновки. Таким чином, стратегічний погляд до організації придорожного сервісу повинен включати в себе розширення існуючих та будівництво нових об'єктів придорожного сервісу таких як кемпінги, станцій технічного обслуговування, майданчиків для відпочинку, стоянок на основі логістичного підходу. Підвищення якості та безпеки послуг, що надаються, підвищення рівня обслуговування споживачів, а також контроль якості послуг. Провести нормативне правове регулювання щодо розміщення об'єктів придорожного сервісу. Адже ефективне функціонування придорожного сервісу здатне залучити не тільки вітчизняних, але і зарубіжних туристів.

Швидке та якісне виконання робіт сприятиме підвищенню інтенсивності, комфортності та безпеці руху, сприятиме розширенню мережі транзитних, туристичних та екскурсійних маршрутів. Повинна бути проведена цілеспрямована державна політика, яка б заохочувала іноземний та вітчизняний бізнес вкладати кошти у розвиток транспортної та придорожню інфраструктуру регіону.

1. Стан та перспективи розвитку інфраструктури регіонів України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.fes.kiev.ua/new/wb/media/InfrASTRUKTURA.pdf>.
2. Звіт про конкурентноспроможність за 2011р [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.feg.org.ua/docs/Report_on_the_Competitiveness_of_Regions_of_Ukraine_2011.pdf
3. Мініна О.В. Сучасний стан транзитної спроможності України в контексті євразійської інтеграції [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vcndtu/2010_44/7.htm
4. Автомобільні дороги України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://euro2012highway.blogspot.com/2008/08/highway-yagodin-khmelnitskiy.html>
5. Волинь 2006: статистичний щорічник / За ред. М. І. Мотиль.- Луцьк: Голов. упр. статистики у Волин. обл., 2007.- С. 182-192.
6. Кишун В.А. Автомобілізація України: крок вперед... // "Наукові нотатки". Міжвузівський збірник (за галузями знань "Машинобудування та металообробка", "Інженерна механіка", "Металургія та матеріалознавство"). Випуск 45. Луцьк: Редакційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету – 2014. – С. 265-270.
7. CARAVAN-CENTER. UKRAINE [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.caravan-center.com.ua/tags/Караванінг.
8. Кемпінги в Україні: пережиток «дикого» відпочинку, чи сучасна зона комфорту? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ridna.ua/2015/08/kempinhy-v-ukrajini-perezhytok-dykoho-vidpochynku-chy-suchasna-zona-komfortu/>

REFERENCES

1. Stan ta perspektivu rozvutky unfrastyktyru regioniv v Ukraini [Status and prospects of infrastructure development in the regions of Ukraine]. (n. d.). fes.kiev.ua. Retrieved from <http://www.fes.kiev.ua/new/wb/media/InfrASTRUKTURA.pdf>.
2. Zvit pro konkurentnospromognist za 2011r [Competitiveness Report for 2011. (n. d.). feg.org.ua. Retrieved from http://www.feg.org.ua/docs/Report_on_the_Competitiveness_of_Regions_of_Ukraine_2011.pdf

3. Minina O.V. (2010) Sychasnyj stan tranzutnoi spromognosti Ukrainu v konteksti evroasiatskoj integratsii. [The current state of transit capacity of Ukraine in the context of Euro-Asian integration] www.nbu.gov.ua Retrieved from http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vcndtu/2010_44/7.htm
4. *Roads of Ukraine*. [Avtomobilni dorogu Ukrainu]. Access mode: <http://euro2012highway.blogspot.com/2008/08/highway-yagodin-khmelnitskiy.html>
5. Statistical Service of Volyn area 2006. (2007). Volyn 2006: Statistical Yearbook. Lutsk, pp. 182-192.
6. Kushchyn V. (2014). Avtomobilizatsia Ukrainu: krok vpered... [Automobile Ukraine: a step ahead ...]. *Naukovi notatky*, Lutsk, issue 45, pp. 265-270.
7. CARAVAN-CENTER. UKRAINE Sait of club. (n.d.) caravan-center.com.ua. Retrieved from www.caravan-center.com.ua/tags/Караванинг.
8. Kempingu v Ukraini: peregutuk "dukogo" vidpochunku, chu sychasna zona komfortu? [Camps in Ukraine: a relic of "wild" rest, or a modern comfort zone?] Retrieved from <http://ridna.ua/2015/08/kempinhy-v-ukrajini-perezhytok-dykoho-vidpochynku-chy-suchasna-zona-komfortu/>

Грабовець В.В., Бодак В.І., Шарибура А.О., Луб П.М. Проблеми функціонування придорожного сервіса в Волинській області

Стаття посвячена вивченню стану придорожного сервіса Волинської області, проблем його функціонування, можливості його використання в процесі розвитку транспортної інфраструктури регіону.

Ключевые слова: транспортна інфраструктура, транспортні послуги, придорожний сервіс, об'єкти придорожного сервіса, автомобільні дороги

V. Grabovets, V. Bodak, A. Sharybura, P. Lub. Problems of the functional service function in the Volyn area

The article is devoted to study of the condition of roadside service of the Volyn region, problems of its functioning, the possibility of its use in the process of development of transport infrastructure of the region.

Keywords: a transport infrastructure, transport services, roadside service, roadside service facilities, highways

АВТОРИ:

ГРАБОВЕЦЬ Віталій Валерійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: vgrabovets@ukr.net

БОДАК Володимир Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: avto@lntu.edu.ua

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

АВТОРЫ:

ГРАБОВЕЦЬ Виталий Валерьевич, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: vgrabovets@ukr.net

БОДАК Владимир Иванович, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: avto@lntu.edu.ua

ШАРИБУРА Андрей Остапович, к.т.н., доцент кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, Львовский НАУ, e-mail: ascharibura@gmail.com

ЛУБ Павел Миронович, к.т.н., доцент кафедры управления проектами и безопасности производства, Львовский НАУ, e-mail: pollylub@ukr.net

AUTHORS:

Vitalij GRABOVETS, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: vgrabovets@ukr.net

Volodymyr BODAK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: avto@lntu.edu.ua

Andrii SHARYBURA, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Maintenance and Technical Service of Machinery Department, Lviv National Agrarian University, e-mail: ascharibura@gmail.com

Pavlo LUB, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Project Management and Safety Department, Lviv National Agrarian University, e-mail: pollylub@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 8.10.2017 р.

Дембіцький В.М., Сітовський О.П.
Луцький національний технічний університет

МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМІВ РУХУ АВТОМОБІЛІВ

Під час дослідження характеристик автомобілів з електричним приводом досить часто виникає необхідність змоделювати різні режими їх руху. У даній статті авторами здійснено дослідження можливості прогнозування режимів руху транспортних засобів. Так як реальні режими руху автомобіля зумовлені випадковими факторами, то за основу прийнято теорію марківських ланцюгів. Здійснено порівняння результатів теоретичних досліджень з міським їздовим циклом за Правилком ЄЕК ООН № 101. Для режимів стоянки та руху з постійною швидкістю збіжність результатів перебуває в прийнятних межах. Певні невідповідності спостерігаються в режимах розгону та гальмування. За результатами проведених досліджень встановлено правильність прийнятих припущень та необхідність проведення більш детальних досліджень.

Ключові слова: режими руху, прогнозування, марківські ланцюги, їздовий цикл, імовірність, граф станів, фінальна імовірність.

Постановка проблеми. Екологічні проблеми, вартість та вичерпність традиційних енергоносіїв спричинили різкий поштовх до розвитку нетрадиційних та енергоефективних технологій. У сфері автомобільного транспорту можна виокремити кілька напрямків: електричні та гібридні автомобілі, застосування біопалив та двигунів на паливних елементах. Однак найбільшого поширення набув розвиток транспортних засобів на електричній тязі. Однією з особливостей конструкції електричних та гібридних автомобілів є застосування систем рекуперативного гальмування, які дають можливість під час руху поповнювати запаси електричної енергії. Зважаючи, що головним фактором, який впливає на вартість транспортного засобу є вартість тягових акумуляторних батарей (ТАБ), а, відповідно, і запас ходу [1], доцільно обмежувати цей показник під вимоги конкретного споживача [2]. Разом з тим, як свідчать дослідження [3], результати випробувань енергетичних характеристик автомобілів, здійснені по стандартному їздовому циклу, можуть занижуватися виробниками, які переслідують маркетингові цілі. Для отримання показників витрат енергії гібридними та електричними автомобілями в реальних умовах руху або в умовах максимально наближених до реальних, необхідно отримати математичну модель, яка дасть можливість прогнозувати режими руху транспортних засобів.

Аналіз досліджень і публікацій. Результати аналізу демонструють, що на даний момент здійснено невелику кількість досліджень спрямованих саме на прогнозування режимів руху транспортних засобів. У роботі [4] автори пропонують динамічні моделі прогнозування витрат електричної енергії, побудовані методом множинної лінійної регресії для реального часу поїздки. Однак, як зазначено авторами, запропоновані моделі є специфічними з точки зору трансмісії та інших конструктивних особливостей автомобілів, оскільки вони побудовані для одного транспортного засобу. Науковцями інституту Масдара здійснено ряд досліджень пов'язаних з режимами руху автомобілів та на їх основі запропоновано заходи щодо підвищення енергоефективності автомобілів з електричним приводом [5]. Корейськими науковцями запропоновано модель енергоспоживання автомобіля з електричним приводом, яка включає в себе п'ять частин: дорожню обстановку, трансмісію, систему рекуперації енергії, допоміжну модель системи та модель акумулятора [6]. При цьому швидкість та режими руху визначаються виходячи з реальної дорожньої обстановки. Окрім того провідними науковцями з метою підвищення експлуатаційних показників автомобілів ставляться питання моделювання та прогнозування руху транспортних засобів [3, 7 – 10].

Мета роботи полягає у визначенні можливості прогнозування режимів руху автомобіля із заданою імовірністю, а також створення відповідного математичного апарату.

Результати досліджень. Для дослідження та створення математичної моделі руху автомобіля доцільно вважати випадковим процесом, стан якого описується функціями часу. З метою моделювання режимів руху транспортних засобів доцільно скористатися теорією марківських випадкових процесів.

В процесі руху автомобіль можна представити у вигляді фізичної системи S , яка може перебувати в одному з наступних станів: s_1 – автомобіль перебуває в нерухомому стані, s_2 – автомобіль здійснює розгін; s_3 – автомобіль рухається з постійною швидкістю; s_4 – автомобіль

здійснює рекуперативне гальмування. В початковий момент часу автомобіль перебуває в нерухомому стані. Граф станів автомобіля має вигляд, показаний на рисунку 1. Біля кожного переходу стану проставлено відповідну імовірність переходу.

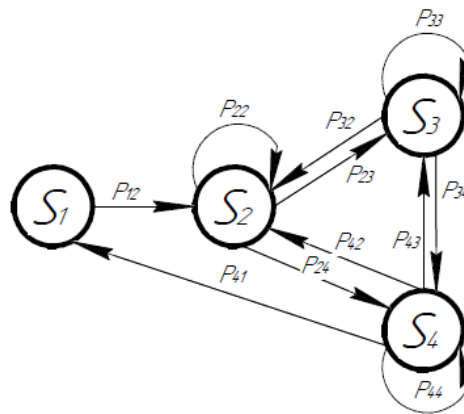


Рисунок 1 – Граф станів системи.

Наведений граф станів представляє процес руху транспортного засобу. Нехай, в початковий момент часу автомобіль перебуває у нерухомому стані s_1 , тоді з імовірністю $P_{12}=1$ він перейде в стан s_2 розпочне розгін. Зі стану s_2 автомобіль може продовжувати розгін (залишитися в цьому ж стані з імовірністю P_{22}), рухатися з постійною швидкістю (перейти в стан s_3 з імовірністю P_{23}), здійснювати рекуперативне гальмування (перейти в стан s_4 з імовірністю P_{24}). Разом з тим транспортний засіб не може перейти в нерухохий стан s_1 без здійснення гальмування. В даному випадку прийнято, що автомобіль здійснює рекуперативне гальмування до швидкості $V=0$ м/с. Наведений вище граф станів представляє собою марківський ланцюг. В даному випадку система може перейти в стан s_1 лише зі стану s_4 , тобто після здійснення гальмування. Таким чином перехідні ймовірності будуть залежати лише від попереднього стану системи, тому марківський ланцюг буде неоднорідним. Оскільки за певну кількість кроків система може перейти у будь-який стан, то представлений марківський ланцюг буде ергодичним [11]. Окрім того, стан системи може змінюватися в довільний (випадковий) момент часу, тому ланцюг можна вважати марківський ланцюгом з неперервним часом. Таким чином, рух автомобіля, може розглядатися як однорідний марківський ланцюг зі скінченною кількістю кроків. Матриця перехідних ймовірностей запишеться наступним чином:

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ 0 & p_{32} & p_{33} & p_{34} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} \end{pmatrix} \quad (1)$$

де p_{ij} – імовірності відповідних переходів системи.

При необмеженому збільшенні числа кроків (часу) ергодичний марківський ланцюг буде прямувати до граничних імовірностей станів системи, які показують середній відносний час перебування системи в цьому стані. Оскільки в даному випадку розглядається випадковий процес з неперервним часом, то найбільш доцільним, для визначення фінальних станів системи, буде скласти систему лінійних диференціальних рівнянь Колгоморова [12]. Враховуючи граф станів, наведений на рис. 1 та граф станів (1), дотримуючись правил складання таких диференціальних рівнянь Колгоморова, система рівнянь матиме вигляд:

$$\begin{cases} P_1' = \lambda_{41}S_4 - \lambda_{12}S_1 \\ P_2' = \lambda_{32}S_3 + \lambda_{42}S_4 + \lambda_{12}S_1 - \lambda_{23}S_2 - \lambda_{24}S_2 \\ P_3' = \lambda_{23}S_2 + \lambda_{43}S_4 - \lambda_{32}S_3 - \lambda_{34}S_3 \\ P_4' = \lambda_{34}S_3 + \lambda_{24}S_2 - \lambda_{43}S_4 - \lambda_{41}S_4 - \lambda_{42}S_4 \end{cases}, \quad (2)$$

де λ_{ij} - щільність імовірності переходу системи з одного стану в інший, яка визначається, як ліміт відношення перехідної імовірності до ширини інтервалу Δt при умові, що $\Delta t \rightarrow 0$. При досить малих

значеннях Δt , $\lambda_{ij} = p_{ij} \cdot \Delta t$ [11]. В даній системі диференціальних рівнянь відсутні затримки системи в даному стані, оскільки вони присутні в усіх станах та є як вхідною так і вихідною величиною.

Вектор імовірності стану системи в початковий момент часу матиме вигляд:

$$S_1 = 1, S_2 = 0, S_3 = 0, S_4 = 0, \quad (3)$$

де S_i - імовірність перебування системи у відповідному стані.

З врахуванням вектора початкового стану (3), а також припускаючи, що фінальні імовірності станів системи постійні, система диференціальних рівнянь Колодоморова (2) прийме вигляд:

$$\begin{cases} \lambda_{41}S_4 - \lambda_{12}S_1 = 0 \\ \lambda_{32}S_3 + \lambda_{42}S_4 + \lambda_{12}S_1 - \lambda_{23}S_2 - \lambda_{24}S_2 = 0 \\ \lambda_{23}S_2 + \lambda_{43}S_4 - \lambda_{32}S_3 - \lambda_{34}S_3 = 0 \\ \lambda_{34}S_3 + \lambda_{24}S_2 - \lambda_{43}S_4 - \lambda_{41}S_4 - \lambda_{42}S_4 = 0 \\ S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 1 \end{cases}, \quad (4)$$

Розв'язавши дану систему лінійних алгебраїчних рівнянь можна отримати значення фінальних імовірностей станів, які визначають середню долю часу, протягом якого система перебуватиме у даному стані.

З метою перевірки адекватності запропонованої моделі (4) доцільно використати стандартний міський їздовий цикл [12, 13] характеристики якого наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Міський їздовий цикл.

№ з/п	Вимоги Правил СЕК ООН № 101, EN 1986 – 2:2001			
	Режим руху	Швидкість руху або її зміна, км/год	Прискорення, сповільнення, м/с ²	Тривалість режиму, с
1	Прискорення	0...15	1,04	4
2	Постійна швидкість	15	0	8
3	Сповільнення	15...10	- 0,69	2
4	Сповільнення з відключеним зчепленням	10...0	- 0,92	3
5	Прискорення	0...15	0,83	5
6	Зміна швидкості, прискорення	15...32	0,94	7
7	Постійна швидкість	32	0	24
8	Сповільнення	32...10	- 0,75	8
9	Сповільнення з відключеним зчепленням	10...0	- 0,92	3
10	Прискорення	0...15	0,83	5
11	Зміна швидкості, прискорення	15...35	0,62	11
12	Зміна швидкості, прискорення	35...50	0,52	10
13	Постійна швидкість	50	0	12
14	Сповільнення	50...35	- 0,52	8
15	Постійна швидкість	35	0	15
16	Сповільнення	35...10	- 0,86	7
17	Сповільнення з відключеним зчепленням	10...0	- 0,92	3

Примітка 1: у даній таблиці не враховані випадки роботи транспортного засобу на холостому ходу.

За вищенаведеною таблицею визначено імовірності переходів системи з одного стану в інший, які становлять:

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 0,176 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,353 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,235 \\ 0,176 & 0 & 0,059 & 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Сума усіх імовірностей станів системи рівна 1. Тоді система рівнянь (4) прийме вигляд:

$$\begin{cases} 0,176 \cdot S_4 - 0,176 \cdot S_1 = 0 \\ 0,176 \cdot S_1 - 0,353 \cdot S_2 = 0 \\ 0,176 \cdot S_2 + 0,059 \cdot S_4 - 0,235 \cdot S_3 = 0, \\ 0,235 \cdot S_3 - 0,059 \cdot S_4 - 0,176 \cdot S_4 = 0 \\ S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 1 \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язавши систему рівнянь (6) отримано фінальні імовірності станів системи, які становлять:

$$S_1 = 0,286; S_2 = 0,140; S_3 = 0,285; S_4 = 0,286. \quad (7)$$

На рисунку 2 наведено відсотковий розподіл режимів руху міського їздового циклу згідно Правил ЄЕК ООН № 101 [13] та розподіл режимів визначений на основі теорії марківських ланцюгів.

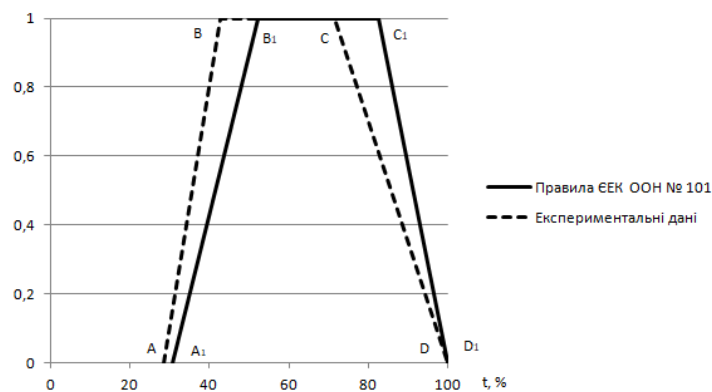


Рисунок 2 – Графік розподілу режимів руху автомобіля в міському їздовому циклі.

Ламана 0ABCD характеризує режими руху транспортного засобу у міському їздовому циклі, згідно Правил ЄЕК ООН № 101, ламана 0A₁B₁C₁D₁ – розраховані режими руху. Ділянки 0A та 0A₁ характеризують режим нерухомого автомобіля, AB та A₁B₁ – режим розгону, BC та B₁C₁ – режим руху з постійною швидкістю, CD та C₁D₁ – режим гальмування.

Висновки. Під час досліджень, використовуючи теорію марківських ланцюгів, здійснено прогнозування режимів руху автомобіля. За запропонованою математичною моделлю визначено фінальні ймовірності режимів руху легкового автомобіля у міському їздовому циклі за Правилами ЄЕК ООН № 101. Порівнянням отриманих результатів з нормативними встановлено, що розбіжність результатів становить для нерухомого транспортного засобу 7 %, для режиму розгону - 50 %, для режиму постійної швидкості – 6 %, для режиму гальмування – 39 %. Найбільша розбіжність спостерігається в режимах розгону та гальмування, що пояснюється наявністю, в нормативному документі, режимів зміни значення прискорення та/або сповільнення без переходу в інший режим руху. Зазначені особливості потребують більш детального дослідження. Разом з тим варто відмітити достатню збіжність результатів в режимах стоянки та руху з постійною швидкістю. Результати проведених досліджень свідчать про можливість застосування теорії марківських ланцюгів для прогнозування фінальних імовірностей режимів руху транспортних засобів. Застосування ланцюгів Маркова дає можливість прогнозувати режими руху транспортних засобів, та, в подальшому, проводити дослідження експлуатаційних властивостей автомобілів, зокрема паливної економічності, в більш широких діапазонах (різних варіантах) їздових циклів.

1. Борисенко А.О. Розрахунок пробігу гібридного автомобіля на електричній тязі в залежності від умов експлуатації / А.О. Борисенко // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ": Автомобіле- та тракторобудування №9 - Вестник НТУ "ХПИ", 2015., с. 57 – 61. ISSN 2078-6840.

2. Сітовський О. П. Аналіз режимів руху легкового автомобіля малого класу в міських умовах для визначення оптимальної ємності акумуляторних батарей в ГСУ / О. П. Сітовський, А. М. Кашуба // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — Луганськ.: Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, 2013. — Вип. 15 (204) Частина 2. — с. 243–246.

3. Саркисов П.И. Применение прогнозирования режимов движения для управления гибридным приводом автомобиля / П.И. Саркисов // Молодежный научно-технический вестник. Электронный журнал – ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана", 2012. Вып. 9. <http://sntbul.bmstu.ru/doc/479108.html>.

4. De Cauwer, C.; Van Mierlo, J.; Coosemans, T. Energy Consumption Prediction for Electric Vehicles Based on Real-World Data. *Energies* 2015, 8, 8573-8593.

5. Modeling, Prediction and Optimization of Energy Consumption for Electric Vehicles and Plug-in Hybrid Electric Vehicles By Chien Ming Tseng A Dissertation Presented to the Masdar Institute of Science and Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy In Interdisciplinary Engineering. - Masdar Institute of Science and Technology. – 138 p.
6. Wang, J., Besselink, I. J. M., & Nijmeijer, H. (2015). Electric vehicle energy consumption modelling and prediction based on road information. 1-12. Paper presented at 28th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS 28), May 3-6, 2015, Goyang, Korea, Goyang, Korea, Republic of.
7. Hongwen He, et al., A method for identification of driving patterns in hybrid electric vehicles based on a LVQ neural network, *Energies*, ISSN 1996-1073, 5 (2012), 3363-3380.
8. Valera J.J, et al., Driving cycle and road grade on-board predictions for the optimal energy management in EV-PHEVs, *EVS27*, 2013, Barcelona.
9. Frank A., et al., Drive cycle prediction and energy management optimization for hybrid hydraulic vehicles, *IEEE Transaction on vehicular technology*, ISSN 0018-9545, 62(2013), 3581-3592.
10. Personalized Prediction of Vehicle Energy Consumption Based on Participatory Sensing / Chien-Ming Tseng and Chi-Kin Chau // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. Volume: PP, Issue: 99. – p. 1 – 11.
11. Бобков С.П. Моделирование систем: учебное пособие / С.П. Бобков, Д.О. Бытев; Ивановский государственный химико-технологический университет. – Иваново, 2008. – 156 с.
12. Вентцель Е.С. Прикладные задачи теории вероятностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров // *Радио и связь*, 1983. – 416 с.
13. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, приводимых в движение только двигателем внутреннего сгорания либо приводимых в движение при помощи гибридного электропривода, в отношении измерения объема выбросов двуокиси углерода и расхода топлива и/или измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге, а также транспортных средств категорий М1 и N1, приводимых в движение только при помощи электропривода, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода на электротяге: Правила ЕЭК ООН №101. - [Введены в действие 04.04.2005]. – Женева.: Европейская Экономическая комиссия Организации Объединенных наций, 2005. – 128 с.
14. Electrically propelled road vehicles - Measurement of energy performances - Part 2: Thermal electric hybrid vehicles: EN 1986 – 2:2001. – [Enacted 01.04.2001]. – Brussel.: The European Committee for Standardization, 2001. – 21 p.

REFERENCES

1. Borisenko A.O. The calculation mileage hybrid car on electricity, depending on the operating conditions [Rozrahunok probihu gibridnogo avtomobilja na elektrichnoї tязi v zalezhnosti vid umov ekspluatacii] // *Bulletin of NTU «KhPI»*. Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 9. – P. 57-61. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2078-6840.
2. Sitovskiy O.P. Analysis of the modes of movement of a small class car in urban conditions for determining the optimal capacity of rechargeable batteries in hybrid power supply / O.P.Sitovsky, A.M. Kashuba // *Bulletin of the Dal East-Ukrainian National University*. - Lugansk: Dahl East-Ukrainian National University, 2013. - Vip. 15 (204) Part 2. - p. 243-246.
3. Sarkisov P.I. Application of traffic mode prediction for driving a hybrid car [Primenenie prognozirovaniya rezhimov dvizheniya dlja upravleniya gibridnym privodom avtomobilja] / P.I. Sarkisov // *Youth scientific and technical bulletin. Electronic Journal - FGBOU VPO "MGU them. N.E. Bauman"*, 2012. № 9. <http://sntbul.bmstu.ru/doc/479108.html>.
4. De Cauwer, C.; Van Mierlo, J.; Coosemans, T. Energy Consumption Prediction for Electric Vehicles Based on Real-World Data. *Energies* 2015, 8, 8573-8593.
5. Modeling, Prediction and Optimization of Energy Consumption for Electric Vehicles and Plug-in Hybrid Electric Vehicles By Chien Ming Tseng A Dissertation Presented to the Masdar Institute of Science and Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy In Interdisciplinary Engineering. - Masdar Institute of Science and Technology. – 138 p.
6. Wang, J., Besselink, I. J. M., & Nijmeijer, H. (2015). Electric vehicle energy consumption modelling and prediction based on road information. 1-12. Paper presented at 28th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS 28), May 3-6, 2015, Goyang, Korea, Goyang, Korea, Republic of.
7. Hongwen He, et al., A method for identification of driving patterns in hybrid electric vehicles based on a LVQ neural network, *Energies*, ISSN 1996-1073, 5 (2012), 3363-3380.
8. Valera J.J, et al., Driving cycle and road grade on-board predictions for the optimal energy management in EV-PHEVs, *EVS27*, 2013, Barcelona.
9. Frank A., et al., Drive cycle prediction and energy management optimization for hybrid hydraulic vehicles, *IEEE Transaction on vehicular technology*, ISSN 0018-9545, 62(2013), 3581-3592.
10. Personalized Prediction of Vehicle Energy Consumption Based on Participatory Sensing / Chien-Ming Tseng and Chi-Kin Chau // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. Volume: PP, Issue: 99. – p. 1 – 11.
11. Bobkov S.P. Simulation of systems: a manual [Modelirovanie sistem: uchebnoe posobie] / S.P. Bobkov, D.O. Bytev; Ivanovo State Chemical Technology University. - Ivanovo, 2008. - 156 p.
12. entzel E.S. Applied problems of the theory of probabilities [Prikladnye zadachi teorii verojatnostej] / E.S. Ventzel, L.A. Ovcharov // *Radio and Communications*, 1983. - 416 p.
13. Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range, and of categories M1 and N1 vehicles powered by an electric power train only with regard to the measurement of electric energy consumption and electric range [Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, приводимых в

dvizhenie tol'ko dvigatelem vnutrennego sgoraniya libo privodimyh v dvizhenie pri pomocshi gibridnogo elektroprivoda, v otnoshenii izmereniya ob`ema vybrosov dnuokisi ugleroda i rashoda topliva i/ili izmereniya rashoda elektroenergii i zapasa hoda na elektrotjage, a takzhe transportnyh sredstv kategorij M1 i N1, privodimyh v dvizhenie tol'ko pri pomocshi elektroprivoda, v otnoshenii izmereniya rashoda elektroenergii i zapasa hoda na elektrotjage]: UNECE Regulation No. 101. - [Enacted 04.04.2005]. - Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2005 - 128 p.

14. Electrically propelled road vehicles - Measurement of energy performances - Part 2: Thermal electric hybrid vehicles: EN 1986 - 2:2001. - [Enacted 01.04.2001]. - Brussel.: The European Committee for Standardization, 2001. - 21 p.

Дембіцький В.Н., Сітовський О.Ф. Возможность применения цепей Маркова для прогнозирования режимов движения автомобилей.

Во время исследования характеристик автомобилей с электрическим приводом довольно часто возникает необходимость смоделировать различные режимы их движения. В данной статье авторами проведено исследование возможности прогнозирования режимов движения транспортных средств. Так как реальные режимы движения автомобиля, обусловлены случайными факторами, то за основу принято теорию марковских цепей. Проведено сравнение результатов теоретических исследований с городским ездовым циклом по Правилу ЕЭК ООН № 101. Для режимов остановки и движения с постоянной скоростью сходимость результатов находится в приемлемых пределах. Определенные несоответствия наблюдаются в режимах разгона и торможения. По результатам проведенных исследований установлено правильность принятых допущений и необходимость проведения более детальных исследований.

Ключевые слова: режимы движения, прогнозирование, марковские цепи, ездовой цикл, вероятность, граф состояний, финальная вероятность.

Dembitskiy V, Sitovskiy O. The possibility of using Markov chains to predict the modes of traffic of vehicles.

During the researches of the characteristics of cars with electric drive, it often becomes necessary to simulate various modes of their movement. In this article, the authors carried out a researches of the possibility of predicting the modes of movement of vehicles. Since the real modes of vehicle movement are due to random factors, the theory of Markov chains is used as a basis. The results of theoretical researches are compared with the urban driving cycle according to UNECE Regulation No. 101.

For stopping and movement at a constant speed, the convergence of the results is within acceptable limits. Certain discrepancies are observed in the modes of acceleration and deceleration. Based on the results of the conducted researches, the correctness of the assumptions made and the need for more detailed studies have been established.

Keywords: modes of movement, forecasting, Markov chains, urban driving cycle, probability, state graph, final probability.

АВТОРИ:

ДЕМБІЦЬКИЙ 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 30.09.2017р.

УДК 001.89
UDC 001.89

Дмитриченко¹ М.Ф., Дмитрієв¹ М.М., Гутаревич¹ Ю.Ф., Корпач¹ А.О.,
Розенталь² К., Кауфман² Г., Нікітін² В.

¹Національний транспортний університет (Київ, Україна)

²Університет м.Падерборн (Падерборн, Німеччина)

НАПРЯМИ ПОДАЛЬШОГО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В НАЦІОНАЛЬНОМУ ТРАНСПОРТНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Проведено аналіз існуючої системи координації науково-дослідницької та інноваційної діяльності, трансферу технологій та впровадження результатів науково-дослідних робіт в освітній процес в Національному транспортному університеті (НТУ). З використанням результатів виконання спільного німецько-українського проекту визначені перспективні напрями інтеграції наукових досліджень, академічного навчання та інновацій в НТУ.

Ключові слова: наукові дослідження, міжнародна діяльність, структура управління, заходи.

Постановка проблеми. Відповідно до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» [1], наукові дослідження є одним з основних видів діяльності, без якого не може існувати вищий навчальний заклад. Для належного виконання своїх функціональних обов'язків – навчального процесу – вищий навчальний заклад, як структурний елемент освітньої системи України, зобов'язаний вести науково-дослідницьку діяльність. Проблема проведення наукових досліджень в дорожньо-транспортній галузі для вирішення нагальних проблем на основі створення нових наукових підходів є особливо актуальною на даний час.

Результати досліджень. Ефективність наукових досліджень та результатів їх впровадження в освітній процес та виробництво в значній мірі залежать від координації науково-дослідницької діяльності.

Структурна схема управління науковими дослідженнями в НТУ показана на рис.1.

Загальне керівництво університетом здійснює ректор, законодавчим органом є Вчена рада університету, яка схвалює основні напрямки розвитку університету, погоджує стратегію та затверджує кошториси, тематику наукових досліджень тощо.

Керівництво науково-дослідницькою роботою безпосередньо здійснює перший проректор-проректор з наукової роботи. Він же спрямовує роботу з міжнародної співпраці, інформаційну та інноваційну діяльність. Ректор та перший проректор-проректор з наукової роботи входять до адміністрації університету в загальній структурі управління науковими дослідженнями в НТУ.

Одним з найбільш важливих напрямів наукової діяльності колективу університету є міжнародна співпраця, яка здійснюється через структурні підрозділи – національний Контактний Пункт «Горизонт 2020», факультети, кафедри. Допомогу в організації міжнародної співпраці через свої відділи надає НДІ «Проблеми транспорту і будівельних технологій».

Національний контактний пункт (НКП) програми «Горизонт 2020» за напрямом «Розумний, екологічно чистий, інтегрований транспорт» заснований Міністерством освіти і науки України у грудні 2013 року для сприяння інтеграції українських вищих навчальних закладів до Європейського Наукового Простору. Мета цього підрозділу – підтримка українських організацій, університетів, а також науково-дослідних інститутів, промислових підприємств та підприємств малого та середнього бізнесу, які бажають приймати участь в науково-дослідних програмах Європейського Союзу та стати частиною Європейської наукової спільноти. Згідно наказу ректора № 409 від 02 вересня 2014 року на базі Національного транспортного університету було створено Національний контактний пункт (НКП) програми «Горизонт 2020» у сфері транспорту з метою реалізації положень Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом та у відповідності до Угоди між Україною та ЄС про наукове і технологічне співробітництво з метою розширення участі української сторони у проектах програми Горизонт 2020.

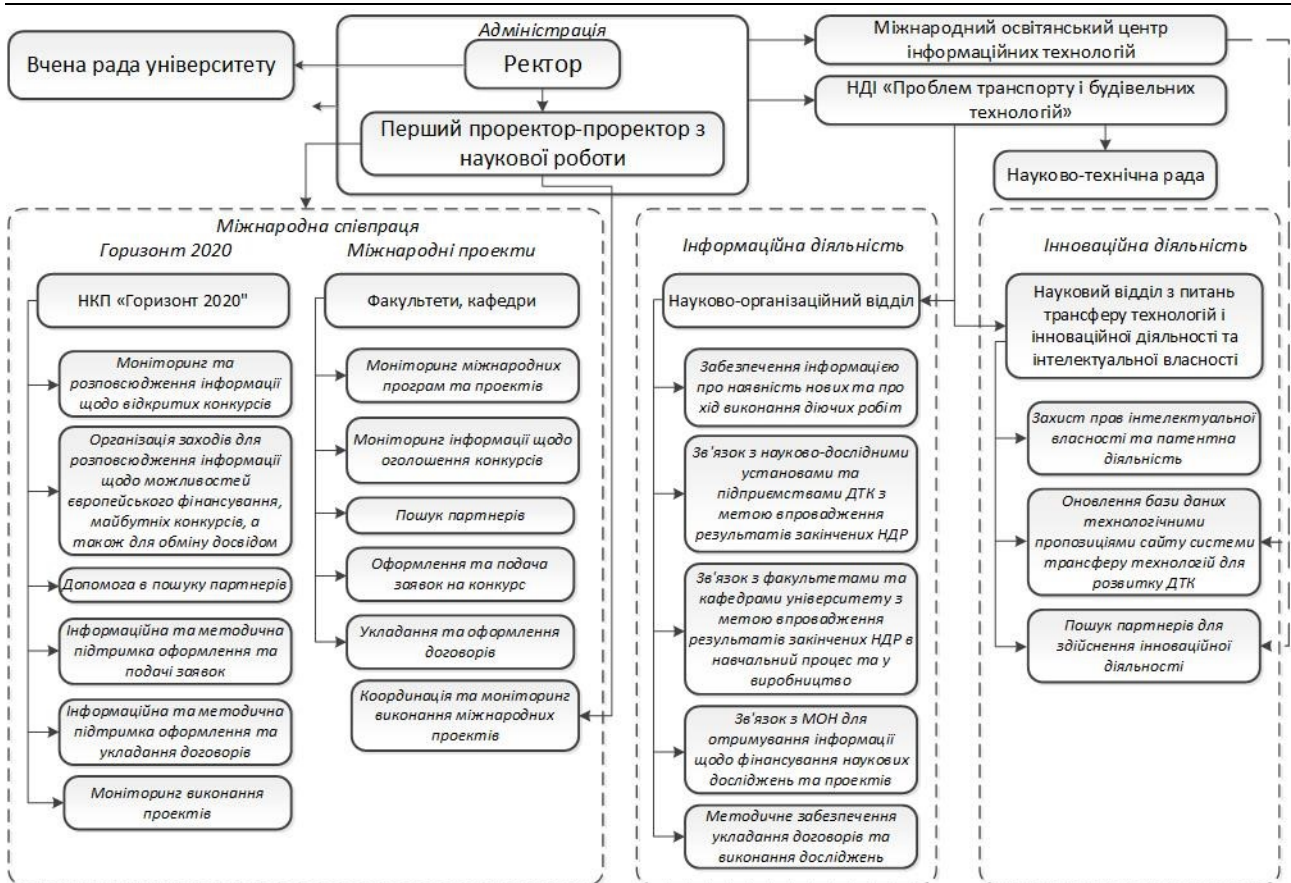


Рис.1. Структурна схема управління науковими дослідженнями в НТУ

Основними функціями НКП є моніторинг відкритих програм, організація заходів для розповсюдження інформації щодо фінансування проектів, допомога в пошуку партнерів в Україні та в країнах ЄС, ближнього та дальнього зарубіжжя, інформаційна та методична допомога в поданні заявок та укладання договорів, моніторинг виконання проектів, програм. Разом з тим, для розширення участі в міжнародних та національних дослідницьких програмах, оперативного інформування факультетів і кафедр про наявність таких програм, досягнення високої ефективності поданих заявок на виконання міжнародних проектів, підвищення їх якості та кількості доцільно створити новий підрозділ для підтримки досліджень.

В цілому, наукова діяльність в Національному транспортному університеті здійснюється через науково-дослідний інститут «Проблеми транспорту і будівельних технологій» (НДІ), який створений наказом ректора у 2000 році.

Головною метою Інституту є здійснення науково-дослідної роботи відповідно профілю та спеціалізації підготовки спеціалістів в університеті.

До складу НДІ входить науково-організаційний відділ, який забезпечує інформаційне, методичне забезпечення та координацію виконання наукових досліджень в усіх підрозділах університету.

Основні завдання та функції:

- розробка і представлення на розгляд науково-технічної ради пріоритетних напрямків наукової діяльності колективу;
- аналіз планів наукових робіт галузевих міністерств і відомств, що потребують першочергового виконання і рекомендація їх для включення до тематичного плану університету;
- методична допомога керівникам наукових досліджень по складанню науково-технічних завдань на їх виконання;
- поточне і перспективне планування наукових досліджень, як фундаментальних, так і прикладних, що фінансуються державним бюджетом, а також замовниками на госпрозрахункових засадах;

- організація виконання досліджень та розробок на сучасному науково-технічному рівні, забезпечення високої ефективності робіт, що проводяться;
- здійснення контролю за своєчасним та якісним виконанням наукових досліджень у відповідності до затвердження технічних завдань та програм;
- прискорення впровадження у виробництво результатів завершених досліджень і сприяти, таким чином, прискоренню науково-технічного прогресу в галузях автомобільного транспорту і транспортного будівництва, та надання консультацій та методичної допомоги в питаннях обрахування економічної ефективності та визначення інших видів ефективності НДР: наукової, соціальної та ін.;
- сприяння підвищенню наукової кваліфікації професорсько-викладацького складу університету, збагачення навчального процесу результатами виконаних досліджень і поліпшенню, на цій основі, якості підготовки фахівців;
- організація зв'язків з вітчизняними та закордонними науковими установами, конструкторськими, технологічними, проектними та пошуковими організаціями з питань науково-технічного співробітництва;
- підготовка пропозицій різним міністерствам та підприємствам, щодо можливості виконання наукових досліджень;
- забезпечення державної реєстрації досліджень, які проводяться, а також своєчасності та достовірності в усіх видах звітності по науково-дослідній роботі;
- забезпечення наукових колективів та окремих виконавців Держстандартами та іншими нормативними документами для успішного виконання наукових досліджень;
- здійснення аналізу відповідності науково-технічних звітів, конструкторської та технологічної документації, що випускається інститутом, вимогам Держстандарту, технічним умовам та нормативним документам, а також технічним завданням на проведення наукових досліджень;
- організація і проведення щорічної наукової конференції професорсько-викладацького складу, студентів, аспірантів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету за результатами наукових досліджень;
- аналіз запитів кафедр на проведення наукових досліджень, рецензування їх, організація і проведення внутрішньо-вузівського конкурсу проектів науково-дослідних робіт для фінансування їх із коштів державного бюджету Міністерства освіти і науки України;
- організація і проведення II-го туру Всеукраїнських студентських олімпіад з різних спеціальностей університету;
- організація і проведення прийомки результатів закінчених наукових досліджень, що фінансувались за рахунок коштів державного бюджету Міністерства освіти і науки України;
- аналіз показників наукової діяльності кафедр і факультетів університету, організація і проведення огляду-конкурсу кафедр на кращу організацію науково-дослідної роботи.

Науково-технічна Рада науково-дослідного інституту «Проблеми транспорту і будівельних технологій» (далі Рада Інституту) є колегіальним дорадчим органом управління науковою і науково-технічною діяльністю Інституту відповідно до Положення про Науково-дослідний інститут «Проблеми транспорту і будівельних технологій» Національного транспортного університету та Статуту університету.

Основним завданням Ради Інституту є здійснення аналізу та оцінки результатів наукової та науково-технічної діяльності в Інституті і визначення перспективних напрямків такої діяльності.

Рада Інституту має такі головні функції:

- обговорює актуальні науково-технічні проблеми автомобільно-дорожнього комплексу України, основні напрямки наукової, методичної, технічної, експертної і видавничої діяльності Інституту, питання координації співробітництва з іншими інститутами, підприємствами і організаціями, питання розвитку міжнародного співробітництва.
- розглядає програми і проекти розвитку Інституту, програми і плани науково-дослідних робіт, відгуки на докторські і кандидатські дисертації, а також дисертації доктора філософії, інші наукові плани і розробки, питання про присвоєння наукових звань.
- заслуховує інформацію про хід виконання науково-дослідних робіт, поточні і річні звіти про науково-технічну діяльність в Інституті або окремих підрозділах.
- розглядає результати атестації завідуючих наукових підрозділів, наукових співробітників усіх рангів, результати виборів на вакантні посади за конкурсом.
- висуває визначені наукові праці, науково-технічні розробки, відкриття та винаходи на присудження державних та інших премій України.

На початку кожного року науково-дослідним інститутом (науково-організаційний відділом) формуються тематичні плани науково-дослідних робіт:

- тематичний план на виконання науково-дослідних робіт (фундаментальні дослідження та прикладні розробки), що фінансуються за рахунок коштів Міністерства освіти і науки України (МОН України) – держбюджетний тематичний план;
- тематичний план на виконання науково-дослідних робіт на замовлення підприємств і організацій за їх кошти – госпдоговірний тематичний план;
- тематичний план науково-дослідних робіт другої половини робочого дня (в межах робочого часу) викладачів.

За пропозиціями кафедр формується тематичний план науково-дослідних робіт другої половини робочого дня викладачів, який затверджується на засіданні Науково-технічної ради університету.

На базі Національного транспортного університету відповідно наказу МОН України № 1611 від 22 листопада 2013 року з метою вирішення проблем організації комерціалізації науково-технічних результатів університетських розробок створена система трансферу енерго- та ресурсозберігаючих технологій для розвитку дорожньо-транспортного комплексу України.

Для належної організації функціонування системи та забезпечення захисту інтелектуальної власності, проведення робіт з інноваційної діяльності університету наказом ректора № 2 від 4 січня 2016 року створений науковий відділ з питань трансферу технологій, інноваційної діяльності та інтелектуальної власності (рис.1).

Відділ є науковим підрозділом науково-дослідного інституту «проблем транспорту і будівельних технологій» університету і здійснює свою діяльність в єдиному комплексі наукової, науково-технічної, науково-дослідної діяльності університету, підпорядковується першому проректору-проректору з наукової роботи та директору науково-дослідного інституту.

Основними завданнями відділу є:

- участь у межах своєї компетенції в реалізації державної політики у сфері трансферу технологій, інноваційної діяльності, охорони прав інтелектуальної власності;
- проведення та організація досліджень з метою виявлення об'єктів права інтелектуальної власності, що створюються в результаті наукової та науково-технічної діяльності університету;
- виявлення (ідентифікація) конкурентоспроможної науково-технічної продукції університету для подальшої комерціалізації;
- визначення технологій та їх складових за результатами ідентифікації конкурентоспроможних наукових і науково-технічних розробок університету;
- методичне забезпечення, охорона прав на винаходи, корисні моделі, комерційні таємниці, комп'ютерні програми, бази даних та інші об'єкти інтелектуальної власності (оів), що створюються в університеті;
- проведення та організація маркетингових, патентно-кон'юнктурних досліджень;
- здійснення заходів з використання результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (ндккр), об'єктів права інтелектуальної власності наукоємної продукції університету, підтримка ліцензійної діяльності університету, трансферу технологій.

Пріоритетними напрямками діяльності в області інформаційних технологій в університеті є впровадження сучасних інформаційних технологій в навчальний процес, управлінську та науково-методичну діяльність, дистанційне навчання, бібліотечну справу із створенням електронних баз даних, трансфер технологій та діяльність міжнародних проектів. Це здійснюється через міжнародний освітнянський центр інформаційних технологій, який в структурній схемі управління науковими дослідженнями в НТУ (рис. 1) представлений окремим елементом, підпорядкований адміністрації університету. Комп'ютерна мережа НТУ розвивається та удосконалюється в єдиному інформаційному просторі з Українською науково-освітньою телекомунікаційною мережею «Уран», яка дає можливість працювати в режимі он-лайн з інформаційними ресурсами пан-Європейської науково-освітньої мережі GEANT 2, вітчизняними та зарубіжними закладами освіти, підприємствами та міжнародними організаціями. На теперішній час університетська мережа об'єднує в єдине інформаційне поле більш як 1500 робочих місць співробітників та студентів.

У 2016 році був створений та впроваджений інформаційний сайт Національного Контактного Пункту програми HORIZON 2020 за напрямком «Розумний, екологічний та інтегрований транспорт» (www.nkr.ntu.edu.ua). На сайті розміщена інформація про: Програму HORIZON 2020, НКП, новини,

проведені заходи, транспорт у Програмі HORIZON 2020, план роботи НКП, учасників проекту та контакти.

В університеті впроваджений і функціонує інформаційно-програмний комплекс системи трансферу енерго- та ресурсозберігаючих технологій для розвитку дорожньо-транспортного комплексу України. На сьогодні комплекс представлений також і в англійській версії, це дає змогу зацікавленим закордонним організаціям отримувати інформацію про розробки нашого університету. Інформаційно-комунікаційний комплекс, окрім пошуку потенційних покупців, надає інформацію з питань, пов'язаних із дорожньо-транспортною галуззю, в тому числі - автомобільним сектором. Комплекс дозволяє знаходити партнерів (спеціалістів в конкретних галузях) для спільної розробки або фінансування інноваційних технологій.

За результатами конкурсу спільних українсько-німецьких науково-дослідних проєктів, оголошеного Міністерством освіти і науки України та Федеральним міністерством освіти та досліджень Німеччини, в період з 15 квітня 2016 року по 03 червня 2016 року Національному транспортному університету (Україна) та Університету м. Падерборн (Німеччина) Міністерством освіти і науки України було затверджено фінансування проєкту «Розробка та поширення концепції Сприяння інтеграції науки, освіти та інновацій в Національному транспортному університеті м. Київ» (Development and Dissemination of a Concept Fostering the Integration of Research, Education and Innovation at the National Transport University, Kiev (CIREI)).

Загальна мета проєкту: створення в Національному транспортному університеті організаційних, інформаційних, технологічних, методичних та адміністративних передумов з метою більш ефективного використання свого наукового потенціалу в майбутньому і активізація своєї діяльності в міжнародних та національних дослідницьких програмах на систематичній основі.

Проєкт виконується в 2017 – 2018 роках.

За результатами аналізу існуючої системи інтеграції наукових досліджень, академічного навчання та інновацій в Національному транспортному університеті [2,3] та ознайомлення з структурою управління науковими дослідженнями в університеті м. Падерборн виконавці проєкту з української та німецької сторін спільно розробили попередню схему створення і функціонування концептуальних структур і заходів в Національному транспортному університеті. Схема такої системи показана на рис. 2.

В першому наближенні, як особливості даної системи, можна зазначити:

Створення на громадських засадах дослідницької (наукової) ради з функціями, аналогічними функціям комісії з досліджень в університеті м. Падерборн, а саме:

- визначення стратегічних напрямів та політики досліджень;
- представництво НТУ в національних та міжнародних дослідницьких комітетах та конференціях;
- систематична та стратегічна підтримка всієї дослідницької діяльності НТУ;
- управління та контроль по впровадженню результатів наукових досліджень НТУ;
- створення та управління дослідницьким фондом НТУ;
- створення спільних дослідницьких центрів та наукових груп з науково-дослідними інститутами по вирішенню окремих проблем дорожньо-транспортного комплексу України;
- підтримка та мотивація молодих вчених.

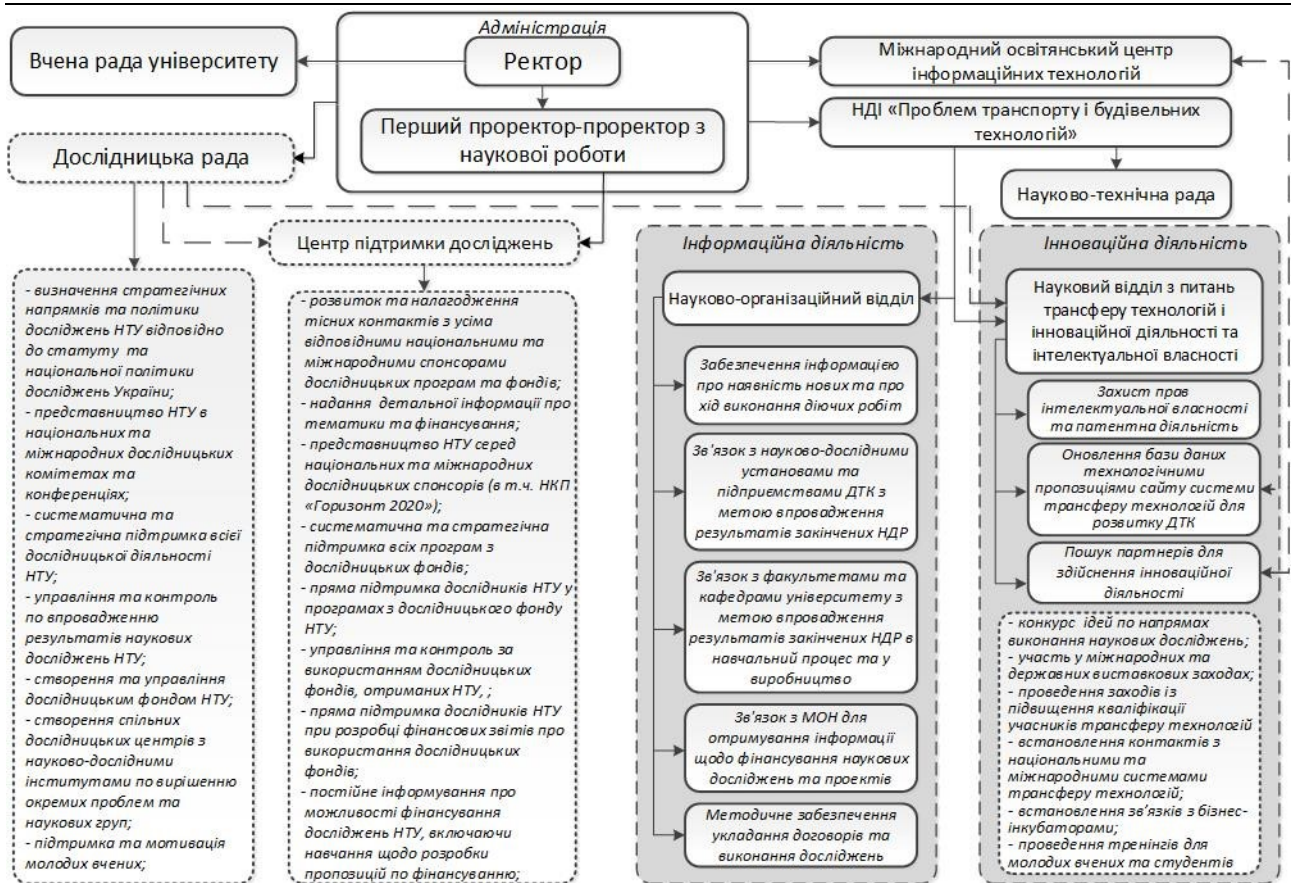


Рис. 2. Попередня схема створення і функціонування концептуальних структур і заходів в НТУ

Створення центру підтримки досліджень з функціями:

- розвиток та налагодження тісних контактів з усіма відповідними національними та міжнародними спонсорами дослідницьких програм та фондів;
- надання детальної інформації про тематику та фінансування;
- представництво НТУ серед національних та міжнародних дослідницьких спонсорів (в т.ч. НКП «Горизонт 2020»);
- систематична та стратегічна підтримка всіх програм з дослідницьких фондів;
- пряма підтримка дослідників НТУ у програмах з дослідницького фонду НТУ;
- управління та контроль за використанням дослідницьких фондів, отриманих НТУ, ;
- пряма підтримка дослідників НТУ при розробці фінансових звітів про використання дослідницьких фондів;
- постійне інформування про можливості фінансування досліджень НТУ, включаючи навчання щодо розробки пропозицій по фінансуванню;

Розширення і визначення додаткових функцій відділу трансферу технологій, інноваційної діяльності та інтелектуальної власності, а саме :

- проведення конкурсів ідей по напрямках виконання наукових досліджень;
- участь у міжнародних та державних виставкових заходах;
- проведення заходів із підвищення кваліфікації учасників трансферу технологій;
- встановлення контактів з національними та міжнародними системами трансферу технологій;
- встановлення зв'язків з бізнес-інкубаторами;
- проведення тренінгів для молодих вчених та студентів.

Висновки. При розробленні концепції Сприяння інтеграції науки, освіти та інновацій в Національному транспортному університеті доцільно приділити увагу створенню дослідницької ради з функціями, аналогічними функціям комісії з досліджень в університеті м.Падерборн. створенню центру підтримки досліджень, розширенню функцій відділу трансферу технологій, інноваційної діяльності та інтелектуальної власності

1. Закон України «Наукову і науково-технічну діяльність» № 848-VIII від 25 листопада 2015 р. – Голос України від 15.01.2016 – № 6.
2. М.Ф.Дмитриченко. Про стан та перспективи наукових досліджень в Національному транспортному університеті. М.Ф.Дмитриченко, М.М.Дмитрієв, Ю.Ф.Гутаревич, А.О.Корпач, А.Ю.Шпиг. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»: – К.: НТУ, 2017. – Випуск 3(39). –С. 3–11.
3. М.Ф.Дмитриченко. Стан та перспективи наукових досліджень в Національному транспортному університеті. М.Ф.Дмитриченко, М.М.Дмитрієв, Ю.Ф.Гутаревич, А.О.Корпач, С.В.Карев, І.А.Рутковська. Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. Зб. наук. праць. – Миколаїв: МТУ «Миколаївська політехніка», 2017. –С.20–22.

REFERENCES

- 1.The Law of Ukraine "Scientific and Scientific-Technical Activity" No. 848-VIII of November 25, 2015 - Voice of Ukraine dated January 15, 2016 - No. 6.
- 2.M.F. Dmytrychenko. About the state and prospects of scientific research at the National Transport University. M.F. Dmytrychenko, M.M. Dmytriiev, Y.F.Gutarevich, A.O.Korpach, A.Y. Spyg. of The National Transport University bulletin. A Scientific and technical journal: - K .: NTU, 2017. - Issue 3 (39). -P. 3-11.
- 3.M.F. Dmytrychenko. The state and prospects of scientific research at the National Transport University. M.F. Dmyrychenko, M.M. Dmytryev, Y.F.Gutarevich, A.O.Korpach, S.V.Karev, I.A.Rutkovska. New ways of creation, operation, repair and service of automobiles. Collect. sciences works. -Mykolayiv: MTU "Nikolaev Polytechnic", 2017. -S.20-22.

Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Розенталь К., Кауфман Г., Нікітін В.М. Напрями подальшого підвищення ефективності наукових досліджень в національному транспортному університеті

Проведено аналіз існуючої системи координації науково-дослідницької та інноваційної діяльності, трансферу технологій та впровадження результатів науково-дослідних робіт в освітній процес в Національному транспортному університеті (НТУ). З використанням результатів виконання спільного німецько-українського проекту визначені перспективні напрями інтеграції наукових досліджень, академічного навчання та інновацій в НТУ.

Ключові слова: наукові дослідження, міжнародна діяльність, структура управління, заходи.

Дмитриченко Н.Ф., Дмитрієв Н.Н., Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.А., Розенталь К., Кауфман Г., Нікітін В.Н. Направления дальнейшего повышения эффективности научных исследований в национальном транспортном университете

Проведен анализ существующей системы координации научно-исследовательской и инновационной деятельности, трансфера технологий и внедрения результатов научно-исследовательских работ в образовательный процесс в Национальном транспортном университете (НТУ). С использованием результатов выполнения совместного немецко-украинского проекта определены перспективные направления интеграции научных исследований, академического обучения и инноваций в НТУ.

Ключевые слова: научные исследования, международная деятельность, структура управления, мероприятия.

Dmytrychenko M.F., Dmytriiev M.M., Gutarevich Y.F., Korpach A.A., Rosenthal K., Kaufman G., Nikitin V.M. Directions of further increasing the scientific research efficiency at the National Transport University

The analysis of the existing system of research coordination and innovation activities, the transfer of technologies and the introduction of research results into the educational process at the National Transport University (NTU) was carried out. Perspective directions for integrating scientific research, academic learning and innovation at the NTU were identified by using the results of the joint German-Ukrainian project.

Key words: scientific research, international activity, management structure, activities.

АВТОРИ:

ДМИТРИЧЕНКО Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, ректор, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua

ДМИТРИЄВ Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор, перший проректор-проректор з наукової роботи, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: dnn327@ukr.net

ГУТАРЕВИЧ Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: yugutarevich@gmail.com

КОРПАЧ Анатолій Олександрович, кандидат технічних наук, професор, професор кафедри «Двигуни і теплотехніка», Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: akorpach@ukr.net

РОЗЕНТАЛЬ Клаус, Prof. Dr. Prof. E. h. Dr. h. c. mult., кафедра «Маркетинг», Університет м.Падерборн, м.Падерборн, Німеччина, e-mail: klaus.rosenthal@wiwi.upb.de

КАУФМАН Гидо, Dr., кафедра «Маркетинг», Университет м.Падерборн, м.Падерборн, Німеччина, e-mail: gk@mail.uni-paderborn.de

НИКИТИН Вячеслав Миколайович, Dr., кафедра «Маркетинг», Университет м.Падерборн, м.Падерборн, Німеччина, e-mail: vnikitin@mail.uni-paderborn.de

АВТОРЫ:

ДМИТРИЧЕНКО Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, ректор, Национальный транспортный университет, Киев, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua

ДМИТРИЕВ Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, первый проректор-проректор по научной работе, Национальный транспортный университет, Киев, e-mail: dnn327@ukr.net

ГУТАРЕВИЧ Юрий Федосеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», Национальный транспортный университет, Киев, e-mail: yugutarevich@gmail.com

КОРПАЧ Анатолий Александрович, кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры «Двигатели и теплотехника», Национальный транспортный университет, Киев, e-mail: akorpach@ukr.net

РОЗЕНТАЛЬ Клаус, Prof. Dr. Prof. E. h. Dr. h. c. mult., кафедра «Маркетинг», Университет г.Падерборн, г.Падерборн, Германия, e-mail: klaus.rosenthal@wiwi.upb.de

КАУФМАН Гидо, Dr., кафедра «Маркетинг», Университет г.Падерборн, г.Падерборн, Германия, e-mail: gk@mail.uni-paderborn.de

НИКИТИН Вячеслав Николаевич, Dr., кафедра «Маркетинг», Университет г.Падерборн, г.Падерборн, Германия, e-mail: vnikitin@mail.uni-paderborn.de

AUTHORS:

DMYTRYCHENKO Mykola, Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, National Transport University, Kyiv, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua

DMYTRIIEV Mykola, Doctor of Technical Sciences, Professor, First Vice-Rector-Vice-Rector for Scientific Work, National Transport University, Kyiv, e-mail: dnn327@ukr.net

GUTAREVICH Yuriy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Engines and Heat Engineering", National Transport University, Kyiv, e-mail: yugutarevich@gmail.com

KORPACH Anatoly, Candidate of Technical Science, Professor, Professor of the Department "Engines and Heat Engineering", National Transport University, Kyiv, e-mail: akorpach@ukr.net

ROSENTHAL Klaus, Prof. Dr. Prof. E. h. Dr. h. c. mult., Department of Marketing, University of Paderborn, Paderborn, Germany, e-mail: klaus.rosenthal@wiwi.upb.de

KAUFMAN Guido, Dr., Department of Marketing, University of Paderborn, Paderborn, Germany, e-mail: gk@mail.uni-paderborn.de

NIKITIN Vyacheslav, Dr., Department of Marketing, University of Paderborn, Paderborn, Germany, e-mail: vnikitin@mail.uni-paderborn.de

Стаття надійшла в редакцію 9.10.2017 р.

Кайдалов Р.О.
Національна академія Національної гвардії України

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПОЛОЖЕННЯ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ З ТРАНСФОРМЕРНОЮ ХОДОВОЮ ЧАСТИНОЮ

Визначено обмеження на розміри бази й колії гібридних автомобілів за умовою стійкості положення при трансформерному виконанні їх ходової частини. Отримано умови відриву передніх та задніх коліс при гальмуванні у разі руху назад та відповідно руху вперед та умову відсутності відриву коліс передньої та задньої осей від опорної поверхні.

Ключові слова: стійкість, трансформерна ходова частина, база, колія, центр мас, відрив коліс.

Постановка проблеми. Стійкість положення автомобілів у поздовжній й поперечній площинах визначається положенням центру мас відносно його крайніх опорних точок [1]. Застосування електроприводу ведучих коліс дозволяє виконувати ходову частину автомобіля трансформерною, тобто з поздовжньою колісною базою (базою) та поперечною колісною базою (колією), що змінюються [2 - 6].

Застосування трансформерної ходової частини дає можливість зробити рівними сумарні нормальні реакції на усіх колесах, що дозволяє підвищити вантажопідйомність автомобілів й збільшити ресурс пневматичних шин, що особливо актуальне для військової колісної техніки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Результати досліджень. Стійкість положення автомобілів поділяють на статичну та динамічну. Під статичною стійкістю розуміють стійкість, що зберігає автомобіль при відсутності руху, що збурює. У цьому випадку усі колеса автомобіля зберігають контакт з опорною поверхнею. У класичній літературі [7, 8, 9] критеріями статичної стійкості положення є кути поздовжньої й поперечної стійкості

$$\alpha_n = \arctg\left(\frac{a}{h}\right); \quad (1)$$

$$\alpha_z = \arctg\left(\frac{b}{h}\right), \quad (2)$$

$$\chi = \arctg\left[\frac{B}{(2h)}\right]. \quad (3)$$

У рівняннях (1,2,3) прийняті такі позначення:

α_n , α_z – граничні кути спуску й підйому дороги за умовою поздовжньої стійкості положення автомобілів;

a , b – відстань від передньої й задньої осей автомобіля до проекції центру мас на горизонтальну площину;

h – висота центру мас автомобіля;

B – колія автомобіля.

Слід відмітити, що критерієм втрати статичної стійкості автомобіля є рівність нулю нормальних реакцій дороги або на колесах однієї осі або одного борту [9]. Оцінювати стійкість положення автомобіля у поздовжній площині по кутах α_n й α_z можна лише у режимі гальмування. Для того, щоб створити момент, що перекидає автомобіль необхідно загальмувати його колеса до їх блокування. Таким чином, слід розглядати стійкість положення автомобіля у поздовжній площині при гальмуванні коліс на горизонтальній площині, так як на схилі [1].

Також можна зробити висновок про те, що граничні кути α_n й α_z є критеріями не тільки статичної, але й динамічної стійкості положення, оскільки визначають граничні кути повороту остову автомобіля у поздовжній площині при наявності руху, що збурює.

Однак, у відомих дослідженнях [1–6] не розглянуті питання забезпечення стійкості положення колісних машин, які виконані за модульно – трансформерному принципу побудови при зміні колії та бази автомобілів у процесі їх експлуатації.

Мета та постановка задач дослідження. Метою дослідження є визначення допустимих меж зміни бази і колії автомобіля при трансформерному виконанні його ходової частини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– визначити межу допустимого зменшення бази двохвісного автомобіля й тривісного автомобіля з балансірною підвіскою середнього і заднього мостів;

– оцінити можливість підвищення стійкості положення автомобіля у поперечній площині за рахунок збільшення колії.

Результати досліджень. Визначення меж допустимого зменшення бази автомобілів.

Розглянемо стійкість положення колісної машини у повздовжній площині двохвісного автомобіля (рис. 1).

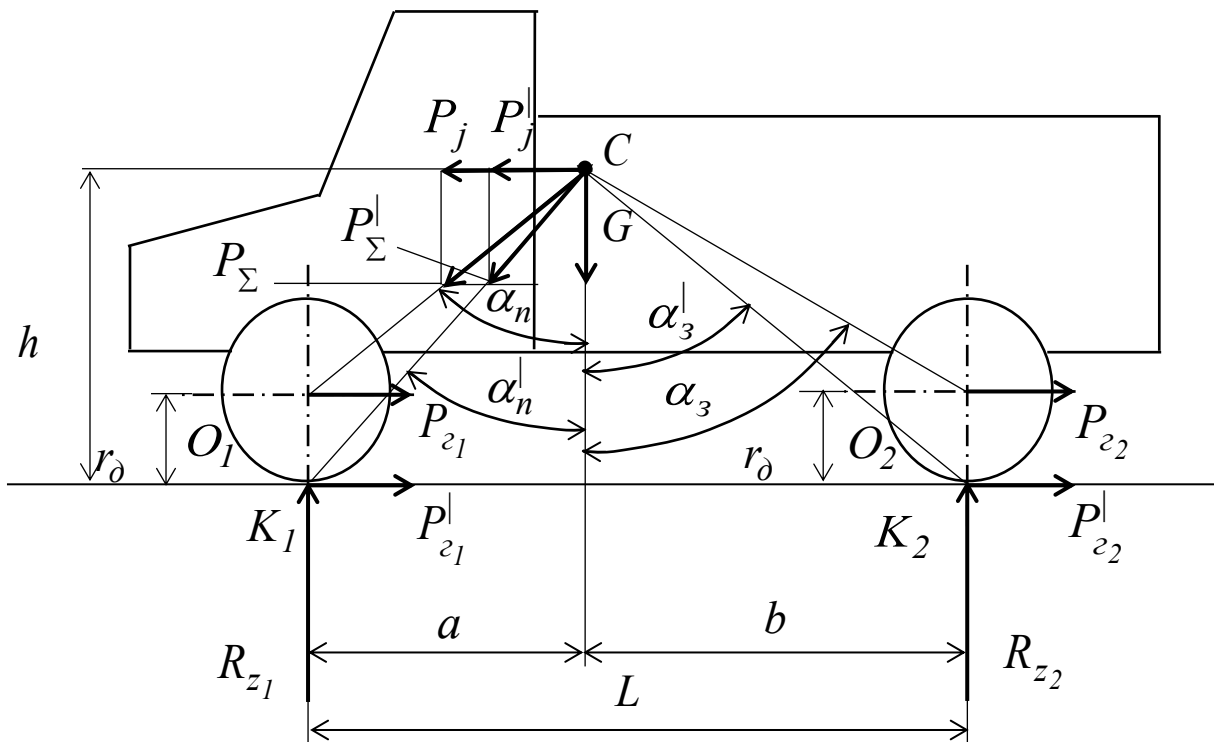


Рис. 1 Схема сил що діють на двохвісний автомобіль при гальмуванні на прямому ході

точках контакту з дорогою сил опору руху, де можливість відриву коліс або перекидання доцільно розглядати при гальмуванні. При гальмуванні автомобіля на задньому ході сили P_{z1} ; $P_{z1}^|$; P_{z2} ; $P_{z2}^|$; P_j ; $P_j^|$ змінять свої знаки на протилежні.

Відомі співвідношення (1) й (2) визначають умови початку перекидання автомобіля у повздовжній площині при заблокованих колесах. При незаблокованих колесах сумарні гальмівні сили на осях прикладаються не у п'ятнах контакту коліс з дорогою (точки K_1 , K_2 ; а й на осях автомобіля (точки O_1 , O_2) [5]. У цьому випадку плече моменту, що перекидає, який створюється парою сил $P_z = P_{z1} + P_{z2}$ й P_j складає $h - r_d$ (де r_d – динамічний радіус коліс). При заблокованих колесах плече моменту, що перекидає, який створюється парою сил $P_z^| = P_{z1}^| + P_{z2}^|$ й $P_j^|$, це висота центру мас автомобіля h .

У зв'язку з цим, можна зробити висновок про те, що при розгоні (навіть при реалізації граничних сил за зчепленням коліс з дорогою повнопривідного автомобіля) небезпека перекидання машини у повздовжній площині нижче, ніж у поперечній.

У разі гальмування з незаблокованими колесами й у випадку розгону автомобіля рівняння (1) й (2) приймуть вигляд

$$\alpha_n = \operatorname{arctg}\left(\frac{a}{h-r_\delta}\right); \quad (4)$$

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{b}{h-r_\delta}\right). \quad (5)$$

Найбільш небезпечним випадком є гальмування при заблокованих колесах [1], оскільки $\alpha_n^1 < \alpha_n$ й $\alpha_3^1 < \alpha_3$ (див. рис. 1). При трансформерному виконанні ходової частини двовісного автомобіля намагаються отримати величину бази автомобіля, що дорівнює

$$L^1 = \begin{cases} 2a & \text{при } a < b; \\ 2b & \text{при } b < a. \end{cases} \quad (6)$$

У цьому випадку

$$\alpha_n = \alpha_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{L}{2h}\right). \quad (7)$$

Визначимо умову відриву коліс передньої або задньої осей від дороги при гальмуванні автомобіля із заблокованими колесами (рис. 1). Сумарні нормальні реакції на осях автомобіля

$$R_{z_1} = G\left(\frac{b}{L} \pm \frac{P_j}{G} \frac{h}{L}\right); \quad (8)$$

$$R_{z_2} = G\left(\frac{a}{L} \mp \frac{P_j}{G} \frac{h}{L}\right). \quad (9)$$

У рівняннях (8) та (9) верхній знак відноситься для випадку гальмування автомобіля при русі вперед, а нижній при русі назад.

Відрив коліс передньої або задньої осей автомобіля від опорної поверхні дороги настає при рівності нулю R_{z_1} або R_{z_2} . Враховуючи, що при гальмуванні із заблокованими колесами справедливе співвідношення

$$P_j = G\varphi_x, \quad (10)$$

перетворимо (8) та (9) до вигляду

$$R_{z_1} = G\left(\frac{b}{L} \pm \varphi_x \frac{h}{L}\right); \quad (11)$$

$$R_{z_2} = G\left(\frac{a}{L} \mp \varphi_x \frac{h}{L}\right). \quad (12)$$

де φ_x – поведовжній коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою.

Умовою відриву передніх коліс при гальмуванні при русі назад

$$\varphi_x = \frac{b}{h} \quad (13)$$

Умовою відриву задніх коліс при гальмуванні автомобіля при русі вперед

$$\varphi_x = \frac{a}{h} \quad (14)$$

Відповідно, умовою відсутності відриву коліс передньої та задньої осей будуть

$$\alpha_n > \arctg(\varphi_{x_{\max}}); \quad (15)$$

$$\alpha_3 > \arctg(\varphi_{x_{\max}}). \quad (16)$$

де $\varphi_{x_{\max}}$ – максимальне значення поєздовжнього коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою.

У разі розташування центру мас в середині бази $a = b = L^{\downarrow} / 2$. Відповідно, умовою відсутності відриву передніх та задніх коліс від опорної поверхні будуть

$$\frac{L^{\downarrow}}{2h} > \varphi_{x_{\max}}, \quad (17)$$

звідси

$$L^{\downarrow} > 2h\varphi_{x_{\max}}. \quad (18)$$

Таким чином, при регулюванні бази автомобіля необхідно забезпечити умову (18).

Розглянемо тривісний автомобіль (рис. 2). При гальмуванні при русі вперед автомобіль з балансірною підвіскою середнього та заднього мостів (рис. 2а) й автомобіля з балансірною підвіскою переднього та середнього мостів (рис. 2б) рекомендована база визначається наступним чином

$$L^{\downarrow} = 1,5a, \text{ – рис. 2а,} \quad (19)$$

$$L^{\downarrow} = 1,5b \text{ – рис. 2б} \quad (20)$$

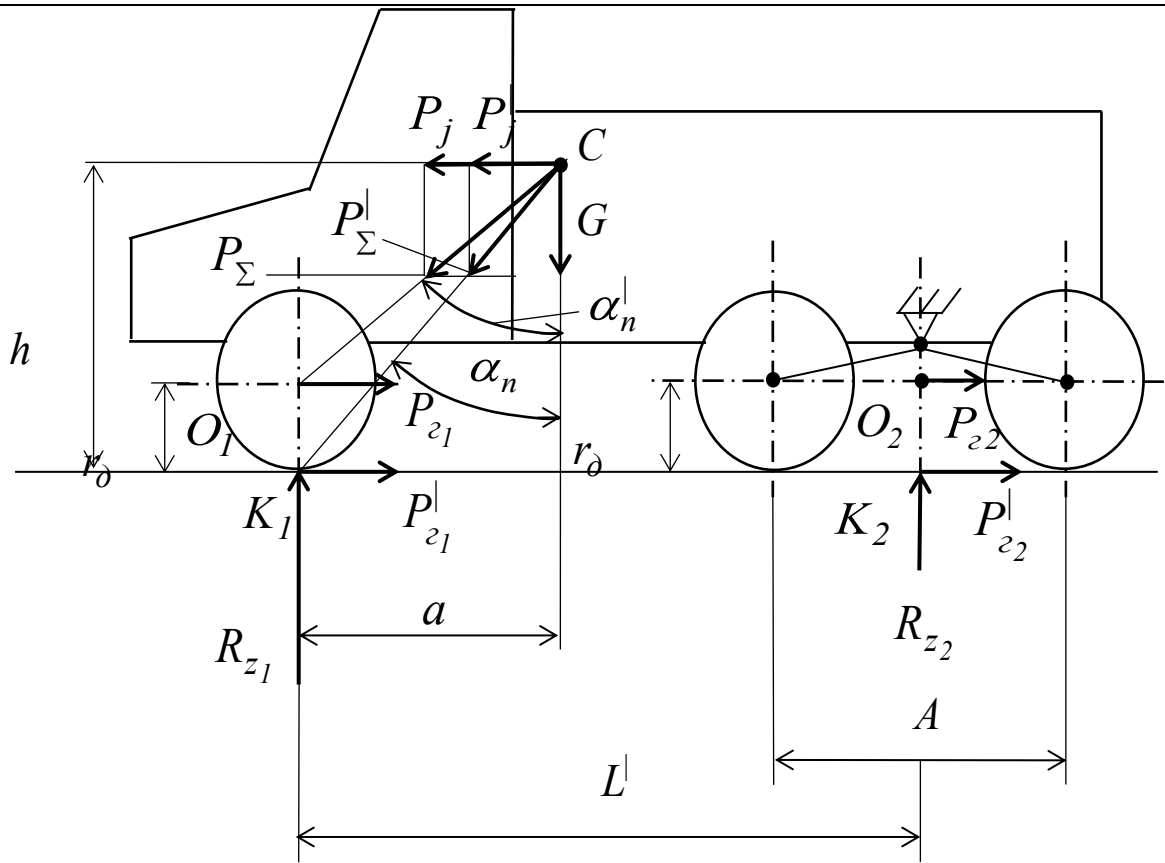
У відповідності з умовами (13) та (14), які справедливі для випадків, що розглядаються, мінімальна база автомобіля повинна знаходитись в області (див. рис. 2)

$$L^{\downarrow} \geq 1,5b\varphi_{x_{\max}}. \quad (21)$$

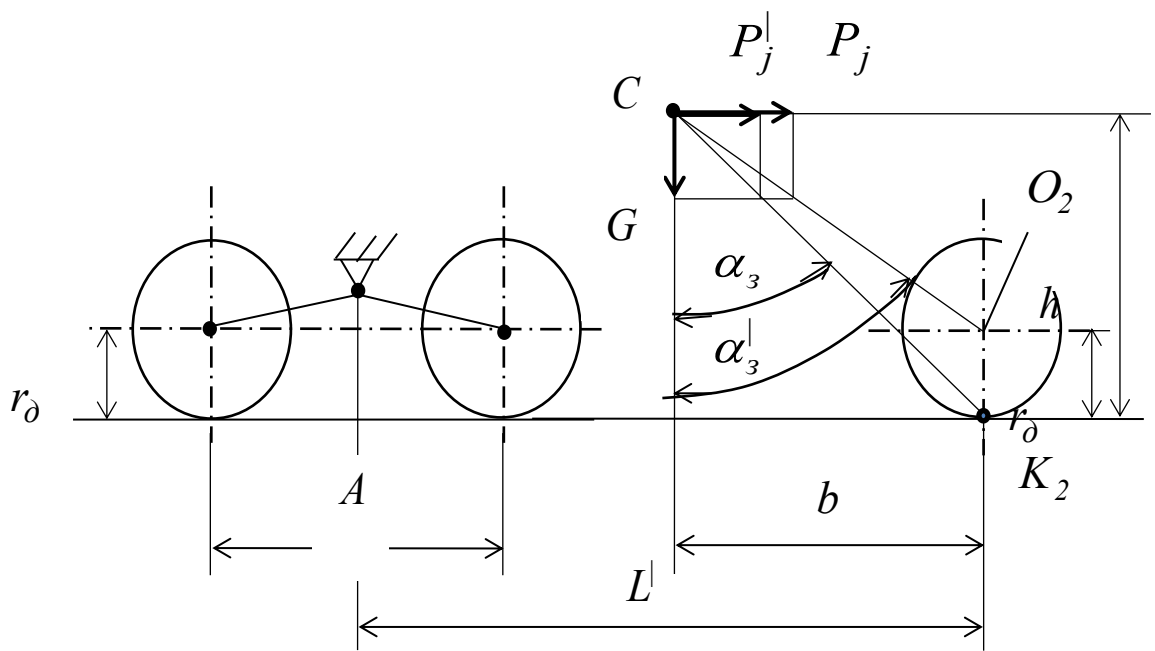
Виконання умови (21) запобігає відриву коліс балансірного візка від дороги при гальмуванні як у випадку, що наведений на рис. 2а, так й у випадку, який наведений на рис. 2б. Відрив колеса передньої осі (рис. 2а) й задньої осі (рис. 2б) у даних випадках малоімовірний й можливий лише при наїзді на перешкоду, що долається.

Таким чином, нами отримані межі допустимого зменшення баз двох та тривісних автомобілів при трансформерному виконанні ходової частини.

Підвищення стійкості положення автомобілів у поперечній площині за рахунок збільшення колії.



a



б

Рис. 2 Схема сил, що діють на тривісний автомобіль при гальмуванні

Умовою стійкості положення автомобіля у поперечній площині забезпечується при виконанні умови (3). При проектуванні автомобілів її намагаються виконати при відомій висоті h центру мас C та колії B у разі знаходження центру мас на поздовжній площині, що проходить через вісь симетрії автомобіля. Однак в процесі експлуатації автомобілів при асиметричному завантаженні кузова центр мас C може бути зміщений у поперечній площині на відстань e (рис. 3). Розглянемо можливість зміщення ведучих коліс з комбінованим (електромеханічним) приводом у поперечній площині для забезпечення заданого кута поперечної стійкості.

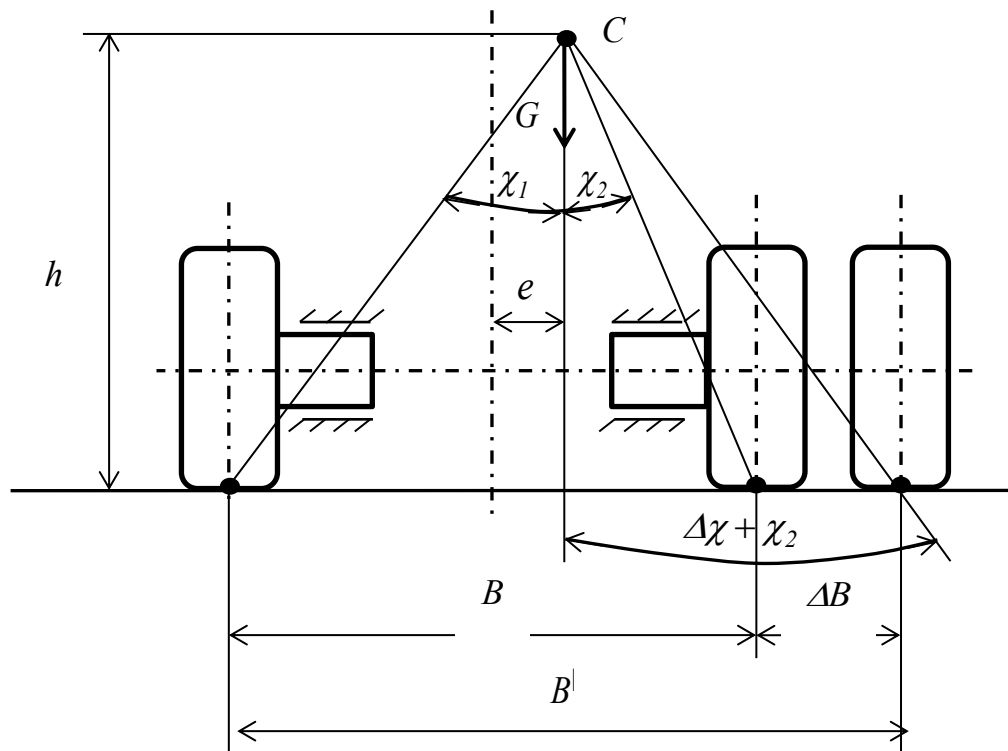


Рис. 3 Схема для визначення необхідної зміни колії машини для забезпечення стійкості положення автомобіля у поперечній площині

Мінімальний кут поперечної стійкості автомобіля χ_{\min} повинен визначатись через максимальне значення бокового коефіцієнту зчеплення $\varphi_{y_{\max}}$ з дорогою, тобто

$$\chi_{\min} = \arctg \varphi_{y_{\max}}. \quad (22)$$

При асиметричному розташуванні центру мас автомобіля у поперечній площині ми маємо два різних значення кутів поперечної стійкості

$$\chi_1 = \arctg \frac{0,5B + e}{h} \quad (23)$$

й

$$\chi_2 = \arctg \frac{0,5B - e}{h}. \quad (24)$$

Очевидно (рис.3), що $\Delta B = e$, тоді

$$B^l = B + e. \quad (25)$$

Сумісне рішення рівнянь (3) й (22) при симетричному розташуванні центру мас автомобіля у поперечній площині дозволяє визначити межу допустимого зменшення колії автомобіля при трансформерному виконанні його ходової частини

$$B \geq 2h\varphi_{y_{\max}}. \quad (26)$$

Висновки.

Отримано:

– умову відриву: передніх та задніх коліс при гальмуванні у разі руху назад та відповідно руху вперед;

– умову відсутності відриву коліс передньої та задньої осей від опорної поверхні;

– аналітичні вирази, що дозволяють визначати межі допустимого зменшення баз двох та тривісних автомобілів при трансформерному виконанні ходової частини;

– аналітичні вирази, що дозволяють визначати межу допустимого зменшення колії автомобіля при трансформерному виконанні його ходової частини.

Отримані результати можуть бути використані при створенні гібридних автомобілів (з комбінованим електромеханічним приводом ведучих коліс) модульної конструкції з трансформерною ходовою частиною.

1. Манёвренность и тормозные свойства колёсных машин : монография / М.А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Кирчатый, А.А. Бобошко. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с.

2. Подригало М. А. Забезпечення раціонального розподілу нормального навантаження між осями автомобілів та бойових машин з електричним приводом ведучих коліс / М.А. Подригало, Р.О. Кайдалов // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – 2017. – №1(29). – С. 15-21.

3. Кайдалов Р.О. Дослідження можливості зниження енергетичних втрат автомобіля при використанні гібридного електромеханічного приводу ведучих коліс / Р.О. Кайдалов // Системи обробки інформації. – 2016. – №9. – С. 13-17.

4. Подригало М. А. Застосування методу парціальних прискорень для оцінки тягово-швидкісних властивостей автомобілів та бойових машин / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов, Р.О. Кайдалов // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – 2016. – №2(28). – С. 16-21.

5. Подригало М.А. Оцінка динамічних властивостей й енергетичної економічності автомобілів з безступінчастою автоматичною трансмісією / М.А. Подригало, Р. О. Кайдалов, О.М. Жовтоног // Наукові нотатки. – 2017. – №57. – С. 152-160.

6. Кайдалов Р.О. Оцінка енергетичної ефективності застосування електричної трансмісії колісної машини / Р.О. Кайдалов // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2017. – №25 (1247). – С. 86-89.

7. Коновалов В.Ф. Устойчивость и управляемость машинно-тракторных агрегатов : учеб. пособ. / В.Ф. Коновалов. – Пермь : Пермское книжное издательство, 1969. – 440 с.

8. Чудаков Д.А. Основы теории трактора и автомобиля : учебник / Д.А. Чудаков. – М. : Сельхозиздат, 1962. – 312 с.

9. Основы теории автомобиля и трактора : учебник / В.В. Иванов, В.А. Иларионов, М.М. Морин. – Москва : Высшая школа, 1977. – 245 с.

10. Динамика автомобиля : монография / М.А. Подригало, В.П. Волков, А.А. Бобошко. – Харьков : ХНАДУ, 2008. –424 с.

REFERENCES

1. Podrigalo, M.A., Volkov, V.P., Kirchatyiy, V.I., Boboshko, A.A. (2003). *Manyovrennost i tormoznyie svoystva kolyosnyih mashin* [Maneuverability and braking properties of wheeled vehicles]. Harkov: HNADU [in Ukrainian].

2. Podrigalo, M.A., Kaidalov, R.O. (2017). Zabezpechennya ratsional'noho rozpodilu normal'noho navantazhennya mizh osyamy avtomobiliv ta boyovykh mashyn z elektrychnym pryvodom veduchykh kolis [Provision of rational distribution of normal load between axles of cars and combat vehicles with electric drive of driving wheels]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noyi akademiyi Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy*, 1(29), 15-21 [in Ukrainian].

3. Kaidalov, R.O. (2016). Doslidzhennya mozhlyvosti znyzhennya enerhetychnykh vtrat avtomobilya pry vykorystanni hibrydnoho elektromekhanichnoho pryvodu veduchykh kolis [Investigation of the possibility of reducing energy losses of a car using a hybrid electromechanical drive of driving wheels]. *Systemy obrobky informatsiyi*, 9, 13-17 [in Ukrainian].

4. Podrigalo, M.A., Abramov, D.V., Kaidalov, R.O. (2016). Zastosuvannya metodu partsial'nykh pryskoren' dlya otsinky tyahovo-shvydkisnykh vlastyvostry avtomobiliv ta boyovykh mashyn [Application of the method of partial accelerations for the evaluation of the traction and speed properties of cars and combat vehicles]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noyi akademiyi Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy*, 2(28), 16-21 [in Ukrainian].

5. Podrigalo, M.A., Kaidalov, R.O., Zhovtonoh, O.M. (2017). Otsinka dynamichnykh vlastyvostry avtomobiliv z bezstupinchastoyu avtomatychnoyu transmisiyeyu [Estimation of

dynamic properties and energy efficiency of cars with continuous automatic transmission]. *Naukovi notatky*, 57, 152-160 [in Ukrainian].

6. Kaidalov, R.O. (2017). Otsinka enerhetychnoyi efektyvnosti zastosovannya elektrychnoyi transmisiyi kolisnoyi mashyny [Estimation of energy efficiency of electric transmission of a wheeled car]. *Visnyk natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*, 25 (1247), 86-89 [in Ukrainian].

7. Konovalov, V.F. (1969). *Ustoychivost i upravlyaemost mashinno-traktornyih agregatov [Stability and controllability of machine-tractor units]*. Perm: Permskoe knizhnoe izdatelstvo [in USSR].

8. Chudakov, D. A. (1962). *Osnovy teorii traktora i avtomobilya [The fundamentals of the theory of tractor and car]*. Moscow: Selhozizdat [in USSR].

9. Ivanov, V.V., Ilarionov, V.V., Morin, M.M. (1977). *Osnovy teorii avtomobilya i traktora [The fundamentals of the theory of a car and a tractor]*. Moscow: Vysshaya shkola [in USSR].

10. Podrigalo, M.A., Volkov, V.P., Boboshko, A.A. (2008). *Dinamika avtomobilya [Vehicle Dynamics]*. Harkov: HNADU [in Ukrainian].

Кайдалов Р.О. Обеспечение устойчивости положения гибридных автомобилей с трансформерной ходовой частью.

Определены ограничения на размеры базы и колеи гибридных автомобилей по условию устойчивости положения при трансформерном выполнении их ходовой части. Получены условия отрыва передних и задних колес при торможении в случае движения назад и соответственно движению вперед, а также условие отсутствия отрыва колес передней и задней осей от опорной поверхности.

Ключевые слова: устойчивость, трансформерная ходовая часть, база, колея, центр масс, отрыв колёс.

R. Kaidalov. Ensuring the stability of the position of hybrid cars with the transformer undercarriage

The restrictions on the size of the base and gauge of hybrid cars are determined on the condition of stability of position with the transformer performance of their running gear. The conditions for the detachment of the front and rear wheels are obtained during braking in the case of rearward and forward motion and the condition that the front and rear axle wheels do not detach from the supporting surface.

Keywords: transformer chassis, base, track, center of mass, wheel detachment.

АВТОР:

КАЙДАЛОВ Руслан Олегович, кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника науково-дослідного центру, Національна академія Національної гвардії України, e-mail: kaidalov.76@ukr.net.

АВТОР:

КАЙДАЛОВ Руслан Олегович, кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника научно-исследовательского центра, Национальная академия Национальной гвардии Украины, e-mail: kaidalov.76@ukr.net.

AUTHORS:

Ruslan KAIDALOV, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Deputy Head of the Research Center, National Academy of the National Guard of Ukraine, e-mail: kaidalov.76@ukr.net.

Стаття надійшла в редакцію 1.10.2017 р.

Кищун В.А.
Луцький національний технічний університет

АВТОМОБІЛЬ НЕ РОЗКІШ, АЛЕ НЕ В УКРАЇНІ

Проведений аналіз у хронологічному порядку запровадження транспортного податку, перераховані суперечності і недоліки, які супроводжували у процесі його дії. І одні, і другі виникали через регулярні, але часто запізнілі зміни у податковому законодавстві, що дозволяло вигравати власникам автомобілів справи у судах; відсутності ознак розкішного легковика, окрім ціни 1,2 млн гривень, яка нівелювалася нестабільністю національної валюти тощо.

Натомість, вартість автомобіля залежить не лише від його комфортабельності, але більшою мірою, від того, як він укомплектований системами, що забезпечують конструкційну безпеку. На прикладі легковика Land Rover Discovery Sport показано, що його ціна може перевищити законодавчу границю, коли версію “S” доповнити важливими системами, які суттєво підвищують захист водія і пасажирів у випадку скоєння дорожньо-транспортної пригоди.

Легковий автомобіль в Україні обкладений значною кількістю податків, стає недосяжним переважній більшості населення, включаючи тонкий прошарок середнього класу. Він перестає бути засобом пересування і перетворюється на розкішний товар із відповідними наслідками. Завдання держави – усунути таку несправедливість у відношенні до своїх громадян, відмінивши транспортний та інші податки, які значно піднімають ціну автомобіля.

Ключові слова: легковий автомобіль, транспортний податок, висока вартість автомобіля.

Постановка проблеми. Сьогодні питання доступної ціни легкового автомобіля на вітчизняному ринку є гострішим більше, ніж коли. Не зважаючи на те, що було відмінено екологічний податок за утилізацію знятих із експлуатації транспортних засобів, перенесено впровадження екологічних норм Євро-6 на пізніший термін, знижено акциз під час ввезення уживаних іномарок, вартість легковика залишається високою порівняно з вартістю у країнах близького зарубіжжя. Зростає напруга у суспільстві також через невизначеність із автомобілями, які експлуатуються в Україні на іноземній реєстрації, так званими, “пересічниками”.

Нестабільність економічної ситуації у державі призвела до звуження сегмента середнього класу – основного споживача такого виробу, як автомобіль. Для нього стають недосяжними не лише моделі преміум-сегмента, але й, почасти, легковики сегменту бюджетного. Натомість, податкове навантаження фактично не зменшується; на зміну одним податкам запроваджуються інші, як-от транспортний збір, більш відомий під назвою “податок на розкіш”.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняними науковцями проводилися дослідження проблем правового механізму розрахунку, адміністрування та удосконалення загалом транспортного податку, хронологія якого була започаткована у грудні 2014 року [1, 2]. Тоді Верховна Рада України прийняла Закон України “Про внесення змін до Податкового кодексу України (ПКУ) та деяких законодавчих актів України щодо податкової реформи” за яким у Податковий кодекс (редакція від 01.01.2015 р.) була включена стаття 267 під новою назвою “Транспортний податок”. У ній зазначалося, що:

- платниками транспортного податку є фізичні та юридичні особи, в тому числі нерезиденти, які мають зареєстровані в Україні згідно з чинним законодавством власні легкові автомобілі, що відповідно до цієї статті є об’єктами оподаткування;

- об’єктом оподаткування є легкові автомобілі, які використовувалися до 5 років і мають об’єм циліндрів двигуна понад 3000 куб. см;

- ставка податку встановлюється з розрахунку на календарний рік у розмірі 25000 гривень за кожен легковий автомобіль, що є об’єктом оподаткування відповідно до цієї статті [3].

За оцінкою Міністерства фінансів кількість легковиків, які потрапили у базу оподаткування у 2014 році становила 15888 одиниць, а надходження від транспортного податку мали скласти майже 400 млн гривень – чого насправді не сталося з різних (нижче зазначених) причин [4].

Запроваджений податок викликав негативну реакцію у суспільстві. Експерти відзначали, що таким чином під оподаткування потрапили і автомобілі, які не відносяться до розкішних, але оснащувалися двигуном робочим об’ємом циліндрів понад 3,0 л. У той же час, багато легковиків преміум-сегмента (AUDI, BMW, JAGUAR, LEXUS, MERCEDES-BENZ та інші) залишалися поза податком, оскільки комплектувалися двигуни об’ємом менше 3,0 літрів.

Тому у грудні 2015 року у Податковий кодекс (редакція від 01.01.2016 р.) були внесені зміни за незмінної ставки податку – 25000 грн з одного авто на рік. Тепер, згідно зі статтею 267 об'єктом оподаткування транспортним податком із 1 січня 2016 року стали легкові автомобілі, з року випуску яких минуло не більше 5 років (включно) та середньоринкова вартість яких складала понад 750 розмірів мінімальної заробітної плати (МЗП), встановленої законом на 1 січня податкового року [3]. Оскільки на той час мінімальна зарплата складала 1378 грн, відповідно, порогова вартість авто для обкладання транспортним податком у 2016 році становила 1033500 грн). Цим самим парк автомобілів, які підлягали оподаткуванню, значно зріс у порівнянні з 2015 роком.

У Мінфіні підраховали, що загальна кількість автомобілів преміум-сегменту 2011-2013 років випуску складала (безвідносно до вартості таких авто) – 138249 одиниць (дані Міністерства внутрішніх справ за 2014 рік). Це такі відомі марки як: Acura, Audi, Bentley, BMW, Cadillac, Infiniti, Jaguar, Lamborghini, Land Rover, Lexus, Maserati, Mercedes-Benz, Porsche, Rolls-Royce та інші, вартість яких становила 40 і більше тисяч доларів США. Таким чином, кількість платників податку на авто зросла у вісім разів, а запроваджені зміни до Податкового кодексу мали б збільшити надходження до бюджету до 3,45 млрд грн (чого не прослідковувалося) [4].

Слід зазначити, що така кваліфікуюча ознака як середньоринкова вартість легковика визначалася згідно з ПКУ центральним органом виконавчої влади за методикою, затвердженою (із черговим записненням) Кабінетом Міністрів України, виходячи з марки, моделі, року випуску, типу двигуна, об'єму циліндрів двигуна, типу коробки переключення передач і пробігу легкового автомобіля – разом сім показників.

Обов'язки щодо такого розрахунку покладалися на Мінекономрозвитку (МЕРТ), яке щороку до 1 лютого базового податкового (звітного) періоду подає Державній фіскальній службі (ДФС) інформацію про автомобілі, з року випуску яких минуло не більше п'яти років та середньоринкова вартість яких становить понад 750 розмірів МЗП. Крім цього, МЕРТ мало забезпечити роботу офіційного веб-сайту в режимі, який дає змогу отримати інформацію про середньоринкову вартість автомобіля шляхом введення даних про нього за вказаними вище показниками.

Відповідно до затвердженої методики, середньоринкова вартість транспортних засобів є величиною, яка визначається статистичними методами і еквівалентна імовірній ціні, за яку може здійснюватися купівля-продаж транспортних засобів певної марки та моделі з відповідним строком експлуатації та пробігом на встановлену дату проведення оцінки. Вона розраховується за методом аналогії цін ідентичних транспортних засобів за формулою:

$$C_{cp} = C_n \times (\Gamma / 100) \times (1 \pm (\Gamma_k / 100)),$$

де C_n – ціна нового транспортного засобу в Україні;

Γ – коефіцієнт коригування ринкової ціни транспортних засобів залежно від строку експлуатації;

Γ_k – коефіцієнт коригування ринкової ціни транспортних засобів залежно від пробігу [5].

Джерелом інформації для визначення ціни нового автомобіля є офіційні прайс-листи виробників (дилерів), які подаються до 10 січня звітного періоду (року) державним підприємством “Держзовнішінформ” до Мінекономрозвитку. Якщо не можливо визначити ціну ідентичного нового автомобіля в Україні (немає необхідних довідкових даних), допускається використання даних щодо аналогічних автомобілів; у деяких випадках допускається використовувати інформацію про його ціну у країнах-виробниках (експортерах).

Коефіцієнт коригування ринкової ціни автомобіля залежно від строку експлуатації визначався як середнє значення співвідношення ціни автомобіля, що був у використанні, до ціни аналогічного, але нового авто (див. таблицю 1).

Таблиця 1 – Коефіцієнт коригування ринкової ціни транспортних засобів [5]

Найменування транспортних засобів	Коефіцієнт з урахуванням строку експлуатації транспортних засобів у роках											
	до 1	понад 1 до 2	понад 2 до 3	понад 3 до 4	понад 4 до 5	понад 5 до 6	понад 6 до 7	понад 7 до 8	понад 8 до 9	понад 9 до 10	понад 10 до 11	понад 11 до 12
Легкові автомобілі	74	62	50	45	42	39	36	33	31	29	27	25
Мопеди	81	65	52	42	34	27	22	18	14	11	9	7
Мотоцикли	91	82	75	69	62	57	51	47	43	39	37	35

Примітка. У разі експлуатації транспортних засобів понад 12 років, коефіцієнт знижується на 1 – для легкових автомобілів і на 2 – для мопедів та мотоциклів за кожний рік, але не може бути меншим, ніж 4.

Коефіцієнт коригування ринкової ціни автомобіля залежно від пробігу визначався з урахуванням фактичного та нормативного середньорічного пробігу. Якщо фактичний середньорічний пробіг автомобілів був вищим, ніж їх нормативний середньорічний пробіг, середньоринкова вартість зменшувалася, а якщо фактичний середньорічний пробіг був нижчим, ніж нормативний середньорічний пробіг, така вартість збільшується.

Необхідні для розрахунку податку відомості, контролюючі органи отримували також від органів МВС за винятком типу коробки переключення передач і пробігу. Окрім того, програма розрахунку на сайті містила всього чотири (тип транспортного засобу, марка, модель, рік випуску і пробіг) параметри замість необхідних семи.

Метою досліджень є аналіз недоліків та суперечностей, що виникають у процесі застосування транспортного податку та, як наслідок, його скасування.

Результати досліджень. Першого січня 2017 року, на підставі законів ухвалених напередодні Верховною Радою України, вступили у дію чергові поправки до Податкового кодексу (редакція від 01.01.2017 р.), у тому числі до статті 267 стосовно транспортного податку, де зазначалося, що:

- об'єктом оподаткування є легкові автомобілі, з року випуску яких минуло не більше п'яти років (включно) та середньоринкова вартість яких становить понад 375 розмірів мінімальної заробітної плати, встановленої законом на 1 січня податкового (звітного) року;

- середньоринкова вартість визначається центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику економічного, соціального розвитку і торгівлі, за методикою, затвердженою Кабінетом Міністрів України, станом на 1 січня податкового (звітного) року, виходячи з марки, моделі, року випуску, об'єму циліндрів двигуна і типу пального;

- щороку до 1 лютого податкового (звітного) року центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику економічного, соціального розвитку і торгівлі, на своєму офіційному веб-сайті розміщується перелік легкових автомобілів, з року випуску яких минуло не більше п'яти років (включно) та середньоринкова вартість яких становить понад 375 розмірів мінімальної заробітної плати, встановленої законом на 1 січня податкового (звітного) року, який повинен містити такі дані щодо цих автомобілів: марка, модель, рік випуску, об'єм циліндрів двигуна і тип пального [3].

Отже, у поточному 2017 році змінюється розрахункова середньоринкова вартість легковиків для оподаткування – вона знижена у два рази. Якщо у минулому році це було 750 мінімальних зарплат, то у 2017 році – 375 “мінімалок”.

Як вже зазначалося, у 2016 році транспортний податок платили ті власники транспорту, у кого авто коштувало 1033500 грн (при закладеному в бюджет курсі 24,1 грн/долар – \$42 883). З 1 січня 2017 року мінімальна зарплата зросла до 3200 гривень, відповідно, податок буде стягуватися з автомобілів, які коштують 1,2 млн гривень і більше (закладений курс 27,1 грн/долар – \$44280). Тобто, вартість легковиків, вироблених у 2012 і пізніших роках, за які доведеться платити податок підвищується.

На сайті Мінекономрозвитку розміщений “калькулятор”, який допомагає визначити середньоринкову вартість автомобіля для чого необхідно внести лише три параметри: марку, модель і рік випуску [6]. Тут же наведений перелік легкових автомобілів, із року випуску яким минуло не більше п'яти років (включно) та середньоринкова вартість яких становить понад 375 розмірів МЗП, встановленої законом на 1 січня 2017 (звітного) року. Повний перелік включає 32 автомобільні марки: ACURA, ASTON MARTIN, AUDI, BENTLEY, BMW, BUICK, CADILLAC, CHEVROLET, DODGE, FORD, GMC, HONDA, HYUNDAI, INFINITI, JAGUAR, JEEP, KOENIGSEGG, LAMBORGHINI, LAND ROVER, LEXUS, LINCOLN, LOTUS, MASERATI, MCLAREN, MERCEDES-BENZ, NISSAN, PORSCHE, ROLLS-ROYCE, TOYOTA, VOLKSWAGEN і VOLVO. У список “розкішних” не потрапили чомусь марки BUGATTI і FERRARI, “затесалися” серед еліти світового автопорому HYUNDAI (без KIA) і така, навіть у світі, гібридна екзотика, як Koenigsegg Regera за тамтешньою ціною \$1,88 млн.

Таким чином, у 2017 році об'єктом оподаткування стали лише ті автомобілі, які відповідають відразу двом умовам:

- 1) їх вартість перевищує 375 розмірів МЗП (встановленої законом на 1 січня 2017 року) – це 1200000 грн;
- 2) з року випуску автомобіля минуло не більше 5 років.

Якщо хоча б одній з цих умов автомобіль не відповідає, він не є об'єктом оподаткування і податок платити не потрібно.

21 червня 2017 року Кабмін Постановою №428 вніс зміни до методики визначення середньоринкової вартості легкових автомобілів [5, 7]. Зокрема, було змінено формулу з якої вилучили коефіцієнт коригування ринкової ціни транспортних засобів залежно від пробігу, оскільки останній не

був зазначений у Податковому Кодексі. Середньоринкова вартість автомобіля тепер рахується за методом аналогії цін ідентичних автомобілів за такою формулою:

$$C_{cp} = C_n \times (\Gamma / 100),$$

де C_n – ціна нового транспортного засобу в Україні з урахуванням марки, моделі, об'єму циліндрів двигуна, типу пального.

Крім того, у Постанові зазначалося, що у разі відсутності на офіційному веб-сайті МЕРТ інформації про марку, модель легкового автомобіля, що має ознаки об'єкта оподаткування транспортним податком, Мінекономрозвитку за зверненням ДФС та/або власника зазначеного легкового автомобіля визначає його середньоринкову вартість, доповнює вищезгаданий перелік такою інформацією та розміщує її на своєму офіційному веб-сайті.

Запроваджений “податок на розкіш” діє уже третій рік і як показує практика його застосування має безліч недоліків та суперечностей, зокрема:

- у 2015 році оподатковувалися автомобілі з робочим об'ємом двигуна 3,5 літра, які складно було віднести до преміум-сегмента, натомість поза увагою фіскальної служби залишилися такі марки, як AUDI, BMW, JAGUAR, LEXUS, MERCEDES-BENZ та інші;

- відсутність у контролюючих органів інформації про коробку перемикачів передач та фактичний пробіг автомобіля, тим часом програма розрахунку вартості автомобіля на сайті у 2016 році містила всього чотири параметри замість необхідних семи;

- при девальвації національної грошової одиниці авто, яке не належить до преміум-сегмента вартістю 25...30 тис. доларів і придбане у кредит, могло стати об'єктом оподаткування;

- транспортний збір потрібно було платити навіть якщо автовласник протягом року жодного разу не виїхав на дорогу;

- зміни у податки та збори не можуть вноситися пізніше як за шість місяців до початку нового бюджетного періоду, в якому будуть діяти нові правила та ставки, що регулярно не дотримувалося у випадку з транспортним податком;

- вартість транспортного засобу прямо залежить від курсу національної грошової одиниці у відношенні до іноземної валюти (долар, євро). За сьогодення коливання української гривні, завтра у список Мінекономрозвитку можуть потрапити такі “розкішні” автомобілі, як Fiat, Isuzu, Lancia, Opel, Renault, Seat, Skoda, Suzuki та інші;

- визначення базової вартості транспортного засобу прив'язувати до МЗП було некоректно, оскільки вітчизняних виробників легковиків преміум-сегмента не існує у природі. Як наслідок, український ринок формується імпортованими дорогими авто купленими не за гривні, а за валюту;

- транспортний збір, як місцевий податок справляється виключно на підставі відповідного рішення місцевої ради (громади), ухваленого у порядку, передбаченому ПКУ з обов'язковим офіційним оприлюдненням. Натомість, не всі місцеві ради озвучили відповідні і вчасно рішення, тому у власників автомобілів, зареєстрованих у невеличких містах та селищах, залишається шанс успішно податок оскаржувати;

- з приводу сплати податку в законодавстві існує неоднозначність, а іноді і розбіжність тлумачень прав і обов'язків платника податків, а за таких обставин його нарахування часто оскаржується і виграється позивачем у судовому порядку;

- система збирання транспортного податку складна і не дешева, а затрати на його адміністрування (ведення справ, безпосереднє стягнення, перевірка даних автомобіля, надсилання повідомлень тощо) можуть “з'їсти” ліву частку реально стягнутої суми;

- вітчизняні експерти небезпідставно вважають, що влада веде політику збільшення податкового навантаження, що суперечить проголошеній нею ж лінії на зменшення загальної кількості податків та полегшення ведення бізнесу.

Перерахованих недоліків більше ніж достатньо для того, що б урядовці разом із депутатами переглянули своє відношення до транспортного податку і, як наслідок, відмінили його. Однак є ще не менш важливі причини, а можливо і більше, через які податок має бути скасований.

Купуючи легковий автомобіль, споживач хоче отримати безпечний і комфортний транспортний засіб. Легковик преміум-сегмента може бути дорогавартісним не лише через те, що у нього шкіряний салон, “просунутий” мультимедійний комплекс, монітори у підголовниках, кольоровий тачскрін великих розмірів, бездротова зарядка смартфонів, глянцева оформлення передньої панелі чи підігрів задніх сидінь, а тому що він максимально оснащений системами і елементами, які забезпечують високу конструкційну безпеку. А безпека і комфорт вимагають додаткових коштів, які перетворюють базову

версію легковика у більш дорогу. І тоді постає питання за що доплачувати: за безпеку чи комфорт, і чи виникне бажання доплачувати загалом, якщо сума буде перевищувати 1,2 млн гривень.

Для прикладу, можна розглянути дві комплектації автомобіля Land Rover Discovery Sport із дизельним двигуном робочим об'ємом 2,2 літра та автоматичною трансмісією: дешевшу версію "S" за 1148786 грн і дорожчу – "SE" за 1284400 грн., яка потрапляє під транспортний податок (тут і далі інформація і ціни вказані станом на 29.08.2017 року) [8].

Отже, у версії "S" на відміну від "SE" за додаткову платню передбачені:

- 1) 9-ступенева автоматична трансмісія замість 6-ступеневої;
- 2) вітрове скло з підігрівом;
- 3) біксенонові передні фари із омивачем;
- 4) передні протитуманні фари;
- 5) повнорозмірне запасне колесо замість "докатки";
- 6) фари з автоматичною системою переключення ближній/дальній;
- 7) сидіння другого ряду, які складаються (зсуваються та відхиляються) у пропорції 60:40 (замовляються із заднім центральним підлокітником та центральним підголівником другого ряду);
- 8) шкіряне кермо з підігрівом;
- 9) дистанційний прогрів із функцією програмування Timed climate (для версії "SE" також за доплату);
- 10) круїз-контроль;
- 11) система автономного екстреного гальмування Intelligent Emergency Braking (для версії SE також за доплату);
- 12) передній парктронік (для версії "SE" також за доплату);
- 13) камера заднього виду (для версії "SE" також за доплату);
- 14) дзеркало заднього виду з автоматичним затемненням (для версії "SE" також за доплату);
- 15) оздоблення сидінь частково шкірою;
- 16) додаткові повітряні канали на другий ряд сидінь (для версії "S" не передбачені загалом);
- 17) козирок із підсвіткою дзеркала;
- 18) освітлення інтер'єру;
- 19) двері багажного відділення з електроприводом;
- 20) аудіосистема Land Rover із 10 динаміками (замість шести).

Серед перерахованих, до конструкційної безпеки відносяться позиції 2–5, комфорт забезпечують позиції 15–20, а одночасно і безпеку, і комфорт – позиції 1 і 6–14. Таким чином, навіть якщо пожертвувати комфортом і замовити позиції 2–5, які відповідають тільки за безпеку, вартість версії "S" автомобіля Land Rover Discovery Sport зростає на 82 тис. гривень і перетне межу 1,2 млн. Не важко здогадатися, що позиції 9 і 11-14 ще більше піднімуть ціну версії "SE" [8].

З іншого боку, оскільки легковики преміум-класу виготовляються виключно за кордоном, то під час ввезення в Україну вони повинні пройти процедуру розмитнення, яка включає сплату митних платежів. У переліку цих зборів є таке поняття як "акцизний податок", розмір якого залежить від типу і робочого об'єму циліндрів двигуна та віку автомобіля [9]. А це не що інше, як безпосередній "податок на розкіш". Адже, залежно від мети, яку переслідує держава, акцизним податком можуть обкладатися дефіцитні товари або товари, які є монополією держави. Це можуть бути товари, віднесені до предметів розкоші або товари, які становлять сферу споживання забезпечених верств населення. Сюди ж входять товари не першої необхідності, які споживаються здебільшого населенням із рівнем доходів вище середнього або товари, які під час споживання наносять шкоду здоров'ю. Акцизами обкладаються також, як правило, високорентабельні товари для вилучення в дохід державного бюджету отриманих виробниками надприбутків. Чому легкові автомобілі виявилися в Україні підакцизним товаром – питання риторичне до влади, адже у довколишніх сусідів нічого подібного немає.

Окрім того, під час ввезення транспортного засобу на територію України необхідно сплатити ще мито, розмір якого складає 10% від митної вартості, але... не для усіх автомобілів. Так, згідно з інформацією ДФС до легковиків, оснащених бензиновими двигунами робочим об'ємом більше 3000 см³, застосовуються пільгова (5%), а не повна (10%) ставка мита [10]. Виходить, що під час розмитнення таких автомобілів (а це переважно преміум-сегмент) митні платежі апріорі зменшуються, натомість вводиться додатково транспортних збір. Нонсенс!

І нарешті, вартість транспортного засобу у 2017 році піднялася ще раз, коли були змінені ставки збору на обов'язкове державне пенсійне страхування під час першої реєстрації автомобіля, які залежать від прожиткового мінімуму для працездатних осіб – 1600 гривень. Відповідно до Закону України "Про

збір на обов'язкове державне пенсійне страхування під час першої реєстрації”, у разі якщо вартість транспортного засобу:

- не перевищує або дорівнює 264 тис. грн – сплачується 3% (якщо об'єкт оподаткування не перевищує 165 розмірів прожиткового мінімуму для працездатних осіб);
- більше ніж 264 тис. грн або дорівнює 464 тис. грн – 4 % (якщо об'єкт оподаткування перевищує 165, але не перевищує 290 розмірів прожиткового мінімуму для працездатних осіб);
- більше ніж 464 тис. грн – 5 % (якщо об'єкт оподаткування перевищує 290 розмірів прожиткового мінімуму для працездатних осіб) [11].

Таким чином, заплативши за легковик 1,2 млн гривень необхідно буде додатково “розкошелитися” ще на 85 тисяч гривень податків не пройшовши жодного кілометра. Це стосується і ввезених іномарок для яких розрахункова вартість включає ціну авто плюс усі митні платежі з ПДВ включно.

Висновки. Поняття розкішного автомобіля в українських реаліях трактується неоднозначно, тому транспортний податок можна і потрібно відмінити. Як наслідок, зникають усі протиріччя, які супроводжують його запровадження. Сумнівний дохід від податку на “розкішні” авто буде отриманий простіше, справедливіше і не меншого розміру шляхом застосування повної, а не пільгової ставки мита під час їх розмитнення. Покупці відвідуючи автосалони, не будуть обмежувати себе у виборі комплектації легковика, не озиратимуться на психологічний бар'єр 1,2 млн, а керуватимуться виключно своєю безпекою і безпекою своїх близьких.

Сьогодні автомобіль не повинен бути дороговартісним для українського споживача, яким він стає через надмірне оподаткування. Адже це засіб пересування, заробляння грошей, інструмент комунікації і сімейного відпочинку, це стиль життя, зрештою, статус у суспільстві. І держава всіляко має сприяти своїм громадянам отримати ці переваги сповна.

1. Хрімлі К. О. Проблемні питання розрахунку та сплати транспортного податку в Україні / К. О. Хрімлі, І. О. Хрімлі // Економіка та управління на транспорті. Вип. 4. – К. : НТУ, 2017.

2. Данилишин В. І. Транспортний податок: зарубіжний досвід та українські реалії / В. І. Данилишин, О. М. Стефанків, О. А. Піжма. Електронне наукове фахове видання “Глобальні та національні проблеми економіки” – Випуск 3. – Миколаїв : МНУ ім. В. О. Сухомлинського, 2015. – С. 702–705.

3. Податковий кодекс України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/>.

4. Податки на розкіш: за великий будинок або дорогий автомобіль доведеться платити по 25 тисяч гривень. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukr.segodnya.ua/economics/enews/nalogi-na-rozkosh-s-2016-g-za-bolshoy-dom-ili-avtomobil-cenoy-40-tysyach-dollarov-privdetsya-platit-ezhegodno-po-25-tysyach-griven--686256.html>.

5. Порядок визначення середньоринкової вартості легкових автомобілів, мотоциклів, мопедів затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 10 квітня 2013 р. № 403 // Офіційний вісник України, 2013. – № 44. – ст. 1576.

6. Транспортні засоби: розрахунок вартості. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.me.gov.ua/Vehicles/CalculatePrice?lang=uk-UA>

7 http://zib.com.ua/ua/129275-metodiku_viznachennya_serednorinkovoi_vartosti_avto_zmnenno_.html

8. Віннер Автомобілів. Land Rover Discovery Sport. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.winnerauto.ua/cars/land-rover/discovery-sport/>.

9. Кишун В. А. Акцизний податок – гальмо автомобілізації країни / В. А. Кишун. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті: науковий журнал. – Луцьк : Луцький НТУ, 2016. – №2 (6). – С. 86–93.

10. Ставки ввізного та вивізного мита. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sfs.gov.ua/baneryi/mitne-oformlennya/subektam-zed/stavki-vviznogo-ta-viviznogo-mita/>.

11. З 2017 року змінено обсяг пенсійного збору при першій реєстрації транспортного засобу. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.golovbukh.ua/news/13437-z-2017-roku-zmneno-obsyag-pensynogo-zboru-pri-pershhy-restrats-transportnogo-zasobu>.

REFERENCES

1. Khrimli, K., Khrimli, I. (2017). *Issues of calculation and payment of vehicle tax in Ukraine*. [Problemni pytannya rozrakhunku ta splaty transportnoho podatku v Ukraini]. Economy and management in transport. Vol. 4. Kyiv, NTU Publ.

2. Danylyshyn, V., Stefankov, O., Sizzhma, O. (2015). *Vehicle excise duty: international experience and ukrainian realities*. [Transportnyy podatok: zarubizhnyy dosvid ta ukrayinski realiyi]. Electronic scientific special edition "Global and national problems of the economy". Vol. 3. Mykolaiv, MNU V. Sukhomlinsky Publ, pp. 702-705.

3. *Tax Code of Ukraine*. Available at: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/>. (accessed 01.08.17).

4. *Luxury taxes: for a big house or an expensive car you have to pay 25 thousand hryvnia*. Available at: <http://ukr.segodnya.ua/economics/enews/nalogi-na-rozkosh-s-2016-g-za-bolshoy-dom-ili-avtomobil-cenoy-40-tysyach-dollarov-privdetsya-platit-ezhegodno-po-25-tysyach-griven--686256.html>. (accessed 18.09.2015).

5. *The procedure for determining the average market value of cars, motorcycles, mopeds was approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated April 10, 2013, No. 403 // Official bulletin of Ukraine, 2013. - No. 44. - Art. 1576*. [“Poryadok vyznachennya serednorinkovoyi vartosti lehkovykh avtomobiliv, mototsykliv, mopediv

zatverdzenoho postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 10 kvitnya 2013 r. № 403 (Ofitsiyny visnyk Ukrainy, 2013 r., № 44, st. 1576)"]]. (accessed 10.04.2013).

6. *Vehicles: cost calculation*. Available at: <http://www.me.gov.ua/Vehicles/CalculatePrice?lang=uk-UA>. (accessed 01.02.2017).

7. *The method of determining the average market value of the car changed*. Available at: http://zib.com.ua/ua/129275-metodiku_viznachennya_serednorinkovoi_vartosti_avto_zmineno_.html. (accessed 21.06.2017).

8. *Winner Automotive. Land Rover Discovery Sport*. Available at: <http://www.winnerauto.ua/cars/land-rover/discovery-sport/>. (accessed 29.08.2017).

9. Kyshchun, V. (2016). *Excise tax - a brake to motorization of the country*. [Aktsyz – halmo avtomobilizatsiyi krainy]. *Advancer in Mechanical Engineering and Transport*. No. 2 (6), Lutsk, NTU Publ, pp. 86-93.

10. *Rates of import and export duty*. Available at: <http://sfs.gov.ua/baneryi/mitne-oformlennya/subektam-zed/stavki-vviznogo-ta-viviznogo-mita/>. (accessed 25.04.2016).

11. *Since 2017, the amount of pension tax has been changed upon the first registration of a vehicle*. Available at: <https://www.golovbukh.ua/news/13437-z-2017-roku-zmneno-obsyag-pensynogo-zboru-pri-pershy-restrats-transportnogo-zasobu>. (accessed 01.01.2017).

Кишун В.А. Автомобиль не роскошь, но не в Украине

Проведен анализ в хронологическом порядке введения транспортного налога, перечислены противоречия и недостатки, которые сопровождали в процессе его действия. И те, и другие возникали через постоянные, но часто запоздалые изменения в налоговом законодательстве, что позволяло выигрывать владельцам автомобилей дела в судах; отсутствию признаков роскошной легковушки, кроме цены 1,2 млн гривен, которая нивелировалась нестабильностью национальной валюты и т.п.

Однако, стоимость автомобиля зависит не только от его комфортабельности, но в большей степени от того, как он укомплектован системами, обеспечивающими конструкционную безопасность. На примере легковушки Land Rover Discovery Sport показано, что его цена может превысить законодательную границу, когда версию "S" дополнить важными системами, которые существенно повышают защиту водителя и пассажиров в случае совершения дорожно-транспортного происшествия.

Легковой автомобиль в Украине обложен большим количеством налогов, становится недостижимым подавляющему большинству населения, включая тонкий слой среднего класса. Он перестает быть средством передвижения и превращается в роскошный товар с соответствующими последствиями. Задача государства – устранить такую несправедливость по отношению к своим гражданам, отменив транспортный и другие налоги, которые значительно поднимают цену автомобиля.

Ключевые слова: легковой автомобиль, транспортный налог, высокая стоимость автомобиля.

V. Kyshchun. Car is not a luxury, but not in Ukraine

An analysis carried out in chronological order of the introduction of a transport tax, listed contradictions and disadvantages that accompanied it during the process. Both appeared due to regular but often delayed changes in the tax legislation, which allowed the owners of cars to deal with the courts; the absence of signs of a luxury car, except of the price of 1.2 million hryvnia, which was offset by instability of the national currency, etc.

Instead, the cost of a car depends not only on its comfort, but to a greater extent on how it is equipped with systems that provide structural safety. For example, the Land Rover Discovery Sport car shows that its price may exceed the legal limit when the "S" version is supplemented by important systems that significantly increase driver and passenger protection in the event of a car accident.

A car in Ukraine is tax-deductible becomes inaccessible to the overwhelming majority of the population, including the thin layer of the middle class. It stops to be a means of transportation and turns into a luxurious product with corresponding consequences. The government task is to eliminate such injustice towards its citizens by canceling transport and other taxes that significantly raise the price of the car.

Key words: car, transport tax, high cost of the car.

АВТОР:

КИШУН Володимир Андрійович, кандидат економічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: kyshchun52@ukr.net.

АВТОР:

КИШУН Владимир Андреевич к.е.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: kyshchun52@ukr.net.

AUTHOR:

Volodymyr KYSHCHUN, PhD. in Economic, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: kyshchun52@ukr.net.

Стаття надійшла в редакцію 29.09.2017 р.

Кравченко О.П., Рафальський Є.М., Добровінський О.О.
*Житомирський державний технологічний університет***АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА МІЖНАРОДНІЙ
АВТОТРАНСПОРТНІЙ МАГІСТРАЛІ М06 (Е40)**

Наведено результати обстеження транспортної інфраструктури на міжнародній автотранспортній магістралі М06 (Е40) в Житомирській області між містами Житомир та Новоград-Волинський. Отримано кількісні показники транспортного потоку, об'єктів сервісу, розглянуто можливості інвестицій.

Ключові слова: автомагістраль, руховий склад, інфраструктура.

Постановка проблеми. У зв'язку зі створенням і функціонуванням мережі міжнародних транспортних коридорів посилення транзитності України призведе до збільшення обсягів будівництва (реконструкції) об'єктів транспортної інфраструктури. Відповідно до рекомендацій Європейської угоди про міжнародні автоперевезення і угоди про транс'європейську автомагістраль середні відстані між об'єктами придорожного сервісу повинні становити: пункти харчування - 30 км; АЗС (автомобільна заправна станція) - 20 км; СТО (станція технічного обслуговування) - 50 км; стоянки - 100 км, - готелі (мотелі) для автотуристів - 50 км; магазини та туалети - через кожні 15 км [1, 2].

Через Житомирську область проходять декілька міжнародних коридорів, одним з яких є автомобільна дорога М-06 європейського маршруту Е40. Загальна протяжність автомагістралі становить 821,5 км, зокрема 196 км пролягає через Житомирську область. Постійна реконструкція дороги значно поліпшує якість її, це сприяє підвищенню середньої швидкості руху транспортних засобів та поліпшенню комфорту і економічності руху по дорозі. На дорозі з'явилася своя інфраструктура - АЗС, кафе, автокемпінги і т.п. На дорозі інтенсивно використовуються автопоїзди виробників: автомобілі-тягачі DAF, MAN, Renault, Volvo, Mercedes-Benz і причіпний склад Schmitz, Kögel, Krone та ін. [3, 4]. Виконаний аналіз результатів обстеження в 2016 р. показав стабільний потік автопоїздів протягом року (рис. 1, 2) [5].

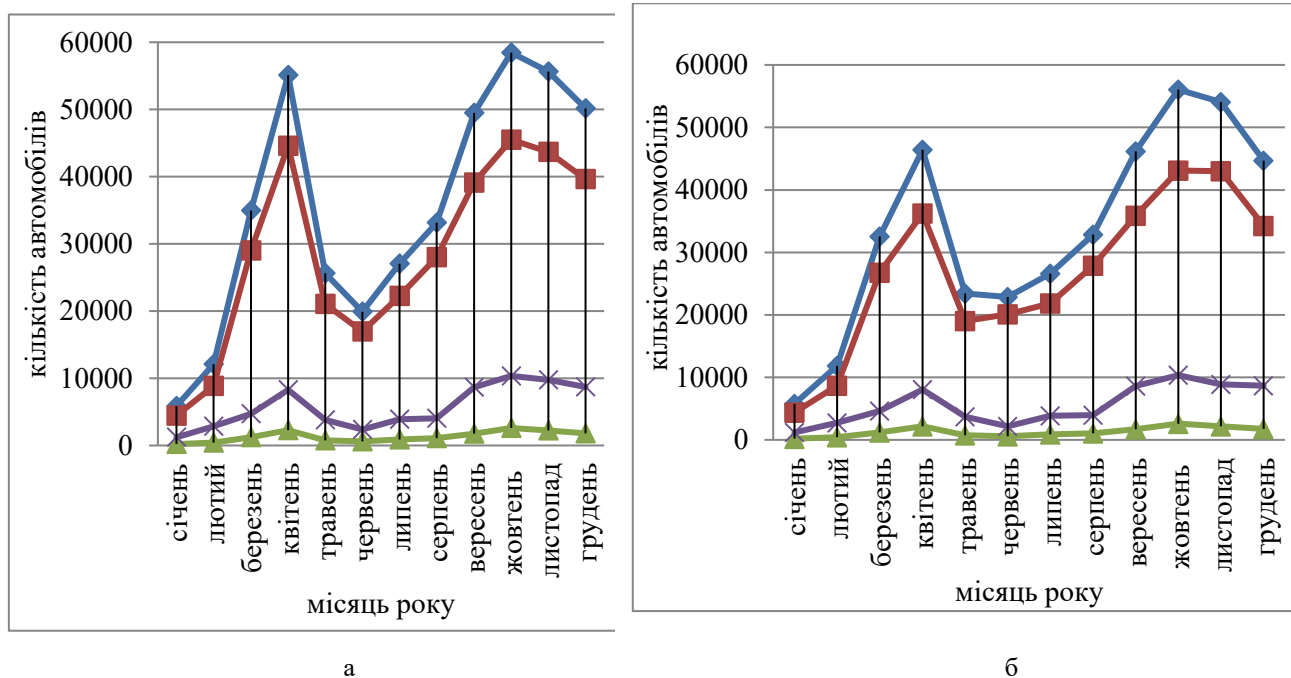


Рисунок 1. Розподіл транспортних засобів: а - в бік Житомира; б - в бік Києва

Мета роботи. З метою визначення потоку транспортних засобів на автомагістралі в 2017 р. було проаналізовано ділянку з підвищеним вантажопотоком в Житомирській області між містами Житомир та Новоград-Волинський (координати 50.304109; 28.494457).

Матеріали і результати дослідження. Використовуючи методику підрахунку транспортного потоку [6], інтенсивність руху транспортних засобів була визначена помісячно. Таким чином, інтенсивність руху за добу розраховується за формулою:

$$N_{\text{доб}} = N_{\text{год}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

де $N_{\text{год}}$ - інтенсивність за годину, авт./год.;

K_1 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по годинах на добу (таблиця 1);

K_2 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по днях тижня (таблиця 2);

K_3 - коефіцієнт зміни інтенсивності руху по місяцях року (таблиця 3).

Отримані результати з січня по серпень 2017 року показують на великий та постійний потік транспорту. В транспортному потоці серед рухомого складу значне місце займають автопоїзди-цистерни (від 2515 од. у січні до 12848 од. у серпні) та автобуси міжнародних маршрутів (таблиці 4).

Таблиця 1. Коефіцієнт зміни інтенсивності руху по годинах на добу

Години	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
K_1	2,67	6,31	14,95	16,89	16,0	14,49	16,70	14,0	11,63	15,11	19,72

Таблиця 2. Коефіцієнт зміни інтенсивності руху по днях тижня

Дні	Понеділок	Вівторок	Середа	Четвер	П'ятниця	Субота	Неділя
K_2	1,036	1,029	1,074	1,116	1,122	0,996	0,657

Таблиця 3. Коефіцієнт зміни інтенсивності руху по місяцях року

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_3	1,00	0,92	0,79	1,00	1,26	1,01	0,99	1,02	1,01	0,98	1,03	1,00

Таблиця 4 - Кількість транспортних засобів, які проходять на трасі Київ-Чоп

Вид транспорту	Січень	Лютий	Бере зень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
Автопоїзди	25153	27137	36419	54150	58271	53648	49804	55676
Рухомий склад виробників пострадянських держав	503	775	1533	902	5179	3576	2490	1427
Цистерни	2515	2713	3450	6320	6874	9196	6474	12848
Автобуси міжнародних перевезень	1006	687	766	1354	3237	3065	3984	3331
Всього транспортних засобів	29177	31312	42168	62726	73561	69485	62752	73282

Кількісний аналіз інфраструктури автомагістралі між містами Житомир та Новоград-Волинський показав, що на автомагістралі знаходиться: АЗС- 7 од.; АЗС з магазином - 7 од.; естакади – 4 од., паркінги для коротко часового відстою рухомого складу - 6 од., кафе - 5 од., одна станція технічного обслуговування автомобілів.

Приймаючи до уваги аналіз інфраструктури і транспортного потоку, можна зробити висновок, що система сервісу є не досить розвинутою на даній ділянці автомагістралі в порівнянні з європейськими вимогами. Особливо це стосується сервісу транспортних засобів.

У роботі [7] розглянуто можливості використання автосервісних потужностей щодо реанімації колишніх автотранспортних підприємств приміагістральних населених пунктів. Отримано кількісний склад СТО та можливості ефективної їх експлуатації.

Інвестувати такі проекти можуть виробники транспортних засобів, які на теперішній час не тільки виробляють рухомий склад, але приймають участь у організації підтримки технічного стану у вигляді фірмової системи обслуговування автомобілів на прикладі провідних виробників Volvo, Skania, Mercedes-Benz та ін. Необхідні інвестиції (S) на розбудову сервісних потужностей в деякому наближенні можна розрахувати за допомогою середнього коефіцієнта фондомісткості створення одного робочого поста ($K_{с.ф.}$) у співвідношенні, яке визначає необхідну кількість постів автосервісу, розташованих в придорожній зоні ($M_{АСП.П.З.}$) за формулою [8]:

$$S = K_{с.ф.} \cdot M_{АСП.П.З.} \quad (1)$$

Відповідно до принципу оптимальності Беллмана [9], управління інвестиціями на кожному році роботи підприємств автосервісу (далі кроці) потрібно будувати так, щоб максимальною була сума доходів на всіх, хто лишився до кінця процесу інвестування кроках, включаючи максимальний дохід на даному етапі. Тоді загальне основне функціональне управління інвестиціями набуде вигляду:

$$W = \sum_{i=1}^n w_i = \sum_{i=1}^n \max_{x_i \leq S} [P_i(x_i) + w_{i+1}(S - x_i)], \text{ при } x_n(S) = S, \quad (2)$$

де w_i – величина виграшу (доходу), отриманого в результаті реалізації інвестицій на i -му році роботи АСП;

$P_i(x_i)$ – дохід від x одиниць засобів, вкладених в i -тому підприємстві на i -тому році роботи (визначається бізнес планом).

Висновки. Виконаний аналіз результатів показав, що потік транспортних засобів протягом року між містами Житомир та Новоград-Волинський є стабільний (мінімальний - 29 тис. од. в січні, максимальний – 73,5 тис. од. у травні).

Серед об'єктів придорожного сервісу найвища якість послуг відмічена на АЗС, закладах харчування та готелях і мотелях, найнижча – СТО, стоянках та майданчиках відпочинку та відстою рухомого складу.

Нормативно-правова база розміщення та якісний аналіз показників об'єктів сервісу визначили подальші напрямки проведення досліджень з метою розвитку інфраструктури сервісу міжнародної автотранспортної магістралі М06 (Е40).

Розглянуто можливості інвестицій.

1. Дьяченко Г.В., Кравченко А.П. Перспективы организации регионального автосервиса / Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, Науковий журнал. № 6(112). – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2007. – С. 48-53.
2. Кравченко А.П., Дуда Д.В. Реорганизация автопредприятий примагистральных населённых пунктов транзитного региона с использованием многоканальной модели функционирования автосервисных мощностей // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля. – 2011. – №5. – С. 165 - 168.
3. Ищенко А.В., Кузьмін К.В., Кравченко О.П. Розбудова придорожніх автосервісних підприємств на транспортних магістралях / Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання». (16-18 квітня 2016 р., Кіровоград). – Кіровоград: МОВ КНТУ, 2016. – С. 80-82.
4. Ishchenko A., Kuzmin K., Kravchenko O., Melnichenko I. Research of Opportunities for Development of Autoservice Entrepreneurships on Highways / Current Trends in Young Scientists Researches. All Ukrainian Scientific and Practical Conference. Book of Papers. April 14, 2016. – Zhitomir: ZSTU, 2016, p. 35-38.
5. Добровінський О.О., Кудряшов А.В., Рафальський Є.М., Кравченко О.П. Аналіз інфраструктури міжнародної автотранспортної магістралі М06 (Е40) / Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки. – Житомир : ЖДТУ, 2017. – Т. І. – С. 31-33.
6. Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху стадії експлуатації автомобільнихдоріг загального користування: М 03450778 - 700:2012. - [Чинний від 2012-01-01]. – К.: Укравтодор, 2012. – 63 с.
7. Кравченко А.П., Рафальський Е.М. Использование много канальной модели функционирования автосервисных мощностей примагистральных населённых пунктов транзитного региона / Збірник наукових праць «Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів». – Миколаїв: МТУ «Миколаївська політехніка», 2017. – С. 25-27.
8. Кравченко А.П., Дуда Д.В. Реорганизация автопредприятий примагистральных населённых пунктов транзитного региона с использованием многоканальной модели функционирования автосервисных мощностей // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: СХУ імені В. Даля. – 2011. – №5. – С. 165 - 168.
9. Лежнёв А.В. Динамическое программирование в экономических задачах: учебное пособие / А.В. Лежнев. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 176 с.

REFERENCES

1. D'jachenko G.V., Kravchenko A.P. (2007). Perspektivy organizacii regional'nogo avtoservisa [Prospects for the organization of a regional car-care center]. *Visnik Shidnoukrajins'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja, Naukovij zhurnal. № 6(112)* (pp. 48-53). Lugans'k: SNU im. V. Dalja [in Russian].

2. Kravchenko A.P., Duda D.V. (2011). Reorganizacija avtopredpriyatij primagistral'nyh naseljonnyh punktov tranzitnogo regiona s ispol'zovaniem mnogokanal'noj modeli funkcionirovaniya avtoservisnyh moshhnostej [Reorganization of the automobile enterprises of the mainland settlements of the transit region using the multi-channel model of the auto service capacity operation]. *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja* №5. (165 – 168). Lugans'k: SNU im. V. Dalja. [in Russian].
3. Ishhenko A.V., Kuz'min K.V., Kravchenko O.P. (2016) Rozbudova pridorozhniih avtoservisnih pidpriemstv na transportnih magistraljah [Construction of roadside car-care centers on transport highways]. *Zbirnik tez dopovidej Vseukraïns'koï naukovo-praktichnoï konferencii studentiv ta aspirantiv «Pidvishhennja nadijnosti mashin i obladnannja»*. (16-18 kvitnja 2016 r., Kirovograd). (pp. 80-82). Kirovograd: MOV KNTU [in Ukrainian].
4. Ishchenko A., Kuzmin K., Kravchenko O., Melnichenko I. (2016) Research of Opportunities for Development of Autoservice Entrepreneurships on Highways. *Current Trends in Young Scientists Researches*. All Ukrainian Scientific and Practical Conference. Book of Papers. April 14. (pp. 35-38). Zhitomir: ZSTU.
5. Dobrovinskii O.O., Kudrjashov A.V., Rafalskyj Ye.M., Kravchenko O.P. (2017). Analiz infrastruktury mizhnarodnoi' avtotransportnoi' magistrali M06 (E40) [Analysis of the infrastructure of the international motorway M06 (E40)]. *Tezi Vseukraïns'koï naukovo-praktichnoï on-line konferencii aspirantiv, molodih uchenih ta studentiv, prisvjachenoï Dnju nauki*. T. I. (pp. 31-33). Zhitomir : ZhDTU [in Ukrainian].
6. Metodika provedennja auditors'kih perevirok z bezpeki dorozhn'ogo ruhu stadii ekspluatacii avtomobil'nihdorig zagal'nogo koristuvannja: M 03450778 - 700:2012. (2012). [Methodology of carrying out audits of road safety of the stage of operation of automobile roads of general use: M 03450778 - 700:2012]- [Chinnij vid 2012-01-01]. (p. 63) K.: Ukravtodor [in Russian].
7. Kravchenko A.P., Rafal'skij E.M. (2017). Ispol'zovanie mnogo kanal'noj modeli funkcionirovaniya avtoservisnyh moshhnostej primagistral'nyh naselennyh punktov tranzitnogo regiona [The use of a multi-channel model for the operation of service facilities of the mainland settlements of the transit region]. *Zbirnik naukovih prac' «Novitni shljahi stvorennja, ekspluatacii, remontu i servisu avtomobiliv»*. (pp. 25-27). Mikolaïv: MTU «Mikolaïvs'ka politehnika» [in Russian].
8. Kravchenko A.P., Duda D.V. (2011). Reorganizacija avtopredpriyatij primagistral'nyh naseljonnyh punktov tranzitnogo regiona s ispol'zovaniem mnogokanal'noj modeli funkcionirovaniya avtoservisnyh moshhnostej [Reorganization of the automobile enterprises of the main towns of the transit region using the multi-channel model of the auto service capacity]. *Visnik Shidnoukraïns'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja* №5. (pp. 165 – 168). Lugans'k: SNU imeni V. Dalja [in Russian].
9. Lezhnjov A.V. (2010). Dinamicheskoe programmirovaniye v jekonomicheskikh zadachah: uchebnoe posobie [Dynamic programming in economic tasks]. (p. 176). M.: BINOM. Laboratorija znaniy [in Russian].

Кравченко А.П., Рафальский Е.М., Добровинский А.А. Анализ транспортной инфраструктуры на международной автотранспортной магистрали М06 (Е40).

Приведены результаты обследования транспортной инфраструктуры на международной автотранспортной магистрали М06 (Е40) в Житомирской области между городами Житомир и Новоград-Вольнский. Получены количественные показатели транспортного потока, объектов сервиса, рассмотрены возможности инвестиций.

Ключевые слова: автомагистраль, подвижной состав, инфраструктура.

Kravchenko O., Rafalsky Ye., Dobrovinskii O. Analysis of transport infrastructure on the international motorway M06 (E40)

The results of a survey of the transport infrastructure on the international motorway M06 (E40) in the Zhytomyr region between the cities of Zhitomir and Novograd-Volynsky are presented. Quantitative indicators of the traffic flow, service objects are obtained, investment opportunities are considered.

Keywords: avtomagistral, mobile composition, infrastructure.

АВТОРЫ:

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

РАФАЛЬСКИЙ Евгений – студент магістр факультета автомобільних і транспортних технологій Житомирського державного технологічного університета, тел. (096) 9641101, e-mail: zdtu2015@ukr.net

ДОБРОВІНСКИЙ Александр – студент магістр факультета автомобільних і транспортних технологій Житомирського державного технологічного університета, тел. (093) 0032603, e-mail: dobroalex@gmail.com

AUTHOR:

KRAVCHENKO Oleksandr, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Automobile and Transport Technologies Department, Zhytomyr State Technological University, e-mail: avtoap@ukr.net

RAFALSKY Yevgeny - Master student of Automotive and Transport Technologies department of Zhytomyr State Technological University, tel. (096) 9641101, e-mail: zdtu2015@ukr.net

DOBROVINSKYI Oleksandr - Master student of the department of Automobile and Transport Technologies of Zhytomyr State Technological University, tel. (093) 0032603, e-mail: dobroalex@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 8.10.2017 р.

Ланець О.С., Ройко Ю.Я., Грицунь О.М.
Національний університет «Львівська політехніка»

ВПЛИВ ПІШОХОДІВ НА ВТРАТИ ЧАСУ У ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

У роботі наведено результати досліджень та аналіз поведінки пішоходів залежно від дорожніх умов за сухої сонячної і дощової погоди. За різних, умовно розділених груп переходів, різняться інтенсивності і пішохідного, і транспортного руху, організованість пішохідних потоків, затримки транспорту. Проведено експериментальні дослідження пішохідного руху, на основі яких у програмному середовищі VISSIM змодельовано затримки транспорту.

Ключові слова: транспортний потік, пішохідний потік, регульований пішохідний перехід, нерегульований пішохідний перехід, транспортна затримка, інтенсивність руху, імітаційне моделювання.

Постановка проблеми. Розв'язання задач з організації руху пішохідних потоків залежить від містобудівних, дорожньо-планувальних, соціальних та економічних чинників. Надійність рішень з організації пішохідного руху визначається точністю початкових показників, основними з яких є інтенсивність, швидкість та щільність пішохідного руху. Саме вони визначають рівень обслуговування та зручність руху [1].

Слід зазначити, що пішохідний потік має вірогідну природу і керуючим елементом у ньому є людина. Особливої уваги потребує вивчення поведінки пішоходів та визначення взаємозв'язку контактів між пішоходами і транспортом, який відбувається в межах пішохідних переходів через проїзну частину в одному рівні. Дуже часто вони визначають ступінь небезпеки вулиць та доріг [2,3].

Багаточинниковий аналіз результатів досліджень, за якими можна стверджувати про значний ступінь недисциплінованості пішоходів, дає вельми несподівану відповідь: велика кількість конфліктів, пов'язаних з переходами вулиць у невстановлених місцях, має незначний вплив на безпеку вулиць і подій з пішоходами.

На даний час конфлікти між пішоходами та водіями транспорту на вулицях міст стали швидко змінюватися. Цьому сприяло: зростання завантаження вулиць транспортом, зміна систем регулювання руху, завантаження тротуарів запаркованими автомобілями тощо. До того ж, багато елементів вулично-дорожньої мережі спроектовано без врахування особливостей поведінки пішоходів, тому першочерговим завданням є вивчення їх особистісних характеристик, зокрема визначення чітких етапів прийняття та реалізації рішень в умовах певного інформаційного навантаження та небезпеки.

До загальних особливостей поведінки пішоходів відносяться: намагання рухатися найкоротшим шляхом, намагання економити м'язову енергію, має межу терпеливого очікування, погано бачить неосвітлені ділянки, погано орієнтується у складних дорожньо-транспортних ситуаціях, допускає багато помилок під час прийняття рішення, прагне не повертатися назад у відношенні до мети, допускає певний ризик під час прийняття рішення [2–4].

Досить часто проблему підвищення ефективності транспортного обслуговування неможливо розв'язати без урахування особливостей пішохідного руху в місцях, де відбувається взаємодія транспортних і пішохідних потоків. З аналізу аварійності та статистики дорожньо-транспортних подій можна стверджувати, що ця взаємодія відбувається вкрай небезпечно [3,6]. Виходячи із сказаного, **метою роботи** є вивчення особливостей поведінки пішоходів на вулично-дорожній мережі та їх (пішоходів) вплив на ефективність транспортного потоку, виражену через затримку руху і рівень безпеки руху.

Результати досліджень. Початковим етапом вивчення пішохідного руху загалом та поведінки пішоходів зокрема, є проведення натурних досліджень з визначення первинних показників із застосуванням відеомоніторингу; документальне вивчення даних про місце знаходження об'єктів притягання та генерації; даних про аварійність з пішоходами; моделювання руху пішохідного потоку та його вплив на закономірності у транспортних потоках.

З метою формування достатніх масивів даних з високим рівнем репрезентативності вибірки, слід визначити необхідну кількість вимірювань. Виходячи з того, що завданням цього дослідження є визначення затримки транспортних засобів на нерегульованих пішохідних переходах (на регульованих вона визначається режимом роботи світлофорної сигналізації), необхідно обрати один із показників пішохідного потоку (оскільки він, виходячи з пріоритетності, визначає цю затримку),

який розподіляється за нормальним законом в однакових умовах руху. Такою величиною є швидкість руху пішохода [7]. Для більшості завдань, закони розподілу випадкових величин яких описують нормальним законом або близьким за формою до нормального (Релея, Коші), обсяг вибірки визначають за такою залежністю [8]:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\varepsilon^2}, \quad (1)$$

де σ – середнє відхилення множини; t – показник достовірності для заданої довірчої ймовірності p одержуваного виведення; ε – дозволена помилка вибіркової середньої.

Щоб використати формулу (1) необхідно визначити σ . Для цього пронумеруємо вибірку значень v від 1 до $n=500$ (n – обсяг вибірки під час вимірювання швидкості пішоходів). Для цих значень параметр σ визначають за формулою [8]:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{i=n} t_i^2 - \bar{t}^2, \quad (2)$$

де $\bar{t} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} t_i$ – середнє значення.

Проте можна використати більш просте правило « 3σ » («трьох сігм»).

Тоді, для нерегульованих переходів отримаємо: $v_{\min} = 0,9 \text{ м./с.}$, $v_{\max} = 1,7 \text{ м./с.}$,
 $R = 1,7 - 0,9 = 0,8$, $\sigma = \frac{0,8}{6} = 0,13$, $n = 26$ вимірювань; для регульованого: $v_{\min} = 0,4 \text{ м./с.}$,
 $v_{\max} = 1,5 \text{ м./с.}$, $R = 1,5 - 0,4 = 1,1$, $\sigma = \frac{1,1}{6} = 0,18$, $n = 49$ вимірювань.

Таку ж кількість вимірювань проведемо для визначення кількості порушень пішоходами правил переходу через проїзну частину, тим самим визначивши рівень потенційної небезпеки в місцях взаємодії транспортних потоків з пішохідними.

Виходячи із сформульованого завдання дослідження, проведено ряд вимірювань на вулично-дорожній мережі міста Львова з допомогою технічних засобів організації дорожнього руху міського комунального підприємства ЛКП «Львівавтодор».

На першому етапі таких вимірювань визначено ряд об'єктів – регульованих (I – перехід через вул. Миколайчука (на підході до перехрестя вул. Липинського – Миколайчука); II – перехід через вул. Липинського (на підході до перехрестя вул. Липинського – Миколайчука); III – перехід через вул. Городоцька (вихід з Привокзального ринку); IV – перехід через вул. Городоцька (на підході до перехрестя вул. Городоцька – Бандери); V – перехід через вул. Бандери (на підході до перехрестя вул. Городоцька – Бандери) та нерегульованих (VI – перехід через вул. Городоцька (на підході до перехрестя вул. Городоцька – Тобілевича – Коротка – Залізнична – Чернівецька); VII – перехід через вул. Чернівецька (на підході до перехрестя вул. Городоцька – Тобілевича – Коротка – Залізнична – Чернівецька); VIII – перехід через вул. Городоцька (на підході до перехрестя вул. Городоцька – Огієнка – Леонтовича) пішохідних переходів.

Усі ці переходи можна умовно поділити на дві групи, з точки зору їх розміщення на території міста. Перша група – це нерегульовані й регульовані пішохідні переходи, які розміщені в районі центрального залізничного вокзалу міста Львова. Особливостями пішохідного потоку тут є: значна інтенсивність і пішохідного, і транспортного руху; слабка організованість пішохідних потоків; велика частка пішоходів, які не є мешканцями міста. Друга група – пішохідні переходи, розміщені в житлових районах міста без єдиного, чітко вираженого центру притягання. Особливостями пішохідного руху тут є: менша, у порівнянні з першою групою, інтенсивність пішохідного руху протягом денної пори доби та значна інтенсивність транспортного руху; основна частина пішоходів – мешканці міста.

Під час проведення досліджень обрано два періоди – суха сонячна погода та дощ.

Такий вибір місць дослідження та погодних умов зумовлений перевіркою кількох робочих гіпотез:

1. Пішоходи, які в основному не проживають на території міста менше звертають увагу на засоби регулювання і тому дисципліна їх поведінки є слабшою;
2. За невеликої інтенсивності транспортних потоків і зі зменшенням довжини переходу, пішохід частіше користується правом переходу сходу через нерегульований пішохідний

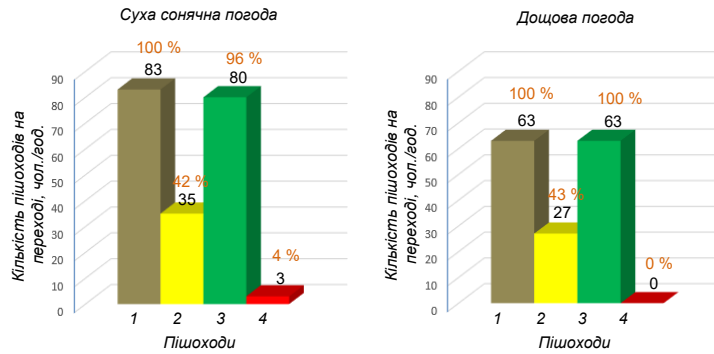
перехід, а також частіше здійснює перехід на заборонний сигнал під час руху регульованим пішохідним переходом;

- У дощову погоду зменшується час терпеливого очікування пішоходів для досягнення мети переміщення.

Під час вимірювань визначено такі показники: довжину пішохідних переходів (ширину вулиці); тривалість циклу регулювання на регульованих переходах, а також його складові (час заборонного та дозволяючих сигналів); кількість накопичених пішоходів перед переходом; кількість осіб, які пройшли на дозволяючий та заборонний сигнал світлофора (для регульованих перехресть); час переходу пішоходами проїзної частини; інтенсивність руху транспортних потоків через перехід.

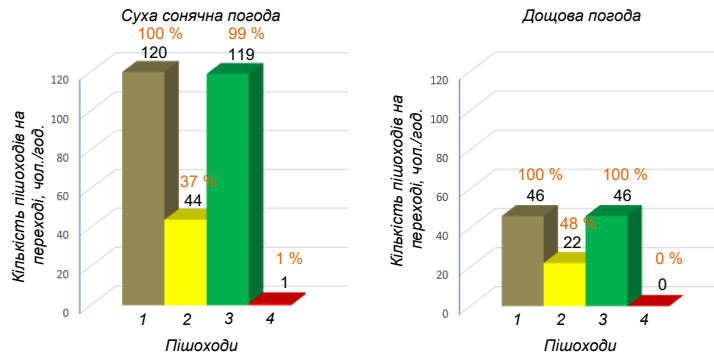
Графічні результати досліджень поведінки пішоходів на регульованих переходах наведено на рисунках 1 – 3.

а)



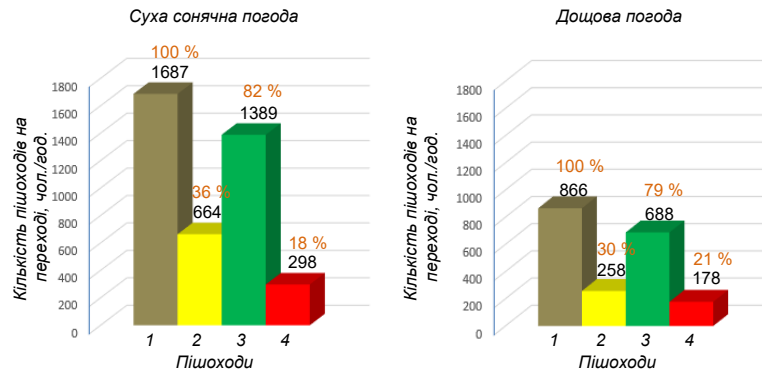
$$t_3 = 26 \text{ с}; t_4 = 44 \text{ с}; B_{пч} = 14 \text{ м}; N_a^{\phi} = 1186 \text{ авт./ год.}$$

б)



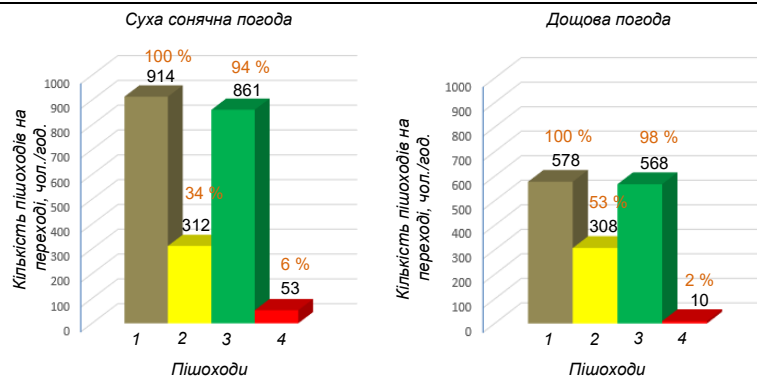
$$t_3 = 19 \text{ с}; t_4 = 51 \text{ с}; B_{пч} = 17,5 \text{ м}; N_a^{\phi} = 2222 \text{ авт./ год.}$$

в)



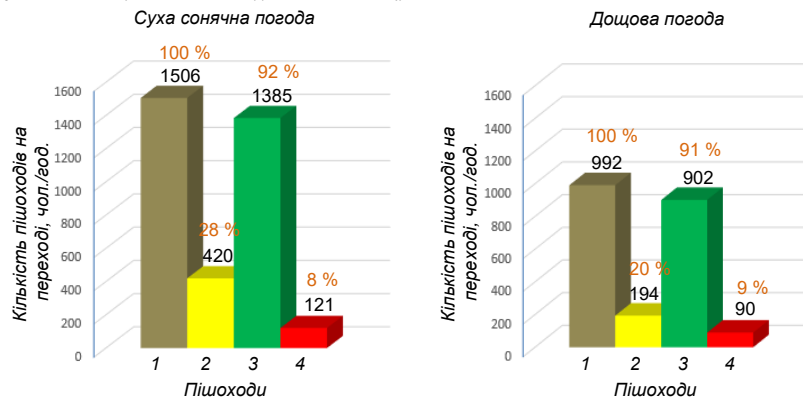
$$t_3 = 25 \text{ с}; t_4 = 47 \text{ с}; B_{пч} = 24 \text{ м}; N_a^{\phi} = 1695 \text{ авт./ год.}$$

г)



$$t_3 = 30c; t_4 = 55c; B_{nc} = 15m; N_a^\phi = 959 \text{ авт./год.}$$

д)



$$t_3 = 22c; t_4 = 65c; B_{nc} = 12m; N_a^\phi = 620 \text{ авт./год.}$$

Рис. 1. Результати досліджень пішохідного потоку на регульованих переходах: а – I; б – II; в – III; г – IV; д – V;

1 – пішоходи, які пройшли через перехід; 2 – пішоходи, які очікували дозволяючого сигналу;

3 – пішоходи, які пройшли через перехід на дозволяючий сигнал; 4 – пішоходи, які пройшли через перехід на заборонний сигнал;

t_3 – тривалість дозволяючого сигналу; t_4 – тривалість заборонного сигналу; B_{nc} – довжина пішохідного переходу (ширина вулиці); N_a^ϕ – фактична інтенсивність транспортного потоку

В основному, за результатами аналізу рис. 1, вдалось підтвердити робочу гіпотезу 1: у житлових районах частка осіб, які порушують правила пішохідного руху через регульовані пішохідні переходи, становить до 4 %, у той час як на перехрестях в районі залізничного вокзалу частка таких осіб досягає 10 – 15 %, а на переході біля Привокзального ринку становить 18 – 21 %. Це можна пояснити тим, що особи, які рідко користуються засобами примусового світлофорного регулювання, оскільки, переважно компактно проживають на територіях, де його не передбачено в проектних рішеннях схем організації руху, у меншій мірі вважають сигнали світлофора значущими з погляду безпеки руху і власної безпеки під час прийняття рішення в умовах ризику.

Вдалось також підтвердити, що у дощову погоду пішоходи обережніше поведуться на проїзній частині і у більшості випадків частка порушень (переходу на заборонний сигнал світлофора) є практично відсутньою (рис. 2), за винятком того ж регульованого переходу через вул. Городоцька біля Привокзального ринку, що не підтверджує гіпотезу 3, сформульовану під час виконання цієї дослідницької роботи.

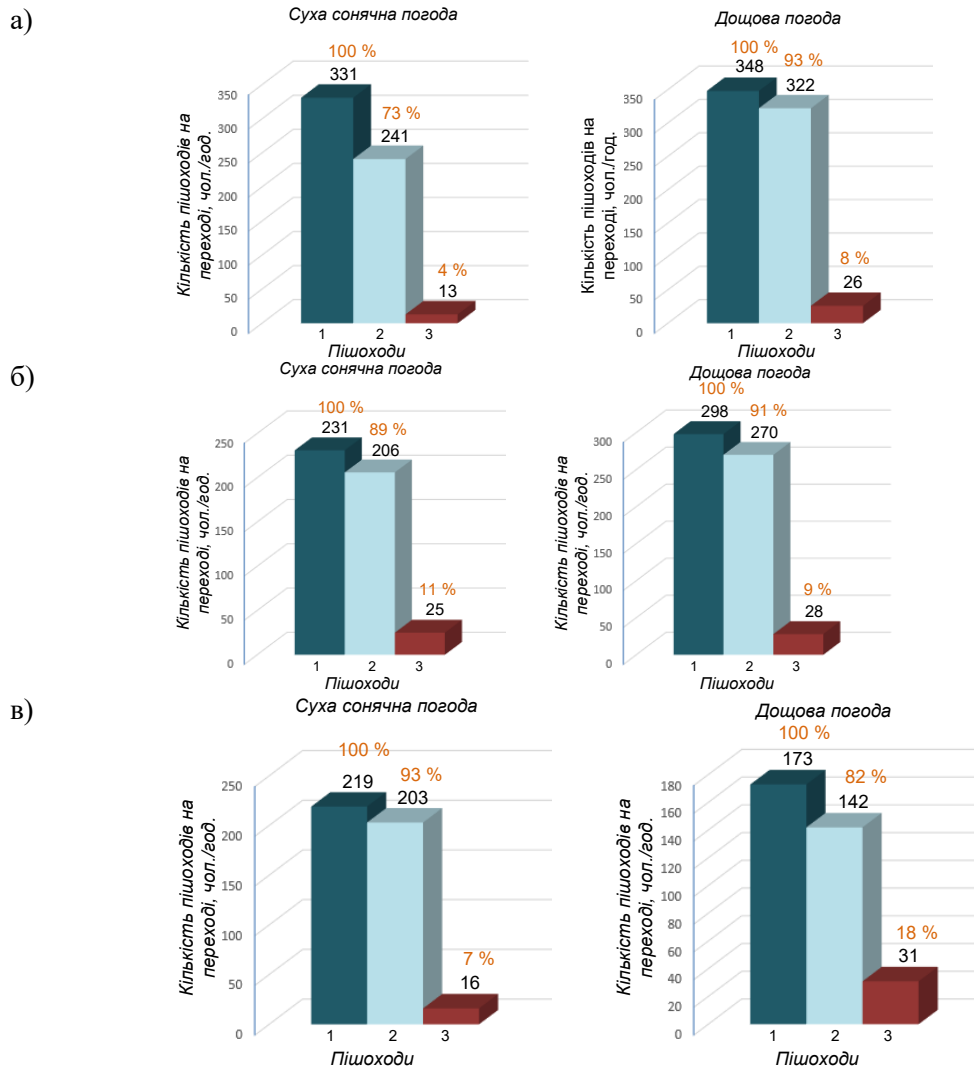


Рис. 2. Результати досліджень пішохідного потоку на нерегульованих переходах: а – VI $B_{нч} = 15 м$; $N_a^{\phi} = 1072 авт./ год.$, б – VII, $B_{нч} = 12 м$; $N_a^{\phi} = 580 авт./ год.$, в – VIII, $B_{нч} = 12 м$; $N_a^{\phi} = 1470 авт./ год.$

1 – пішоходи, які пройшли через перехід; 2 – пішоходи, які скористались своїм правом переходу; 3 – пішоходи, які очікували інтервал у транспортному потоці для переходу

Аналізуючи результати досліджень поведінки пішохідного потоку на нерегульованих переходах (рис. 2), слід зазначити, що лише до 10 % пішоходів на таких переходах не відразу використовують своє право пріоритету під час руху через проїзну частину, тобто зважають на умови безпеки такого переходу. Слід також зазначити, що тут більшою мірою підтверджується гіпотеза 3, тобто поганий стан атмосфери (дощова погода) спонукають пішоходів користуватись частіше своїм правом пріоритету.

Також заслуговує на увагу те, що і за умови порушень правил переходу проїзної частини під час світлофорного регулювання, і в умовах нерегульованих пішохідних переходів, вплив має довжина шляху, який долає пішохід та інтенсивність руху транспортних потоків. Зі зменшенням довжини шляху збільшується (до 4 % пішоходів на 1 метр шляху) частка порушників або осіб, які відразу використовують своє право пріоритетності. Цьому також сприяє наявність тривалих розривів (більше 10 с.) між транспортними засобами в потоці, які проїжджають через пішохідний перехід.

Виходячи із величини інтенсивності руху пішоходів через нерегульовані пішохідні переходи та, враховуючи особливості їх поведінки перед здійсненням переходу (рис. 2), проведено моделювання з метою визначення затримки у транспортному потоці. Його результати наведено на рис. 3.

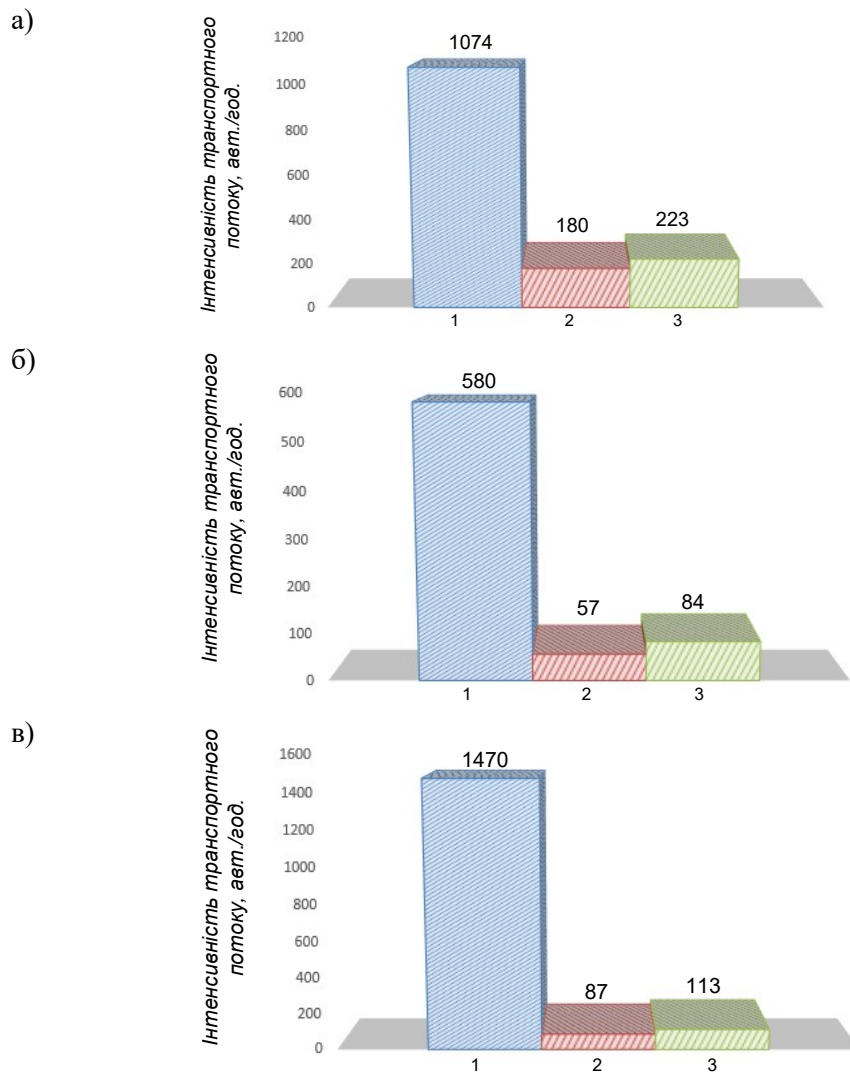


Рис. 3. Результати імітаційного моделювання затримки транспортного потоку в межах нерегульованих переходів у програмному середовищі VISSIM:

а – VI, б – VII, в – VIII.

1 – загальна інтенсивність в межах переходу; 2 – інтенсивність транспортного потоку, яка мала затримку в суху сонячну погоду; 3 – інтенсивність транспортного потоку, яка мала затримку в дощову погоду.

Аналізуючи результати, наведені на рис. 3, можна сказати, що на перехрестях VI та VII (зона впливу зовнішнього транспорту) частка автомобілів, які мали затримку в межах пішохідних переходів є набагато більшою ніж на перехресті VIII (житловий район близько центру міста), хоча інтенсивність пішохідного потоку на цих перехрестях є практично однаковою.

Висновки. За результатами цих досліджень, а також досліджень, які проводились нами раніше, можна стверджувати, що нормативні підходи щодо облаштування пішохідних переходів, проектування режимів примусового регулювання руху на них мають бути відмінними для різних функціональних зон міста. Визначаються ці відмінності найперше поведінкою пішоходів, яка залежить від психофізіологічних особливостей пішоходів, мети переміщення та погодних умов.

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов / Е. М. Лобанов. – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.

2. Transport planning and traffic engineering / Edited by С. А. O'Flaherty. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.

3. Буга П. Г. Организация пешеходного движения в городах / П. Г. Буга, Ю. Д. Шелков. – М. : Высшая шк., 1980. – 232 с.

4. Кликовштейн Г. И. Организация дорожного движения: Учеб. Для вузов. – 5-е изд., перераб. И доп.

Г. И Кликовштейн., М. Б. Афанасьев – М: Транспорт, 2001 – 247 с.

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

6. Mantecchini L. Empirical Analysis of Pedestrian Delay Models at Urban Intersections / L Mantecchini – Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, P. 981–990.
7. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
8. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В.Г. Галушко Изд. «Вища школа», 1976 – 232 с.

REFERENCES

1. Lobanov, E. (1990). *Transport urban planning [Transportnaya planirovka gorodov]*. Moscow, Transport. 240 p.
2. *Transport planning and traffic engineering* / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.
3. Buga, P. (2001). *Organization of walking in cities [Organizatsiya peshehodnogo dvizheniya v gorodah]*. Moscow, High school. 232 p.
4. Klinkovshcheyn, G. (2001). *Traffic Organization [Organizatsiya dorozhnogo dvizheniya]*. Moscow, Transport. 247 p.
5. Polishchuk, V. (2012). *Orhanizatsiia ta rehuliuivannia dorozhnoho rukhu [Orhanizatsiia ta rehuliuivannia dorozhnoho rukhu]*. Kyiv, Znannia Ukrainy, 467 p.
6. Mantecchini, L. (2015). *Empirical Analysis of Pedestrian Delay Models at Urban Intersections*. Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, pp. 981–990.
7. Vruble', Ju (2003). *Potery v dorozhnom dvizhenii [Potery v dorozhnom dvizhenii]*. Minsk: BNTU, 380 p.
8. Galushko, V. (1976). *Probabilistic-statistical methods on motor transport [Veroiatnostno-statystychnykye metody na avtotransporte]*. Moscow, High school. 232 p.

Ланець О.С., Ройко Ю.Я., Грицунь О.М. Влияние пешеходов на потери времени в транспортном потоке.

В работе приведены результаты исследований и анализ поведения пешеходов в зависимости от дорожных условий при сухой солнечной и дождливой погоды. При различных, условно разделенных группах переходов, отличаются интенсивности и пешеходного, и транспортного движения, организованность пешеходных потоков, задержки транспорта. Проведены экспериментальные исследования пешеходного движения, на основе которых в программной среде VISSIM смоделированы задержки транспорта.

Ключевые слова: транспортный поток, пешеходный поток, регулируемый пешеходный переход, нерегулируемый пешеходный переход, транспортная задержка, интенсивность движения, имитационное моделирование.

A. Lanets, Yu Royko, O. Hrytsun. Impact of pedestrians on the loss of time in traffic flow

In the work are presented results of research and analysis of pedestrian behavior depending on road conditions for dry sunshine and rainy weather within ground pedestrian crossing. Field research have been conducted on the road network of Lviv using technical means of traffic organization of urban communal enterprise LCE “Lvivavtodor”. The number of researches has been determined for measurement of vehicle delays on pedestrian crossings using normal law (Reley, Koshi). Analyzing the research results, where are fixed conditions of violation rules of crossing the road during traffic lights regulation and in conditions of unregulated pedestrian crossing, it is defined that the biggest impact has length of way which pedestrian overcomes and intensity of traffic flows. With a decrease of 1 m in length decreases by 4% the proportion of offenders or people who immediately use their right of priority, that is, neglecting the safety conditions. Based on carried out experimental research of pedestrian movement indicators in software environment VISSIM are simulated traffic flow delays within pedestrian crossings. Analyzing results received during simulation, we can say that on the intersections, that are situated in district of railway station, proportion of vehicles that had delay within pedestrian crossings is much bigger than on the intersection (residential area near the city center), thus intensity of pedestrian and traffic flows on these crossings is practically the same. So, we can make a conclusion, that location of pedestrian crossing about objects of road network directly affects the amount of transport delays.

Keywords: traffic flow, pedestrian flow, regulated pedestrian crossing, unregulated pedestrian crossing, traffic delay, intensity of movement, simulation.

АВТОРИ:

ЛАНЕЦЬ Олексій Степанович, доктор технічних наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», директор Інституту інженерної механіки та транспорту,

e-mail: iimt.nulp@gmail.com

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

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

АВТОРЫ:

ЛАНЕЦ Алексей Степанович, доктор технических наук, доцент, Национальный университет «Львівська політехніка», директор Института инженерной механики и транспорта,

e-mail: iimt.nulp@gmail.com

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

ГРИЦУНЬ Олег Михайлович, аспирант, ассистент кафедры транспортных технологий, Национальный университет «Львівська політехніка», e-mail: oleggrutsyn1993@gmail.com

AUTHORS:

Alexey LANETS, Doctor of Science in Engineering, Assoc. Professor, Lviv Polytechnic National University, Director of Mechanical Engineering and Transport Institute, e-mail: iimt.nulp@gmail.com

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

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

Стаття надійшла в редакцію 26.09.2017

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

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ І ПОТУЖНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ФОНДІВ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ З УРАХУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ ПОПИТУ НА ПОСЛУГИ З ПЕРЕРОБКИ ВАНТАЖІВ

Проаналізовані теоретичні засади щодо підвищення ефективності процесів обслуговування клієнтури транспортних підприємств. Визначені основні підходи до трактування поняття системний підхід, як основний аспект сучасної логістики. Ґрунтуючись на раніше розроблений автором підхід до підвищення ефективності процесу функціонування транспортних вузлів отримано залежності для обґрунтування чисельних характеристик виробничих ресурсів і організаційних впливів при логістичному управлінні у мультимодальному транспортному вузлі.

Ключові слова: транспортний вузол, логістичне управління, системний підхід, структура виробничих фондів, переробка вантажів.

Постановка проблеми. Вирішуючи задачі підвищення ефективності процесів обслуговування клієнтури транспортних підприємств, необхідно враховувати наявність великої кількості факторів, що визначають основні параметри технологічних процесів і особливості їх організації. На сучасному етапі розвитку транспортної науки найбільш доцільним і коректним вважається логістичний підхід до управління, сутністю якого, відповідно до [1-3] є підхід системний. В [4] проф. П. Блайк указує на те, що «...системний підхід є одним з основних аспектів сучасної логістики». В [5] указується, що основу будови й функціонування логістичної системи становить реалізація принципу системного підходу, що проявляється, насамперед, в інтеграції й чіткості взаємодії всіх елементів логістичної системи. Цей принцип знаходить своє відбиття в розробці й виконанні єдиного технологічного процесу виробничо-транспортної системи, у переході від надання окремих видів послуг, транспортних та їх супроводжуючих, до створення виробничо-складських і виробничо-транспортних систем.

Логістичний підхід до управління підприємством націлений на забезпечення раціоналізації потокових процесів у рамках керованої системи з позиції єдиного ланцюга доставки, інтеграція окремих частин якого здійснюється на технічному, технологічному, економічному, методологічному рівнях, а мінімізація витрат часу і ресурсів досягається шляхом оптимізації наскрізного управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками. Таким чином, логістичне управління полягає в цілеспрямованому впливі на логістичні потоки з метою синхронізації їхньої взаємодії і досягнення ефекту синергізму [6]. Як головна підсистема загальної системи управління підприємством, логістичне управління спрямоване на досягнення стратегічних і тактичних цілей розвитку підприємства [7].

Загальною метою логістичного управління є реалізація й узгодження економічних інтересів безпосередніх і опосередкованих учасників підприємницьких процесів через найефективніше використання ресурсів в існуючих на даний час умовах господарювання [8]. Загальна мета діяльності кожного підприємства конкретизується у підцілях, які визначаються потребами оптимізації і раціоналізації підприємницької діяльності, розвитком інфраструктури логістичної системи з урахуванням чинного законодавства про створення сучасної матеріально-технічної бази виробництва і товарного обміну, активного використання прогресивних інформаційних технологій. Процес логістичного управління транспортним вузлом є складним багаторівневим процесом, тому прийняття рішень щодо вибору варіантів технології обслуговування і кількості виробничих ресурсів вимагає попереднього обґрунтування із використанням моделей об'єкту управління. Існуючі підходи до моделювання процесів функціонування транспортних вузлів засновані переважно на аналітичних моделях, які не дозволяють оцінити комплексний вплив множини випадкових зовнішніх факторів на ефективність функціонування. Таким чином, науковий напрямок створення нових моделей функціонування транспортних вузлів із використанням сучасних математичних методів і інформаційних технологій є актуальним.

Мета роботи. Визначення оптимальної кількості обслуговуючих механізмів на вантажних фронтах транспортного вузла, а також оптимальної ємності складу як шлях до оптимізації структури і

потужності виробничих фондів транспортних вузлів з урахуванням параметрів попиту на послуги з переробки вантажів.

Матеріал и результати дослідження. Транспортні вузли є складними техніко-економічними підсистемами у складі транспортних систем, що виконують функції переробки вантажопотоку при його просуванні із використанням різних видів транспорту. Складні технологічні системи, як правило, функціонують в умовах впливу великої кількості стохастичних факторів зовнішнього середовища. Така ситуація є характерною і для транспортних вузлів. Вплив зовнішнього середовища на транспортні вузли описується ймовірнісними показниками матеріальних, фінансових і інформаційних потоків, а також параметрами випадкових величин, що характеризують технологічні процеси переробки вантажопотоку.

Представлені автором в роботі [9] причини виникнення проблемних ситуацій в процесі функціонування транспортних вузлів є наслідком часткової або повної відсутності системного підходу до управління вузлами як логістичними системами. Логістичний підхід до управління передбачає, в першу чергу, вирішення окремих організаційних задач з позицій функціонування системи в цілому. Іншою особливістю використання логістичного підходу є виділення зв'язків між елементами логістичної системи на рівні потоків трьох типів – матеріальних, інформаційних і фінансових.

Таким чином, з урахуванням ряду виділених проблемних ситуацій, що виникають у процесі переробки вантажопотоку в транспортних вузлах, а також указаних причин їх виникнення, доцільними є оптимізація структури і потужності виробничих фондів транспортних вузлів з урахуванням параметрів попиту на послуги з переробки вантажів.

При вирішенні конкретних задач на транспорті (обґрунтування оптимальної структури логістичних ланцюгів, потужності виробничих фондів транспортних вузлів та ін.) застосування аналітичних методів для адекватного опису всіх типів залежностей з множини є практично недоцільним. Це пояснюється впливом на технологічні процеси такої великої кількості факторів зовнішнього середовища, для якої опис всіх функціональних залежностей потребує витрат на створення моделей більших, ніж може бути ефект від впровадження оптимальних управлінських рішень. Тому при проведенні досліджень застосовують методи імітаційного моделювання складних систем, явищ та об'єктів. Імітаційні моделі дозволяють апроксимувати більшість зв'язків типу, що характеризують вплив зовнішнього середовища, за рахунок визначення як випадкових величин ряду характеристик елементів системи, а також основних параметрів.

Розробка управлінських рішень щодо оптимізації процесів функціонування транспортних вузлів здійснюється на підставі аналізу результатів імітаційного моделювання. Результатами моделювання є функціональні залежності критерію ефективності від сукупності факторів, що характеризують вхідні впливи:

$$K_e = f(R_x, M_x, D_z), \quad (1)$$

де R_x – чисельні характеристики виробничих ресурсів;
 M_x – чисельні характеристики організаційних впливів;
 D_z – чисельні характеристики попиту на послуги транспортного вузла.

Наприклад, якщо функціональна залежність (1) має екстремум мінімуму відносно певної характеристики виробничих ресурсів R_x , то управлінське рішення щодо вибору оптимального варіанту функціонування транспортного вузла визначається на підставі результатів вирішення рівняння:

$$\frac{\partial K_e}{\partial R_x} = 0. \quad (2)$$

Визначення оптимальної кількості обслуговуючих механізмів на вантажних фронтах транспортного вузла, а також оптимальної ємності складу проводиться на підставі відомих характеристик попиту – чисельних параметрів вхідного і вихідного матеріального потоку.

Оптимальна кількість виробничих ресурсів повинна забезпечувати максимально можливе значення критерію ефективності для певних характеристик попиту. У відповідності до (2) оптимальне значення чисельного параметру R_x визначається як екстремум функції критерію ефективності відносно відповідного параметру [10].

Розглянемо на прикладі вантажного району «Амур-Гавань» Дніпровського річкового порту вид функціональної залежності запропонованого критерію ефективності від чисельних параметрів виробничих ресурсів для змішаного варіанту обслуговування матеріального потоку [11]. На рис. 1–3 представлені функціональні залежності критерію ефективності від ємності складу транспортного вузла при різній кількості обслуговуючих механізмів на фронті вантажних робіт.

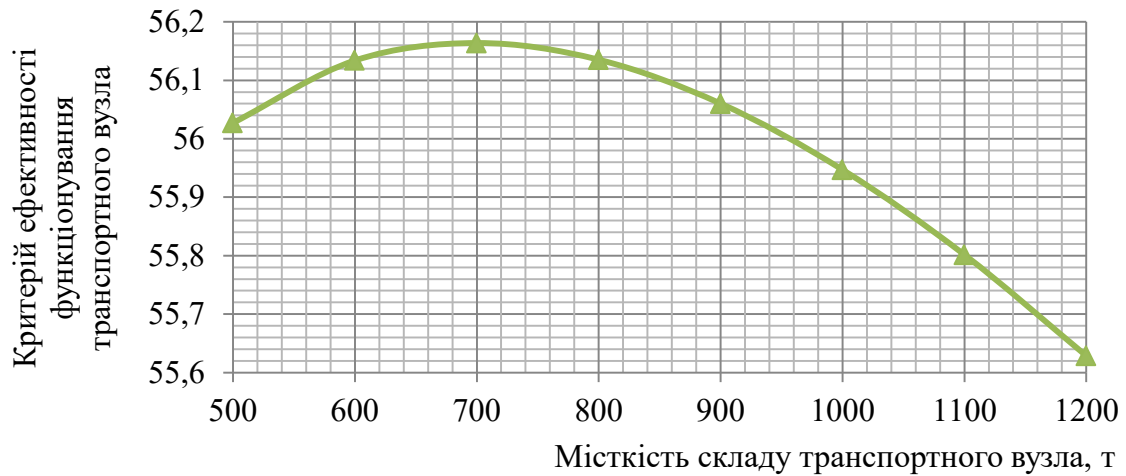


Рисунок 1 – Залежність критерію ефективності функціонування транспортного вузла від місткості складу (1 обслуговуючий НРМ)

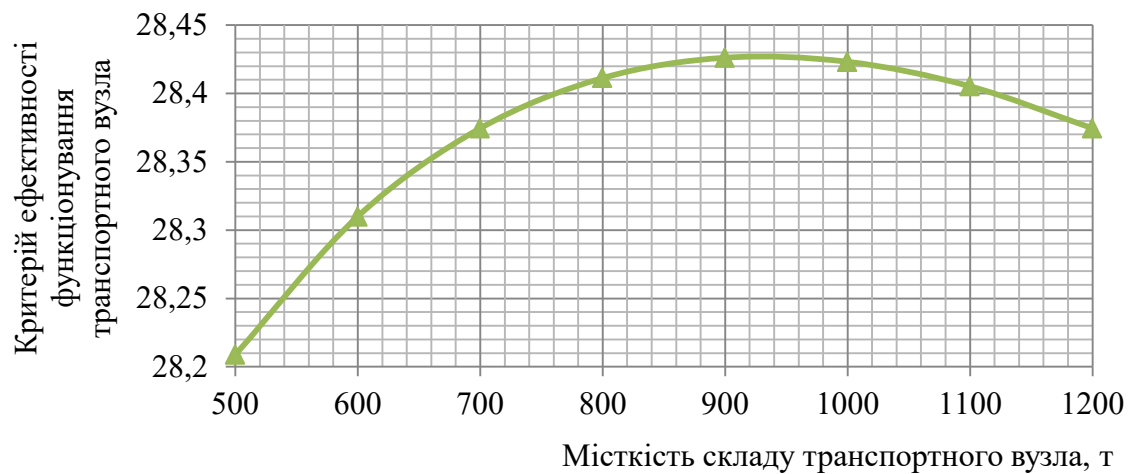


Рисунок 2 – Залежність критерію ефективності функціонування транспортного вузла від місткості складу (2 обслуговуючих НРМ)

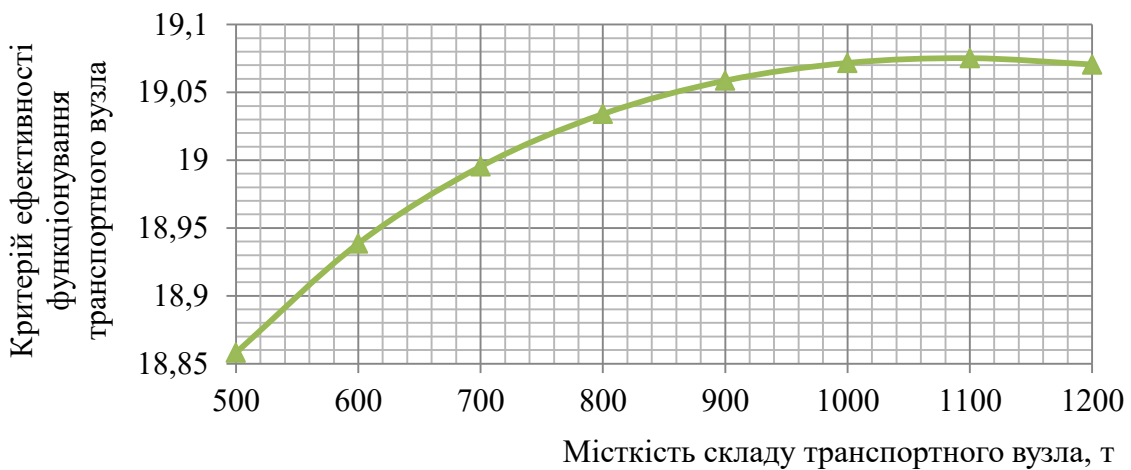


Рисунок 3 – Залежність критерію ефективності функціонування транспортного вузла від місткості складу (3 обслуговуючих НРМ)

Аналіз функціональних залежностей на рис. 1-3 дозволяє стверджувати, що відносно значення місткості складу транспортного вузла існує екстремум, при чому даний екстремум характеризує максимально можливе значення критерію ефективності функціонування транспортного вузла. Слід зауважити, що значення екстремуму функціональної залежності критерію ефективності від ємності складу зміщується із зміною значень кількості обслуговуючих механізмів: при обслуговуванні матеріального потоку із використанням одного НРМ оптимальна місткість складу транспортного вузла становить близько 700 т (рис. 1), при роботі на вантажному фронті двох НРМ екстремум критерію ефективності відповідає значенню місткості складу близько 900 т (рис. 2), а при використанні в процесі обслуговування трьох НРМ оптимальна місткість складу становить близько 1100 т (рис. 3).

Висновок. Виникнення проблемних ситуацій в процесі функціонування транспортних вузлів відбувається завдяки відсутності системного підходу до управління вузлами як логістичними системами. Для підвищення ефективності процесів функціонування транспортних вузлів з позицій логістичного управління необхідними є оптимізація структури і потужності виробничих фондів транспортних вузлів, яку необхідно здійснювати на підставі аналізу результатів імітаційного моделювання, результатами якого є функціональні залежності критерію ефективності від сукупності факторів, що характеризують вхідні впливи.

Результати аналізу побудованих регресійних моделей дозволили отримати залежності для обґрунтування чисельних характеристик виробничих ресурсів і організаційних впливів при логістичному управлінні у мультимодальному транспортному вузлі. Результати аналізу для вантажного району «Амур-Гавань» Дніпровського річкового порту показали, що найбільш ефективним варіантом обслуговування є використання змішаної технології, при цьому мають бути задіяні 5 навантажувально-розвантажувальних механізмів, а оптимальна місткість складу при цьому має становити 1014 т.

1. Abt S. Systemy logistyczne w gospodarowaniu [Tekst] / S. Abt. – Poznań: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, 1997. – 212 s.

2. Сток Дж.Р. Стратегическое управление логистикой [Текст] / Дж.Р. Сток, Д.М. Ламберт. – Москва: ИНФРА-М, 2005. – 797 с.

3. Бауэрсокс Д.Дж. Логистика. Интегрированная цепь поставок [Текст] / Д.Дж. Бауэрсокс, Д.Дж. Клосс. – Москва: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. – 640 с.

4. Blaik P. Logistyka [Tekst] / P. Blaik. – Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 1996. – 244 s

5. Кальченко А.Г. Логистика [Текст] / А.Г. Кальченко. – Київ: КНЕУ, 2004. – 284 с.

6. Паласюк Б. Логістичне управління підприємством: сутність і основні принципи [Текст] / Б. Паласюк // Галицький економічний вісник. – 2012. – №3(36). – С. 166–170.

7. Забуранна Л.В. Логістичне управління підприємством: сутність та передумови розвитку [Текст] / Л.В. Забуранна // Сталий розвиток економіки. – 2010. – № 7. – С. 120–123.

8. Хаджинова О.В. Логістична стратегія управління витратами великого багатопрофільного промислового підприємства [Текст] / О.В. Хаджинова: автореф. дис. ... канд. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація і управління підприємствами». – Донецьк, 2006. – 23 с.

9. Нагорний Є.В. Системний підхід до оптимізації процесів логістичного управління в транспортних вузлах [Текст] / Є.В. Нагорний, В.С. Наумов, Я.В. Літвінова // Залізничний транспорт України, 2014. – № 3(106). – С. 46–51.

10. Нагорний Є.В. Імітаційна модель процесу функціонування мультимодального транспортного вузла [Текст] / Є.В. Нагорний, В.С. Наумов, Я.В. Літвінова // Залізничний транспорт України, 2016. – № 1-2(116-117). – С. 4–13.

11. Літвінова Я.В. Дослідження параметрів попиту на складування та переробку вантажів у транспортному вузлі [Текст] / Я.В. Літвінова // Транспортні системи та технології перевезень: 36. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. тр-ту ім. ак. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 10. – С. 75–79.

REFERENCES

1. Abt S., (1997). *Systemy logistyczne w gospodarowaniu [Logistic systems in management]*. Poznań, Polska: Wydawnictwo AE [in Polish].

2. Stok, Dj. P., & Lambert, D.M., (2005). *Strategicheskoe upravlenie logistikoi [Strategic management of logistics]*. Moskva, Rossiya: INFRA-M [in Russian].

3. Bayersoks, D.Dj., & Kloss, D.Dj., (2008). *Logistika. Integrirjannaya tsep postavok [Logistics. Integrated Supply Chain]*. Moskva, Rossiya: “OLIMP-BIZNES [in Russian].

4. Blaik, P., (1996). *Logistyka [Logistics]*. Warszawa, Polska: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne [in Polish].

5. Kalchenko, A.G., (2004). *Logistika [Logistics]*. Kyiv, Ukraina: KNEY [in Ukrainian].

6. Palasyuk, B., (2012). *Logistychnе upravlinnya pidpriemstvom: sytnist I osnovni pryntsyipy [Logistic management of the enterprise: the essence and basic principles]*. *Galytsykyi ekonomichnyi visnyk - Galician Economic Herald*, 3(36), 166-170 [in Ukrainian].

7. Zaboranna, L.V., (2010). Logistyczne upravlennya pidpriemstvom: sytnist ta peredumovy rozvytku [Logistic management of the enterprise: the essence and preconditions of development]. *Stalyi rozvytok ekonomiky - Sustainable development of the economy*, 7, 120-123 [in Ukrainian].
8. Chadgynova, O.V., (2006). Logistychna strategiya upravlinnya vytratamy velykogo bagatoprofilnogo promyslovogo pidpriemstva [Logistics strategy for managing the costs of a large multi-industry industrial enterprise]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Donetsk [in Ukrainian].
9. Nagorni, Ye.V., Naumov, V.S., & Litvinova, Ya.V., (2014). Systemnyi pidhid do optymizatsii upravlinnya v transportnyh vuzlah [System approach to optimization of logistic management processes in transport nodes]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 3(106), 46-51 [in Ukrainian].
10. Nagorni, Ye.V., Naumov, V.S., & Litvinova, Ya.V., (2016). Imitatsiina model protseky funktsionuvannya multymodalnogo transportnogo vuzla [The simulation model of the multimodal transport node operation process]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway transport of Ukraine*, 1-2(116-117), 4-13 [in Ukrainian].
11. Litvinova, Ya.V., (2015). Doslidjennya parametriv popytu na skladuvannya ta pererobku vantajiv u transportnomu vuzli [Investigation of demand parameters for warehousing and processing of goods in a transport node]. *Transportni systemy ta technologii perevezhen - Transportation systems and transportation technologies*, 10, 75-79 [in Ukrainian].

Литвинова Я.В. Оптимизация структуры и мощности производственных фондов транспортных узлов с учетом параметров спроса на услуги по переработке грузов.

Проанализированы теоретические основы по повышению эффективности процессов обслуживания клиентуры транспортных предприятий. Определены основные подходы к трактовке понятия системный подход, как основной аспект современной логистики. На основе ранее разработанного автором подхода к повышению эффективности процесса функционирования транспортных узлов получены зависимости для обоснования многочисленных характеристик производственных ресурсов и организационных влияний при логистическом управлении на мультимодальном транспортном узле.

Ключевые слова: транспортный узел, логистическое управление, системный подход, структура производственных фондов, переработка грузов.

Ya. Litvinova. Optimization of the production facilities structure and capacity of transport hubs taking into account the parameters of the demand for goods processing services.

The theoretical principles for improving the efficiency of customer service processes of transport enterprises are analysed. The basic approaches to the concept of a systematic approach as the main aspect of modern logistics are defined. Based on earlier approach of the author to improving the efficiency of the operation of transport nodes, dependencies were obtained to substantiate the numerical characteristics of production resources and organizational influences in logistic management in the multimodal transport hub.

Key words: transport node, logistic management, system approach, structure of production assets, cargo handling.

АВТОР:

ЛІТВИНОВА Яна Володимирівна, асистент кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: litvinovayana87@gmail.com.

АВТОР:

ЛИТВИНОВА Яна Владимировна, ассистент кафедры «Управление на транспорте», Государственный ВУЗ "Национальный горный университет», e-mail: litvinovayana87@gmail.com.

AUTHOR:

Yana LITVINOVA, assistant of the Department of Transport Management, SHEI «National Mining University», e-mail: litvinovayana87@gmail.com.

Стаття надійшла в редакцію 9.10.2017 р.

Монастирський¹ Ю.А., Бондар² І.В., Климов¹ Т.А.
¹ДВНЗ «Криворізький національний університет»,
²Сервісний торгово-логістичний центр «БЕЛАЗ-УКРАЇНА»

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ БЕЛАЗ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ

Розроблені математичні моделі функціонування електромеханічної трансмісії кар'єрних самоскидів на основі диференціальних рівнянь А.М. Колмогорова, які дозволяють визначати ймовірність переходів трансмісії з одного стану в інший при різних варіантах підтримання кар'єрного самоскиду у робото здатному стані.

Ключові слова: кар'єрний автосамоскид, електромеханічна трансмісія, функціонування, обслуговування та ремонт.

Постановка проблеми. Основним кар'єрним автосамоскидом при видобутку залізної руди на кар'єрах Криворізького басейну є БЕЛАЗ-75131 вантажопідйомністю 130 т. Щорічно близько 250 цих машин перевозять майже 400 млн. т руди та гірської маси і виконують транспортну роботу більше ніж у 1,1 млрд. т*км. Ефективність роботи кар'єрного автомобільного транспорту визначає практично всі техніко-економічні показники гірничо-збагачувальних комбінатів в цілому. Тому наукові дослідження направлені на підвищення ефективності експлуатації кар'єрних автосамоскидів є актуальними та такими, що мають важливе значення в галузі автомобільного транспорту великих промислових підприємств.

Результати досліджень. Однією з основних складових систем кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю більше 100 т є електромеханічна трансмісія яка складається з тягового електроприводу та редуктора електро-мотор-колеса.

Тяговий електропривод самоскидів призначений для створення регульованих тягових зусиль на колесах самоскида що ведуть шляхом перетворення механічної енергії дизельного двигуна в електричну енергію, а також автоматичного регулювання із зворотного перетворення електричної енергії в механічну; для створення регульованих гальмівних моментів на колесах самоскида що ведуть при стандартному і форсованому електричному гальмуванні. При стандартному електричному гальмуванні зусилля формуються за рахунок регульованого перетворення кінетичної енергії, запасеної самоскидом в процесі руху, в електричну. Перетворення кінетичної енергії здійснюється за допомогою переводу тягових електродвигунів в генераторний режим роботи і створення на їх валах гальмівних моментів. Електрична енергія, генерована електродвигунами, перетворюється в гальмівних резисторах в теплову енергію з подальшим розсіянням в довколишнє середовище. Форсоване електричне гальмування здійснюється для підвищення ефективності гальмування при швидкостях руху самоскида нижче 20 - 25 км/год і забезпечення повної його зупинки. Гальмівні зусилля при форсованому електричному гальмуванні, окрім вказаного для стандартного електричного гальмування, формуються за рахунок додаткового споживання енергії від дизель-генераторної установки. Електропривод призначений для роботи в двох модифікаціях самоскида, що відрізняються передатним числом редуктора електромотор-колеса.

Електропривод містить наступні основні компоненти:

- тяговий синхронний генератор змінного струму, приведений в обертання двигуном. Обмотка статора тягового генератора складається з двох електрично не пов'язаних між собою трифазних обмоток, кожна з яких сполучена в зірку. На статорі тягового генератора розташована також однофазна допоміжна обмотка самозбудження, що підключається через зовнішній регулятор і контактні кільця до обмотки збудження, розміщеної на його роторі;
- два тягові електродвигуни електромотор-колес постійного струму з послідовним збудженням, примусовою нагнітальною вентиляцією і вбудованими датчиками частоти обертання і контролю теплового стану;
- два силових трифазних бруківки некерованих випрямляча, до входних затисків яких підключені статори трифазні обмотки тягового генератора;
- установку вентиляльованих гальмівних резисторів з індивідуальними для кожного тягового електродвигуна гальмівними резисторами і загальним мотор-вентилятором;

- регулятор струму збудження тягового генератора, силова частина якого є напівкерованим однофазним мостовим випрямлячем, до вхідних затисків якого підключена обмотка самозбудження тягового генератора, а до вихідних - його обмотка збудження;

- загальний регулятор струму збудження тягових електродвигунів (регулятор плавного послаблення поля електродвигунів). Силова частина регулятора є керованим трифазним нульовим випрямлячем, включеним паралельно ланцюгу, що містить анодну групу одного з силових випрямлячів і дві послідовно сполучені обмотки збудження тягових електродвигунів;

- силова комутаційна апаратура, що складається з контакторів, що забезпечують комутацію силових ланцюгів, ланцюгів збудження і реверсування тягових електродвигунів.

Крім перерахованих електричних машин, установок і апаратів до числа основних компонентів електроприводу входить система автоматичного управління (САУ), в яку входять дві підсистеми: система програмного управління (СПУ) і система автоматичного регулювання (САР). Регулятори збудження генератора і електродвигунів також відносяться до підсистем САУ. Система автоматичного управління призначена для управління силовою комутаційною апаратурою і завдання режимів роботи системи автоматичного регулювання. Система автоматичного регулювання призначена для формування тягових і гальмівних характеристик самоскида за допомогою порівняння задаючих сигналів і сигналів зворотного зв'язку, що поступають від датчиків електричних і механічних параметрів. Вона призначена також для регулювання струмів збудження тягового генератора і тягових електродвигунів у функції сигналів розузгодження між вказаними сигналами. Крім того, система автоматичного регулювання виконує функції захисту електроустаткування від аварійних режимів роботи.

Питання експлуатації кар'єрних самоскидів в Україні на сьогодні практично не розглядаються. Існуючі публікації або мають локальний характер для певних вузлів [1], або дуже застарілі [2, 3]. Раніше вже була розроблена математична модель функціонування кар'єрних самоскидів з електромеханічною трансмісією [4], але зміна у 2013 році системи технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) кар'єрних автосамоскидів БЕЛАЗ обумовили необхідність створення нової математичної моделі. Крім того накопичений досвід експлуатації кар'єрних автосамоскидів в складних гірничо-технічних умовах кар'єрів ПрАТ «Центральний гірничозбагачувальний комбінат» потребував корегування та розширення складових компонентів запропонованої заводом-виготовлювачем системи ТОіР.

Мета роботи: розробити математичні моделі, які б дозволяли прогнозувати та визначати ймовірність знаходження кар'єрного самоскиду, в першу чергу, в працездатному стані при системі обслуговування і ремонту з різними складовими компонентами.

Кар'єрний автосамоскид у відповідності з прийнятою заводом-виготовлювачем системою ТОіР може знаходитися в працездатному стані, в станах проведення технічних обслуговувань ЩО, ТО-1, ТО-2, ТО-3 та поточному ремонті. Окремо слід виділити стан очкування запасних частин для ремонту (ОЧЗ), який може коливатися від кількох хвилин до кількох діб, в залежності від наявності їх на складі підприємства чи сервісного центру. Стан кар'єрного автосамоскиду в довільний проміжок часу характеризується однією функцією – інтенсивністю потоку подій, яка може бути виражена будь-якою ненегативною функцією часу.

На основі структури переходів з одного в інший стан розроблений граф станів кар'єрного самоскиду, що включає складові функціональні елементи та переходи між ними (рис.1) при існуючій з 2013 року системі ТОіР.

Якщо кар'єрний самоскид має сім станів, то повною характеристикою його функціонування буде квадратна матриця інтенсивностей порядку 7×7 , в цій матриці $\lambda_{i,j} \neq 0$. Матриця інтенсивностей дозволяє описати процес функціонування гідромеханічної трансмісії кар'єрного самоскиду за допомогою диференціальних рівнянь А. М. Колмогорова у тому випадку, коли швидкість переходу з одного стану в інший достатньо велика [5-7].

Модель функціонування кар'єрного самоскиду побудована на наступних основних припущеннях: марківський процес функціонування, за якого стан парку автогосподарства в майбутньому залежить лише від його стану на сьогодні і не залежить від того, як прийшла система в цей стан; стаціонарність процесу, внаслідок якого він залежить від даного інтервалу часу і не залежить, від якого моменту часу цей інтервал починає свій відлік; ординарність потоку переходів подій з і-го стану в j-й, яка означає, що за досить малого інтервалу часу, ймовірність настання двох або більше за події дуже мала в порівнянні з ймовірністю попадання однієї події в даний інтервал.

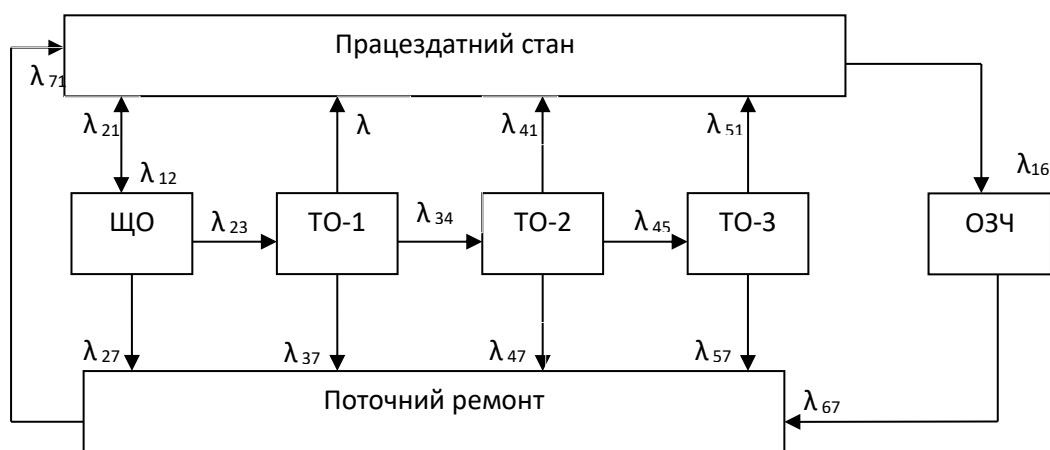


Рис. 1. Граф станів кар’єрного автосамоскиду при існуючій системі ТОiP

Таким чином система рівнянь, в якій шуканими є ймовірності $P_i(t)$ знаходження кар’єрного самоскиду в одному з семи станів, буде мати вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -(\lambda_{12} + \lambda_{16}) \cdot P_1(t) + \lambda_{21} \cdot P_2(t) + \lambda_{31} \cdot P_3(t) + \lambda_{41} \cdot P_4(t) + \lambda_{51} \cdot P_5(t) + \lambda_{61} \cdot P_6(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = -(\lambda_{27} + \lambda_{23} + \lambda_{21}) \cdot P_2(t) + \lambda_{12} \cdot P_1(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = -(\lambda_{31} + \lambda_{34} + \lambda_{37}) \cdot P_3(t) + \lambda_{23} \cdot P_2(t) \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = -(\lambda_{41} + \lambda_{45} + \lambda_{47}) \cdot P_4(t) + \lambda_{34} \cdot P_3(t) \\ \frac{dP_5(t)}{dt} = -(\lambda_{51} + \lambda_{57}) \cdot P_5(t) + \lambda_{45} \cdot P_4(t) \\ \frac{dP_6(t)}{dt} = -\lambda_{61} \cdot P_6(t) + \lambda_{16} \cdot P_1(t) \\ \frac{dP_7(t)}{dt} = -\lambda_{71} \cdot P_7(t) + \lambda_{27} \cdot P_2(t) + \lambda_{37} \cdot P_3(t) + \lambda_{47} \cdot P_4(t) + \lambda_{57} \cdot P_5(t) \end{cases}$$

Досвід експлуатації кар’єрних самоскидів в умовах кар’єрів ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат», які є одними з найскладніших на залізорудних кар’єрах держави, з максимальними продовжними ухилами, мінімальними шириною проїжджої частини та радіусами поворотів, показує необхідність введення в рекомендовану заводом-виготовлювачем системи ТОiP додаткового стану – планового ремонту, який проводиться через 10000 мото-годин. Даний стан був присутній в раніш використаній системі ТОiP, як плановий ремонт 1 (ПР-1), але був виключений разом з плановим ремонтом 2 (ПР-2) (рис.2).

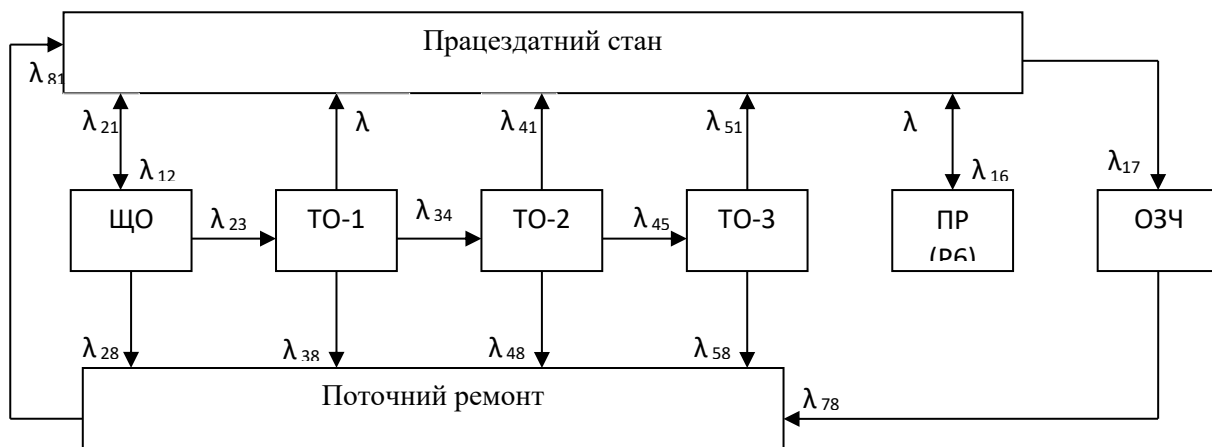


Рис. 2. Граф станів кар’єрного автосамоскиду при запропонованій системі ТОiP

В даному випадку кар'єрний самоскид має вісім станів, і повною характеристикою його функціонування буде квадратна матриця інтенсивностей порядку 8×8 , в цій матриці $\lambda_{i,j} \neq 0$, а система рівнянь має вид.

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -(\lambda_{12} + \lambda_{16} + \lambda_{17}) \cdot P_1(t) + \lambda_{21} \cdot P_2(t) + \lambda_{31} \cdot P_3(t) + \lambda_{41} \cdot P_4(t) + \lambda_{51} \cdot P_5(t) + \lambda_{61} \cdot P_6(t) + \lambda_{81} \cdot P_8(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = -(\lambda_{28} + \lambda_{23} + \lambda_{21}) \cdot P_2(t) + \lambda_{12} \cdot P_1(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = -(\lambda_{31} + \lambda_{34} + \lambda_{38}) \cdot P_3(t) + \lambda_{23} \cdot P_2(t) \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = -(\lambda_{41} + \lambda_{45} + \lambda_{48}) \cdot P_4(t) + \lambda_{34} \cdot P_3(t) \\ \frac{dP_5(t)}{dt} = -(\lambda_{51} + \lambda_{58}) \cdot P_5(t) + \lambda_{45} \cdot P_4(t) \\ \frac{dP_6(t)}{dt} = -\lambda_{61} \cdot P_6(t) + \lambda_{16} \cdot P_1(t) \\ \frac{dP_7(t)}{dt} = -\lambda_{78} \cdot P_7(t) + \lambda_{17} \cdot P_1(t) \\ \frac{dP_8(t)}{dt} = -\lambda_{81} \cdot P_8(t) + \lambda_{28} \cdot P_2(t) + \lambda_{38} \cdot P_3(t) + \lambda_{48} \cdot P_4(t) + \lambda_{58} \cdot P_5(t) + \lambda_{78} \cdot P_7(t) \end{cases}$$

Розроблені системи диференціальних рівнянь, що описують процес переходу з одного стану в інший для системи ТОiP з різними складовими.

Висновки. Розроблені математичні моделі функціонування кар'єрного самоскиду дозволяють визначити ймовірність переходів з одного стану в інший та прогнозувати надійність роботи при різних складових системи технічного обслуговування та ремонту. Наступним кроком досліджень буде вирішення диференціальних рівнянь та отримання числових результатів.

1. Монастирський Ю. А. Дослідження надійності роботи агрегатів підвіски кар'єрних автосамоскидів / Ю. А. Монастирський, В. М. Денис // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, 2010. – Вип. 26. – С. 132-134.
2. Сироткин З. Л. Надежность карьерных автосамосвалов / Сироткин З. Л., Альтшулер В. М., Казарез А.Н. – М.: Цветметинформация, 1974. – 73 с.
3. Циперфин И. М. Эксплуатация карьерных автосамосвалов: учебн. / И. М. Циперфин, В. Д. Штейн. – М.: Высшая школа, 1987. – 320 с.
4. Монастирський Ю. А. Моделювання функціонування кар'єрних автосамоскидів / Ю. А. Монастирський // Качество минерального сырья: сб. научн. трудов. – Кривой Рог, 2011. – С. 420-424.
5. Авдеев А. М. Теория массового обслуживания и научная организация труда в автомобильном транспорте / Авдеев А. М. – М.: Транспорт, 2002. – 234 с.
6. Кузнецов Е. С. Теоретические и нормативные основы технической эксплуатации и сервиса автомобилей / Кузнецов Е. С. – М.: МАДИ, 2000. – 68 с.
7. Гайдес М. А. Общая теория систем (системы и системный анализ) / Гайдес М. А. – Винница: Глобус-пресс, 2005. – 201 с.

REFERENCES

1. Monastir'skiy Ju., Denis V. (2010) Doslidzhennja nadijnosti roboti agregativ pidviski kar'ernih avtosamoskidiv. [Visnik Krivoriz'kogo tehničnogo universitetu]. Krivij Rig. Vip. 26. pp. 132-134.
2. Sirotkin Z. Al'tshuler V., Kazarez A. (1974) Nadezhnost' kar'ernih avtosamosvalov. Moscow, Cvetmetinformacija. 73 p.
3. Ciperfin I. (1987) Jekspluatacija kar'ernih avtosamosvalov: uchebn. Moscow, Vysshaja shkola. 320 p.
4. Monastir'skiy Ju. (2011) Modeljuvannja funkcionuvannja kar'ernih avtosamoskidiv. [Kachestvo mineral'nogo syr'ja: sb. nauchn. trudov.]. Krivoj Rog. pp. 420-424.
5. Avdeev A. (2002) Teorija massovogo obsluzhivannja i nauchnaja organizacija truda v avtomobil'nom transporte. Moscow, Transport. 234 p.
6. Kuznecov E. (2000) Teoreticheskie i normativnye osnovy tehničeskoj jekspluataciji i servisa avtomobilej. Moscow, MADI. 68 p.
7. Gajdes M. (2005) Obshhaja teorija sistem (sistemy i sistemnyj analiz). Vinnica, Globus-press. 201 p.

Монастирський Ю. А., Бондар І. В. Климов Т. А. Математические модели функционирования карьерных самосвалов БЕЛАЗ с электромеханической трансмиссией

Разработаны математические модели функционирования карьерных самосвалов с электромеханической трансмиссией на основе дифференциальных уравнений А. М. Колмогорова, которые позволяют определять вероятность переходов карьерного самосвала из одного состояния в другой и прогнозировать надежность работы машины.

Ключевые слова: карьерный самосвал, электромеханическая трансмиссия, математическая модель.

Monastyrskiy Yu. A., Bondar I. V., Klimov T. A. The mathematical models of functioning of open-pit dump-trucks BELAZ of elektromechanical transmission

The mathematical model of functioning of open-pit dump-trucks of elektromechanical transmission, which based of differential equalizations of A. M. Kolmogorov These models allow determining the probability of transitions of a mining dump truck from one state to another and predicting the reliability of the machine.

Keywords: open-pit dump-trucks, elektromechanical transmission, mathematical model.

АВТОРИ:

МОНАСТИРСЬКИЙ Юрій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобільний транспорт», ДВНЗ «Криворізький національний університет», e-mail: monastirskiy08@ukr.net

БОНДАРЬ Ігорь Вікторович, директор, Сервісний торгово-логістичний центр «БЕЛАЗ-УКРАЇНА», e-mail: ukr@belaz.com.ua

КЛИМОВ Тарас Анатолійович, аспірант кафедри «Автомобільний транспорт», ДВНЗ «Криворізький національний університет», e-mail: atknu@meta.ua

АВТОРЫ:

МОНАСТЫРСКИЙ Юрий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт», ГВУЗ «Криворожский национальный университет», e-mail: monastirskiy08@ukr.net

БОНДАРЬ Игорь Викторович, директор, Сервисный торгово-логистический центр «БЕЛАЗ-УКРАИНА», e-mail: ukr@belaz.com.ua

КЛИМОВ Тарас Анатольевич, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», ГВУЗ «Криворожский национальный университет», e-mail: atknu@meta.ua

AUTHORS:

Yuriy MONASTIRSKIY, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Transport Department, KryvyiRih National University, e-mail: monastirskiy08@ukr.net

Igor BONDAR, manager, Service trade and logistics center «BELAZ-UKRAINE» e-mail: ukr@belaz.com.ua

Taras Klimov, Postgraduate Student of Automobiles Transport Department, KryvyiRih National University, e-mail: atknu@meta.ua

Стаття надійшла в редакцію 29.09.2017р.

Мурований І.С., Онищук В.П.
Луцький національний технічний університет

МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ І ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ

Головна проблема, з якою стикається сьогодні автомобільний транспорт в місті, - це транспортні пробки, які виникають по ряду причин. Однією з головних причин транспортних заторів є зростання автомобільного транспорту, що супроводжується збільшенням інтенсивності руху на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста. Це відбувається внаслідок того, що інфраструктура міста не встигає розвиватися з такою ж інтенсивністю, з якою росте кількість автомобілів. Для вироблення рішення даної проблеми застосовують методи математичних моделювання. Математичні моделі дозволяють імітувати існуючу дорожню ситуацію, а також прогнозувати можливі варіанти її розвитку в залежності від різних факторів. З метою опису властивостей математичних моделей, що застосовуються для вивчення транспортних потоків, запропоновано класифікацію моделей і їх особливості.

Ключові слова: транспорт, транспортна система міста, моделювання, транспортні потоки, пасажирські потоки.

На сьогоднішній день транспортна інфраструктура є однією з найбільш важливих складових, що забезпечують життя міст і регіонів. Це насамперед проявилось у швидкому зростанні кількості індивідуальних транспортних засобів у великих і значних містах, що, своєю чергою, породило низку транспортних проблем, зокрема таких як перевантаження вулиць транспортом, збільшення витрат часу на поїздки та кількості вимушених зупинок, зростання аварійних ситуацій і дорожньо-транспортних пригод, виникнення заторів тощо. Аналізуючи ситуацію, що склалася за останні роки, можна стверджувати, що збільшення кількості транспортних засобів (ТЗ) в Україні буде продовжуватись, не зважаючи на зменшення чисельності населення.

Для вирішення даних проблем потрібні значні фінансові витрати на проведення робіт з оптимізації транспортної мережі та її подальшої трансформації у високо керовану логістичну систему. При інвестуванні необхідно враховувати закономірності розвитку транспортної мережі, так як їх ігнорування згодом стає причиною утворення транспортних заторів, перевантаженості або, навпаки, недостатньою завантаженості окремих ліній і вузлів мережі, а також підвищення рівня аварійності та екологічного збитку.

Одним з основних інструментів вирішення проблеми є використання математичного моделювання. Моделювання транспортних потоків є ефективним засобом вдосконалення та оптимізації транспортних систем та підвищення якості транспортного обслуговування. З теоретичного та практичного погляду актуальність моделювання транспортних потоків пасажирів і вантажів настільки актуальна, що цьому питанню присвячена величезна кількість публікацій у світовій літературі. На сьогодні існує велика кількість методик, які з достатньою точністю дають змогу моделювати транспортні потоки. [1-5].

Викладання основного матеріалу. В процесі пошуку ефективних стратегій управління транспортними потоками в місті і створення сучасних проектних рішень необхідно враховувати вплив зовнішніх і внутрішніх факторів на динамічні характеристики змішаного транспортного потоку. Транспортний потік складається з окремих пересувань, які здійснюють учасники руху. Основними характеристиками транспортного потоку, що описують його кількість і якість є:

- інтенсивність руху;
- склад транспортного руху;
- швидкість руху;
- щільність потоку;
- інтервал (часовий) слідування;
- дистанція між транспортними засобами.

Однією з основних характеристик транспортного потоку є інтенсивність руху. Розподіл інтенсивності руху в часі є важливим показником щодо формування транспортних потоків на вулицях і дорогах. Інтенсивність руху – це кількість автомобілів, що проходить за одиницю часу через перетин дороги в певному напрямі. Інтенсивність може змінюватися від 0 до максимального значення N_{\max} – до рівня пропускної спроможності. Ці ознаки дозволяють говорити про транспортний потік як про систему, складну для формалізації. Для систематизованої формалізації вхідних даних такої моделі потрібно створити та описати цілу низку необхідних і важливих характеристик

функціонування транспортної системи [6]. Багато характеристик транспортного потоку неможливо виразити в абсолютних величинах, також не завжди можливо провести масштабні натурні випробування. Тому для дослідження змін, що впливають на характеристики транспортних потоків, і оцінки якості управління рухом використовують математичне моделювання транспортних мереж. Це дозволяє імітувати і вивчити ресурси транспортного потоку протягом короткого часу і без істотних витрат.

Моделювання транспортних потоків та планування транспорту відносяться до більш широкого поля моделювання трафіку. Однак існують важливі відмінності між моделюванням транспортних потоків та плануванням транспорту:

– тимчасовий аспект: часовий інтервал в динаміці руху транспортних засобів становить від декількох хвилин до декількох годин, а планування транспорту охоплює періоди від годин до декількох днів чи навіть років.

– об'єктивний аспект: потокова динаміка трафіку передбачає зовнішній заданий трафік та фіксовану інфраструктуру. Моделі моделювання транспорту динаміку попиту на трафік та ефектів зміни інфраструктури.

– суб'єктивний аспект: потокова динаміка трафіку аналізує людську (або автоматичну) оперативну поведінку водія (прискорення, гальмування, зміна смуги, поворот), тоді як вищі рівні дії, наприклад, вибір активності (кількість та тип поїздок), вибір місця призначення, вибір режиму та вибір маршруту належить до сфери планування транспорту.

Основною метою створення математичних моделей транспортних потоків є визначення та прогноз всіх параметрів функціонування транспортної мережі – інтенсивності руху, обсягів пасажирських перевезень, середніх швидкостей руху, затримок і втрат часу і т.д. Для моделювання та аналізу транспортної мережі застосовуються різні математичні моделі, які відрізняються між собою за напрямками вирішення поставлених завдань, математичного апарату, що застосовується цією і точності опису транспортних процесів.

З урахуванням функціональної ролі математичні моделі можна розділити на дві об'ємні групи:

I) прогнозні моделі;

II) імітаційні моделі.

Прогнозне і імітаційне моделювання - це два взаємодоповнюючих напрямки, метою яких є відтворення транспортних потоків відповідно до дійсності. Створювані моделі транспортних потоків згодом застосовуються для вирішення завдань, пов'язаних з підвищенням ефективності пасажирських і вантажних перевезень і зміною конфігурації мережі.

I). Прогнозні моделі дозволяють за геометричними характеристиками транспортної мережі та розміщення об'єктів тяжіння визначити, якими будуть транспортні потоки в цій мережі. Прогноз завантаженості транспортної мережі в першу чергу передбачає розрахунок усереднених характеристик руху, таких як інтенсивність транспортного потоку, обсяг міжрайонних кореспонденцій, розподіл автомобілів та пасажирів по шляхах руху. Прогнозні моделі поділяються на кілька груп

1. *Моделі розрахунку матриці кореспонденцій між районами:*

– гравітаційна модель. Розроблена за аналогією з ньютонівським законом, який пов'язує силу тяжіння F_{ij} між двома масами m_i і m_j , розташованими один від одного на відстані d_{ij}

$$F = \zeta \frac{m_i m_j}{d_{ij}^2},$$

де ζ - деяка константа.

Аналогічно закону Ньютона, транспортна гравітаційна модель пов'язує інтенсивність потоку T_{ij} між повним числом відправлення з i зони Q_i і прибутті в j зону D_j і витратами на пересування між зонами i і j c_{ij} .

$$T_{ij} = k \frac{Q_i D_j}{c_{ij}^2}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, M,$$

де N - загальна кількість зон відправлення, M - загальна кількість зон прибуття, k - деяка константа, а витрати на пересування виступають в якості "відстані". Величина c_{ij} - може бути розглянута як відстань між двома зонами i і j , або як вартість проходження відстані між даними зонами. При складанні матриці кореспонденцій транспортний відстань виражається узагальненою

ціною шляху між двома районами, тобто величиною матеріальних і тимчасових витрат на рух по шляху. Перевагою цього методу є можливість врахування впливу різних чинників (особливостей населення, організації руху та ін.). Однак у цього способу є недолік – якщо обсяг кореспонденцій збільшиться, наприклад, в два рази, то розрахункова кореспонденція збільшиться в чотири рази, що не є достовірним. Також сполучення між двома розглянутими районами розраховується окремо від інших районів, особливості кореспонденції яких можуть вплинути на розрахунки;

– модель конкуруючих центрів. Вона являє собою узагальнення гравітаційної моделі, так як включає в себе додаткові коригувальні фактори - індекс відвідуваності району, ранжування районів;

– ентропійна модель. Суть цього принципу полягає в тому, що реального розподілу потоку на мережі, які генеруються в результаті самоорганізації, ставиться у відповідність розподіл потоків (які задовольняють транспортним обмеженням), яке може бути отримано в результаті максимізації деякої ентропійної функції, яка параметрично залежить від стану системи, апіорі бажаного для всіх її елементів (зважена ентропія). Прикладом перших моделей цього напрямку може служити модель [3]:

$$\min \left(\sum_{T_{ij}} \sum_i \sum_j T_{ij} c_{ij} + \beta \sum_i \sum_j \ln T_{ij} \right)$$

$$\sum_j T_{ij} = Q_i; \quad \sum_i T_{ij} = D_j, \quad T_{ij} \geq 0,$$

де – T_{ij} позначена кореспонденція із зони i в зону j . Під β розуміється середньозважена вартість проїзду. Через c_{ij} позначена вартість проїзду одиниці потоку з сегмента i в сегмент j . Кількість поїздок з зони i будемо позначати через Q_i . Кількість поїздок в зону j через D_j .

– модель проміжних можливостей. Особливістю цієї моделі є припущення про те, що обсяг кореспонденції між двома центрами тяжіння населення визначається не тільки відстанню між ними, а кількістю аналогічних центрів тяжіння на шляху пересування. Тут також застосовується ранжування центрів тяжіння в залежності від їх віддаленості від точки відправлення користувача.

2. Моделі розподілу потоків:

– статична модель рівноважного розподілу передбачає, що вибір шляху учасниками руху заснований на прагненні мінімізувати індивідуальну узагальнену ціну поїздки. За результатами такого вибору виявляється значення інтенсивності потоку на кожному з елементів мережі. У свою чергу, інтенсивність впливає на узагальнену ціну поїздки і індивідуальний вибір шляху. Таким чином, під впливом цих факторів в системі встановлюється рівноважний розподіл потоків.

– модель багато користувачів рівноваги - це динамічна модель розподілу потоків, в основі якої є відмінності між класами автомобілів. Транспортні засоби різних класів надають різний вплив на загальну завантаженість шляху, тобто вантажні автомобілі сильніше впливають на ступінь завантаженості, ніж легкові. Також на дорогах існують обмеження проїзду автомобілів різних класів. З цього випливає, що представники різних класів автомобілів розподіляють за різними смугами руху, але знаходяться у взаємодії. Розрахунок матриць кореспонденції ведеться в умовних одиницях, в які необхідно перевести завантаження для кожного класу автомобілів

– модель рівноважного розподілу зі змінним попитом на потік – це друга динамічна модель розподілу потоків, яка представляє собою алгоритм отримання розподілу і кореспонденцій. Для цього обсяг кореспонденцій між парами районів задається як функція від відстані і узагальненої ціни пересування. Однак, ця модель передбачає єдиний розподіл, тоді як в дійсності розподіл змінюється з плином часу. Таким чином, для практичного застосування необхідна доробка цієї моделі. Ці дві моделі відносяться до детермінованих. У основі лежить функціональна залежність між окремими показниками, наприклад, швидкістю і дистанцією між автомобілями в потоці. Швидкість всіх транспортних одиниць в потоці однакова, транспортні засоби однотипні, тобто мають рівні динамічні габарити.

– динамічні моделі рівноважного розподілу є найбільш перспективними для розробки і вивчення. Від попередніх моделей вони відрізняються введенням додаткової зміни – часу. Це значно ускладнює завдання, так як для відстеження точного часу проїзду, потрібно застосування імітаційних моделей. Це призводить до того, що навіть при використанні простих моделей необхідний великий обчислювальний ресурс, і практичне застосування даних моделей стає можливим тільки при використанні сучасних комп'ютерів

3. Модель оптимальних стратегій.

Перераховані раніше моделі більшою мірою орієнтовані на особистий транспорт. Модель оптимальних стратегій дозволяє розглянути особливості завантаження мережі громадського

транспорту. Потік розглядається як імовірнісний процес. Наприклад, розподіл тимчасових інтервалів між автомобілями в потоці може прийматися не строго визначеним, а випадковим. Пасажир, може пересуватися на автобусах різних маршрутів в залежності від того, який з них прийде першим. Отже, дана модель заснована на випадковому виборі користувачів і є стохастичною (вірогідна).

П). Імітаційні моделі, або моделі динаміки транспортного потоку. Імітаційне моделювання – це універсальний метод дослідження систем, поведінка яких залежить від дії випадкових чинників [7]. При імітаційному моделюванні алгоритм, що реалізовує модель, відтворює процес функціонування системи в часі, причому імітуються елементарні явища, складові процесу, із збереженням їх логічної структури і послідовності протікання у часі. Для імітаційного моделювання практично відсутні обмеження на сферу їх застосування. Воно ефективно використовується в наступних задачах:

– де не існує закінченої постановки задачі дослідження, а йде процес пізнання об'єкту моделювання;

– де характер процесів, що протікають в системі, не дозволяє описати ці процеси в аналітичній формі;

– де необхідно спостерігати за поведінкою системи протягом певного часового періоду;

– при вивченні нових ситуацій в системі або при оцінці функціонування її у нових умовах;

– коли досліджувана система є елементом складнішої системи;

– де необхідне дослідження поведінки системи при введенні в неї нових компонентів.

Існують наступні імітаційні моделі.

1. Макроскопічні моделі – описують рух автомобілів, описують рух транспортних потоків аналогічно рухам рідин або газів:

– LWR-модель (модель Лайтхілла-Уізема-Річардсона) – передбачає, що між швидкістю потоку і його щільністю існує взаємний зв'язок і стосовно кількості автомобілів виконується закон збереження мас. При цьому середня швидкість потоку є детермінованою. У зв'язку з цим модель не буде достовірною при описі ситуацій, що виникають у виїздах на другорядні дороги, звуження доріг і ін.

– модель Уізема аналогічна попередній моделі за винятком того, що має додаткову умову – передбачається, що при зростанні щільності потоку водії знижують швидкість руху, а при зменшенні щільності рухаються з більшою швидкістю.

– модель Пейна – це своєрідний закон збереження. У заданій моделі не передбачається, що швидкість руху знаходиться у функціональній залежності від щільності потоку, і для неї записується рівняння.

Макроскопічну модель корисно використовувати у наступних випадках:

– якщо ефекти, які важко описати макроскопічно, не потрібно розглядати (наприклад, зміна смуги, кілька типів автомобілів);

– якщо хтось зацікавлений лише в макроскопічних показниках;

– якщо час розрахунку моделі є критичним, наприклад, у програмах які працюють в режимі реального часу (через збільшення обчислювальної потужності, цей аспект стає менш важливим);

– якщо доступні вхідні дані надходять з неоднорідних джерел та/або несумісні, то необхідне злиття даних.

2. Кінетичні моделі засновані на динаміці фазової щільності потоку, а саме щільності розподілу автомобілів за координатами і індивідуальною швидкістю. Знання змін фазової щільності з плином часу дозволяє розрахувати макроскопічні характеристики руху.

Дані моделі розглядають зміни швидкостей транспортних засобів за рахунок процесів взаємодії та релаксації. Взаємодія автомобілів – це ситуація на дорозі, коли швидко рухається автомобіль наздоганяє їхав попереду. При цьому водій швидшого автомобіля або знижує швидкість, або робить обгін. При цьому розглядаються тільки парні взаємодії. Кінетичні моделі також знайшли застосування при описі руху змішаного потоку і багатосмугового руху.

3. Мікроскопічні моделі призначені для моделювання руху кожного автомобіля, що дозволяє отримувати більш високу точність опису руху автомобіля:

– модель проходження за лідером спочатку передбачала, що прискорення конкретного автомобіля визначається станом сусідніх автомобілів. При цьому найбільш сильний вплив робить попередній автомобіль. Також згідно даної моделі, прискорення єдиного автомобіля на дорозі дорівнюватиме нулю. В окремих випадках це може бути вірним, проте цілком логічним буде припущення, що в такій ситуації водій по можливості збільшить або зменшить свою швидкість до бажаної;

– модель оптимальної швидкості залежить від судження про те, що для кожного автомобіля є своя безпечна швидкість, яка залежить від дистанції до автомобіля-лідера. Відмінністю від попередньої моделі є те, що автомобіль, який рухається за лідером, адаптується ні до швидкості лідера, а до оптимальної швидкості в залежності від відстані до лідера. Дана модель дуже чутлива до вибору функції залежності оптимальної швидкості від дистанції. Крім того, при великих значеннях часу відбуваються зіткнення транспортних засобів, а при малих значеннях виникають нереалістичні прискорення;

– модель Трайбера (розумний водій) – одна з найбільш реалістичних моделей. Практичне застосування моделі дозволило переконатися, що вона відтворює основні спостережувані параметри транспортного потоку з високою вірогідністю. Модель будується на припущенні про те, що прискорення автомобіля – це безперервна функція швидкості щодо лідера та дистанції до нього. У моделі використовується кілька параметрів, які можуть бути задані індивідуально для кожного автомобіля: бажана швидкість руху, безпечний часовий інтервал, показники чутливості при прискоренні і гальмуванні, довжина автомобіля.

– модель клітинних автоматів. Клітинні автомати – це ідеалізоване уявлення фізичних систем, в якому час і простір дискретні, і всі елементи мають набір можливих станів[9]. Так, швидкість автомобіля і час є дискретними змінними, а дорога розбивається на умовні «ділянки», кожна з яких може бути або зайнята одним автомобілем, або вільна. На кожному кроці стан всіх ділянок одночасно оновлюється відповідно до наступних правил:

1) Прискорення. Якщо $V_n < V_{\max}$, то швидкість n -го автомобіля збільшується на одиницю, якщо $V_n = V_{\max}$, то швидкість не змінюється. (Відображення загальної тенденції водіїв рухатися з максимально допустимою швидкістю).

2) Гальмування. Якщо дистанція до лідируючого автомобіля $d_n < V_n$, то швидкість n -го автомобіля зменшується до $d_n - 1$. (Гарантія відсутності зіткнень з попереду автомобілем, що йде).

3) Випадкові обурення. Якщо $V_n > 0$, то швидкість n -го автомобіля може бути зменшена на одиницю з ймовірністю p . Швидкість не змінюється, якщо $V_n = 0$. (Облік випадкових відмінностей в поведінці водіїв).

4) Рух. Кожен автомобіль просувається вперед на кількість ділянок, відповідне його новій швидкості після виконання перших трьох кроків.

Вищевикладена модель є «мінімальною», тобто описує тільки основні і важливі аспекти процесу руху. Для моделювання ж більш складних ситуацій на дорозі необхідно сформулювати додаткові правила. Модель КА є вельми нестійкою при високій щільності потоку, головним чином в розвитку нестійкості відіграє роль стохастичності процесу. Це факт є серйозним недоліком моделі в порівнянні з макромоделі або ж моделями типу «слідування за лідером».

Мікроскопічні моделі особливо підходять для таких випадків:

- моделювання того, як окремі транспортні засоби впливають на трафік: це стає все більш важливим, оскільки сучасні системи допомоги водіям, (такі як адаптивний круїз-контроль або інфраструктура до транспортного засобу та зв'язку між транспортними засобами), а також інші програми інтелектуальних транспортних систем (ITS) набирають широкого застосування;
- ситуації, в яких гетерогенність трафіку відіграє важливу роль, наприклад, імітуючи ефекти обмежень швидкості або заборони на проїзд для вантажних автомобілів, оскільки загальною метою всіх заходів для оптимізації трафіку є гомогенізація трафіку;
- опису поведінки людей, включаючи помилки оцінки, час реакції;
- неухважність та очікування: мікроскопічні моделі дозволяють оцінити, як різні стилі водіння впливають на пропускну спроможність та стабільність;
- візуалізація взаємодій між різними учасниками дорожнього руху (автомобілі, вантажівки, автобуси, велосипедисти, пішоходи тощо);
- генерування навколишнього трафіку для наукових водійських імітаторів, що використовуються для фізіопсихологічних досліджень водіїв або навіть для ігрових тренажерів.

4. Відносно новим видом моделей для моделювання транспортних потоків є так звані мезоскопічні моделі. Мезоскопічні моделі поєднують мікроскопічні та макроскопічні підходи до

гібридній моделі. У моделях локальної сфери параметри мікроскопічної моделі можуть залежати від макроскопічних величин, таких як щільність руху або місцева швидкість і швидкість дисперсії.

І навпаки, в так званих магістерських рівняннях динаміка макроскопічної кількості (кількість транспортних засобів у пробці) описується в термінах мікроскопічних рівнянь стохастичної швидкості для транспортних засобів. Газ-кінетичні моделі руху використовують ідеалізовані «зіткнення» для опису динаміки кількості, яка називається щільністю фазового простору $\rho \sim (x, t, v)$, що включає в себе трафік і місцевий ймовірнісний розподіл швидкості транспортного засобу. У класі паралельно-гібридних моделей критичні ділянки мережі трафіку (наприклад, перехрестя та світлофор) описуються мікроскопічно, а інші – макроскопічно.

Висновок. Таким чином, на підставі наведеної інформації можна зробити висновок про те, що створити єдину модель, яка поєднала б у собі прогнозування та імітацію транспортного потоку, вкрай складно. В першу чергу труднощі пов'язані з тим, що кожна з моделей працює з різними початковими умовами. Так, в прогнозних моделях використовуються характеристики ВДМ, її геометрія і параметри транспортного потоку. Імітаційні моделі засновані на усереднених характеристиках потоку і розглядають кожен автомобіль як окремо, так і у взаємодії з автомобілями, що рухаються поруч. Наведена класифікація дозволяє визначити, яку модель зручніше використовувати в залежності від цілей і завдань. Для дослідження параметрів руху, пропускної спроможності вулиць і доріг, затримок транспортного потоку доцільність ним буде використання імітаційних моделей

1. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков [Текст]: пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – 288 с.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст]: пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 423 с.
3. Васильева Е.В., Левит Б.Ю., Лившиц В.Н. Нелинейные транспортные задачи на сетях. – М: Финансы
4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации дорожного движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
5. Брайловский Н.О. Моделирование транспортных систем [Текст] / Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
6. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control: The Long Road to Three-Phase Traffic Theory: 1st Edition., 2009, XIII, 265 p. 123 illus.
7. Пустюльга С.І., Мурований І.С. Систематизована формалізація вхідних даних роботи маршрутних автобусів для оптимізації міських пасажирських перевезень/ С.І. Пустюльга, І.С. Мурований // Науковий журнал «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті». – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – Вип.1. – С.102-108
8. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование / Кельтон В., Лоу А. Классика CS. 3-е изд. – Киев: 2004. – 847 с.:
9. Гасников А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков. Издание 2-е, испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2014. – 426 с.
10. Treiber M., Hennecke A., Helbing D. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations // Phys. Rev. E. 2000. V. 62. P. 1805-1824. и статистика, 1981.

REFERENCES

1. Heit F. (1966) Matematicheskaja teorija transportnyh potokov [*Mathematical Theory of Traffic Flow*]. Moscow: Mir [in Russian]
2. Drew D. (1972) Traffic Flow theory and control [*Teoriya transportnykh potokov i upravleniye imi*]. Moscow: Transport [in Russian]
3. Silianov V.V. (1977) Theory of traffic flows in road design and traffic management [*Teoriya transportnykh potokov v proyektirovanii dorog i organizatsii dorozhnogo dvizheniya*]. Moscow: Transport [in Russian]
4. Braylovskiy N.O. & Granovskiy B.I. (1978) Modeling of transport systems [*Modelirovaniye transportnykh sistem*]. Moscow: Transport [in Russian]
5. Kerner B.S. Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control: The Long Road to Three-Phase Traffic Theory: 1st Edition., 2009, XIII, 265 p. 123 illus.
6. Pustiulha S.I. & Murovani I.S. (2014) Systematized formalization of the input data of the work of route buses for optimization of city passenger traffic [*Systematyzovana formalizatsiia vkhidnykh danykh roboty marshrutnykh avtobusiv dlia optymizatsii miskykh pasazhyrskykh perevezhen*]. Scientific journal "Modern technologies in mechanical engineering and transport". Lutsk. Vol. 1. P. 102-108 [in Ukrainian]
7. Kelton V. & Lou A. (2004). Simulation modeling [*Imitatsionnoye modelirovaniye*]. Kiev: Klassika CS [in Russian]
8. Gasnikov A.V. (2014) Introduction to mathematical modeling of transport flows [*Vvedeniye v matematicheskoye modelirovaniye transportnykh potokov*]. Moscow: MCNMO [in Russian]
9. Vasilyeva E.V., Levit B.Yu. & Livshits V.N. (2014) Nonlinear Transport Problems on Networks [*Nelineynyye transportnyye zadachi na setyakh*]. Moscow: Finansy. [in Russian]
10. Treiber M., Hennecke A. & Helbing D. (2000) Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. Phys. Rev. E. 2000. V. 62. P. 1805-1824.

Мурований І.С., Онищук В.П. Методи моделювання транспортних і пасажирських потоків

Главная проблема, с которой сталкивается сегодня автомобильный транспорт в городе - это транспортные пробки, которые возникают по ряду причин. Одной из главных причин транспортных заторов является рост автомобильного транспорта, сопровождается увеличением интенсивности движения на улично-дорожной сети (ВДМ) города. Это происходит вследствие того, что инфраструктура города не успевает развиваться с такой же интенсивностью, с которой растет количество автомобилей. Для выработки решения данной проблемы применяют методы математического моделирования. Математические модели позволяют имитировать существующую дорожную ситуацию, а также прогнозировать возможные варианты ее развития в зависимости от различных факторов. С целью описания свойств математических моделей, применяемых для изучения транспортных потоков, предложена классификация моделей и их особенности.

Ключевые слова: транспорт, транспортная система города, моделирование, транспортные потоки, пассажирские потоки.

I. Murovaniy, V. Onyshchuk. Methods of modeling transport and passenger flows

The main problem-facing road Transport in the city today is traffic congestion that occurs for a number of reasons. One of the main causes of traffic congestion is the growth of road transport, accompanied by an increase in traffic on the street-road network (VDM) of the city. This is because the infrastructure of the city does not have time to develop with the same intensity with which the number of cars is growing. To develop a solution to this problem, methods of mathematical modeling are used. Mathematical models allow to simulate the existing road situation, as well as to forecast possible variants of its development depending on various factors. In order to describe the properties of mathematical models used to study transport flows, a classification of models and their features is proposed.

Keywords: transport, transport system of the city, modeling, traffic flows, passenger flows.

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 автомобілів і транспортні технології, Луцький НТУ, e-mail: wasy_l_o@ukr.net;

АВТОРЫ:

МУРОВАННЫЙ *Игорь Сергеевич*, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортные технологии», Луцкий НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ОНЫЩУК *Василий Петрович*, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: wasy_l_o@ukr.net;

AUTHORS:

Igor Murovaniy, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: igor_lntu@ukr.net

Vasy_l ONYSHCHUK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: wasy_l_o@ukr.net;

Стаття надійшла в редакцію 15.10.2017р

Налобіна¹ О.О., Пуць² В.С., Мартинюк² В.Л.¹Національний університет водного господарства та природокористування²Луцький національний технічний університет**РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДВАЛУ
ЗМІННОГО МОДУЛЯ САМОХІДНОГО ШАСІ**

У статті авторами поставлене та вирішене завдання розробки та дослідження доцільності використання робочого органу для самохідного шасі. Запропоновано конструкцію ламаного відвалу. Відвал містить ліву і праву частини, керовані гідроциліндрами. Дана конструкція дозволяє використовувати для роботи різні положення частин відвалу. Це дозволяє при повертанні їх в плані збільшувати ширину і тим самим підвищити продуктивність при виконанні робіт. Дослідження даної конструкції виконувались експериментально в лабораторних умовах. Для проведення експерименту було використано ґрунтовий канал на якому знаходиться стенд для моделювання робочих процесів землерійно-транспортних машин. Це дозволило визначити силу опору переміщенню, що виникає при пересуванні робочих органів машин і дослідження взаємодії моделей робочих органів з ґрунтом. Дослідження проводились із змінними параметрами: кута установки частин відвалу, глибини копання, швидкості переміщення робочого органу. Експериментальні дослідження, виконані на ґрунтовому каналі довели ефективність застосування запропонованої конструкції відвалу. Встановлено, що зі збільшенням глибини занурення відвалу сила опору переміщенню зростає. При чому для запропонованого відвалу це зростання менше, ніж для базового. Сила опору переміщенню за умови застосування відвалу з накладкою зменшилась у порівнянні з відвалом базової конструкції в середньому на 7 %.

Ключові слова: шасі, відвал, сила опору, експеримент, результат

Постановка проблеми. Універсальне самохідне шасі є різновидом колісного просапного трактора. Від звичайного трактора самохідне шасі відрізняється компонованням: двигун компактно розташований за кабіною, а перед кабіною знаходиться відкрита рама і передній міст. Рама зазвичай двохбалочна, рідше однобалочний. На раму кріпиться різне навісне сільськогосподарське або спеціальне обладнання, в базовій комплектації – кузов-самоскид. Завдяки тому, що обладнання знаходиться перед кабіною, його добре видно і його роботою легко керувати. Управління навісними знаряддями проводиться за допомогою гідравлічної системи. Одним із напрямків використання самохідних шасі є створення техніки для землерійно-транспортних робіт. З цією метою шасі оснащуються додатковим спеціалізованим обладнанням, зокрема відвалом.

Актуальність розробки нових конструкцій відвалів і досліджень ефективності їхньої роботи обумовлюється потребою зменшення питомої енергоємності процесу розробки ґрунту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес копання ґрунту робочими органами (РО) машини є результатом їхньої взаємодії. Руйнування ґрунту залежить від властивостей і стану ґрунту, кута різання ножа (клину) і глибини різання. Великий вклад у вивчення процесу різання ґрунту РО ґрунтообробних машин вніс В. П. Горячкін [1]. Подальший розвиток теорія взаємодії робочих органів із ґрунтом набула в роботах О. І. Анохіна [2], В. І. Баловнева [3], Ю. А. Ветрова [4], Л. А. Хмари [5] та інших. В результаті досліджень розроблені основи теорії різання ґрунтів, методики розрахунку робочих опорів при взаємодії з ґрунтом.

Аналіз досліджень виявив, що ефективність застосування машин визначається характеристиками РО, навантаженнями на них. Враховуючи потребу оптимізації конструктивних параметрів машин, підвищення їх надійності і продуктивності, уніфікації конструкцій актуальною є задача пошуку раціональних конструкцій РО з метою підвищення ефективності їхньої роботи.

Мета роботи. Розробка конструкції відвалу для оснащення самохідного шасі та експериментальне дослідження ефективності застосування розробленої конструкції.

Результати досліджень. З метою зниження енергоємності та збільшення продуктивності процесу розробки ґрунту запропоновано конструкцію відвалу (рис. 1) [6].

Відвал містить ліву і праву частини, керовані гідроциліндрами. Це дозволяє при поверненні їх в плані збільшувати ширину і тим самим підвищити продуктивність при виконанні робіт. Ліва і права частина відвалу шарнірно закріплена на рамі 1. Для зміни положення частин встановлені гідроциліндри 4,5. Зверху на рамі шарнірно закріплена трикутноподібна накладка 6 для опускання і підйому якої використовується гідроциліндр 7.

Запропонований відвал працює наступним чином. Опускається в робоче положення за допомогою гідроциліндра який закріплений одним кінцем на рамі самохідного шасі, другим на рамі

відвалу 1. Зміна робочого положення відносно вісі трактора здійснюється за допомогою гідроциліндрів 4 і 5. Для запобігання забивання стику частин відвалу при зміні робочого положення частин відвалу опускається трикутноподібна накладка 6 за допомогою гідроциліндра 8. Дана конструкція дозволяє використовувати для роботи різні положення частин відвалу (рис.2).

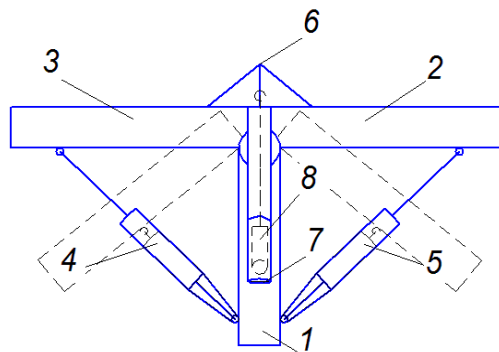


Рис. 1 – Схема лананого відвалу згідно [6]: 1 – рама відвалу; 2,3 - ліва і права частини відвалу відповідно; 4, 5 - гідроциліндри управління поворотом відповідно лівої і правої частини відвалу; 6 – трикутноподібна накладка; 7 – рама трикутноподібної накладки; 8 - гідроциліндр підйому - опускання трикутноподібної накладки.

Конструкція відвалу змінного модуля самохідного шасі, обладнаного трикутноподібною накладкою була створена на кафедрі будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання НУВГП. Частини відвалу виконані із листів металу. Трикутноподібна накладка, яка складається з основної рами, шарніра і носової частини виготовлені з металевого кутика. Частини закріплені між собою за допомогою розрізаної труби і пальця, яка приварена до рами відвалу. В бокові трубчасті елементи встановлена профільні труби, за допомогою яких регулюється кут встановлення складових елементів.

Для проведення експериментальних досліджень була виготовлена фізична модель відвалу в масштабі 1:5.

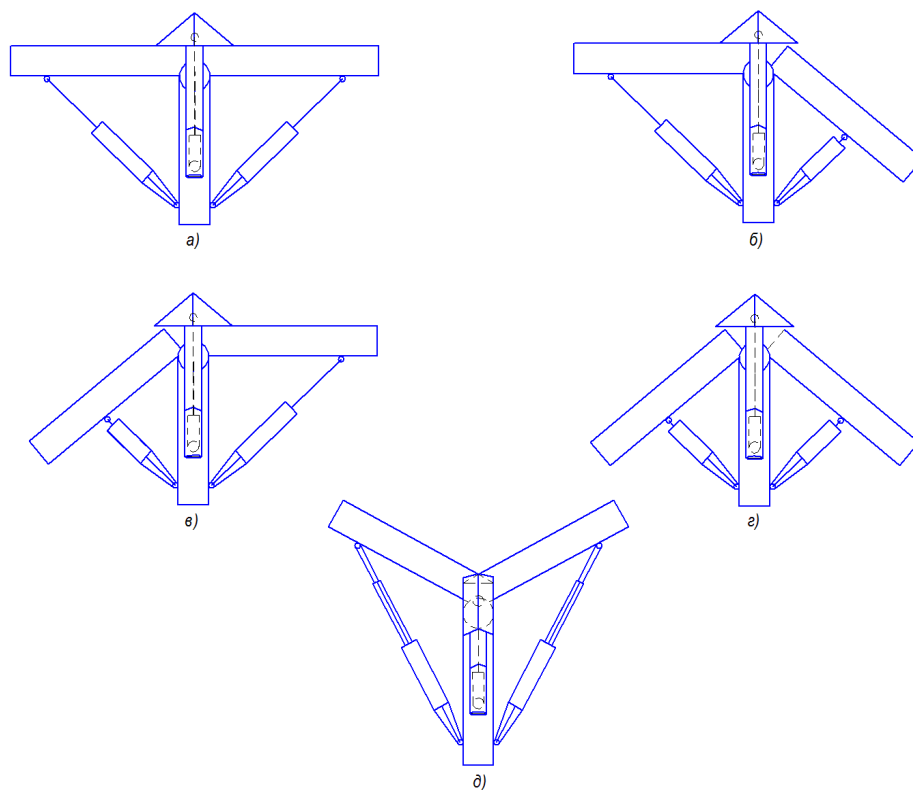


Рис. 2. Можливі положення частин відвалу: а) прямолінійне положення відвалу з застосуванням трикутноподібною накладкою; б) - нахил назад правої частини; в) нахил назад лівої частини; г) - нахил назад обох частин; д) - нахил вперед без застосування трикутноподібною накладкою.

Конструкція моделі представлена на рис. 3.



Рис. 3. Досліджуване робоче обладнання

Для проведення експерименту в лабораторних умовах було використано ґрунтовий канал на якому знаходиться стенд для моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин.

Ґрунтовий канал призначається для експериментального дослідження робочих органів машин і обладнання, в першу чергу для визначення зусиль, що діють на окремі вузли і деталі машини, тягового опору, що виникає при пересуванні робочих органів машин і дослідження взаємодії моделей робочих органів з ґрунтом.

Ґрунтовий канал являє собою бетонний лоток з розмірами 10x1,8x1,5 м. заповнений піщано-глинистою сумішшю, склад якої можна періодично змінювати.

Над каналом по рейках пересувається тензометричний візок, який являє собою зварну конструкцію, що спирається на чотири колеса з ребордами. В якості силового обладнання прийнято електродвигун трьохфазового струму, трансмісія трактора ДТ-75Б і барабан будівельної лебідки. Також використовувалися вимірювальні прилади: динамічний щільномір конструкції ДорНИИ, вимірювач для ґрунту модель 48100, динамометр підключений до комп'ютера, рулетка, лінійка, транспортир.

Перед проведенням експерименту розроблюване середовище готували і доводили до необхідних характеристик. Перед експериментом в підготовленій ділянці на початку ділянки вирізувався уступ, над яким встановлювалася пересувний візок з встановленим на ньому експериментальною моделлю, і виконувалися налаштування параметрів: кута установки частин, глибини копання. Також в цьому положенні проводилася зміна досліджуваних параметрів. Встановлювалася необхідна швидкість руху візка за допомогою регулювання приводної станції стенда. Досліди проводили при швидкості: 8 см/секунду та 12 см/секунду.

В таблиці 1. подано максимальні результати отримані під час визначення сили опору переміщення для швидкостей 8 -12 см/секунду та глибині занурення відвалу 5-10 см.

Результати проведення досліджень з визначенням опору переміщення

№	Глибина різання, см	Швидкість пересування візка, см/секунду	Положення частин відвалу	Максимальна сила опору, Н
1	5	8		260
2	5	12		265
3	10	8		270
4	10	12		300
5	5	8		315
6	5	12		410
7	10	8		420
8	10	12		440
9	5	8		280
10	5	12		360
11	10	8		305
12	10	12		370

На рис. 4. Подано графік залежності максимальної сили опору від глибини заглиблення робочого органу при сталій швидкості 8 см/секунду.

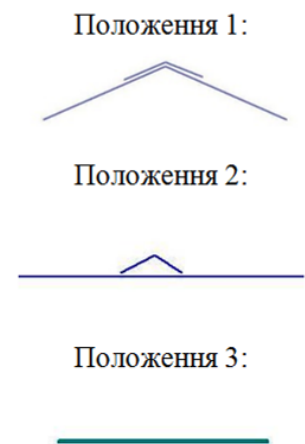
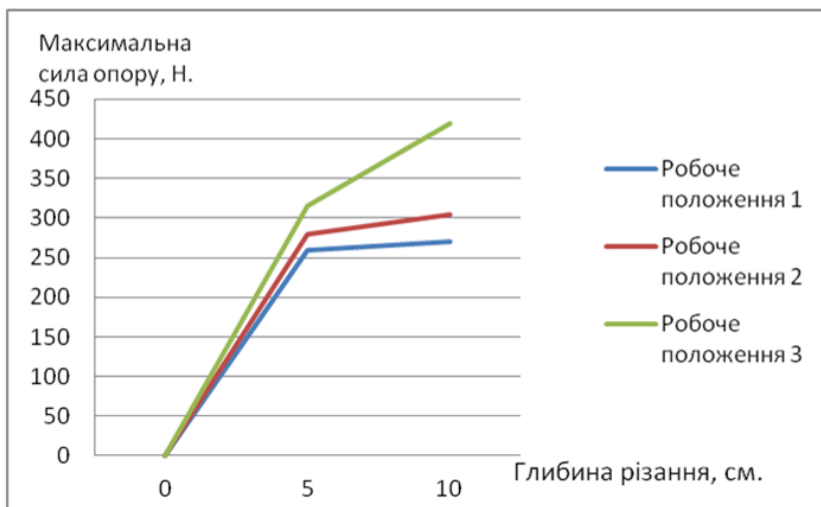


Рис 4. Графік залежності максимальної сили опору від глибини занурення відвалу для різних його положень, для швидкості руху 8 см/ секунду

На рис. 5 зображено графік залежності максимальної сили опору від глибини заглиблення робочого органу при сталій швидкості 12 см/секунду.

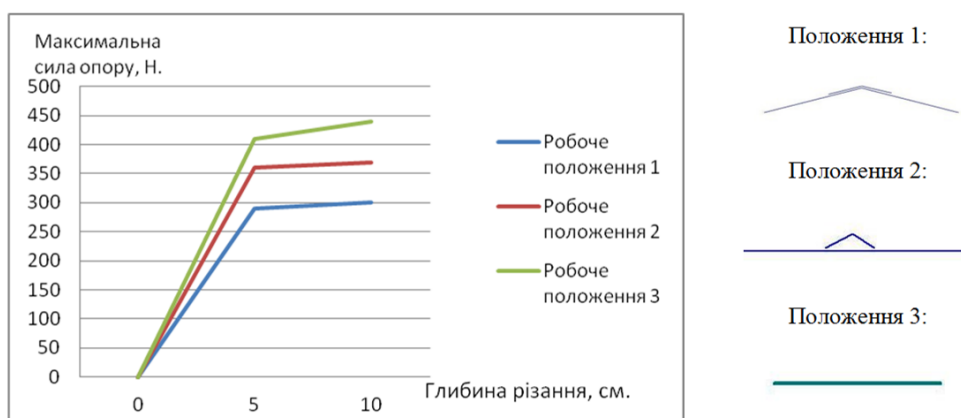


Рис. 5. Графік залежності максимальної сили опору від глибини занурення відвалу для різних його положень, для швидкості руху 12 см/ секунду

Аналогічні дослідження виконували з використанням моделі базової конструкції відвалу. Аналіз отриманих результатів виявив:

- 1) сила опору переміщенню зростає зі збільшенням глибини різання;
- 2) відвал у положенні 1 з накладкою дозволяє зменшити силу опору переміщенню;
- 3) сила опору переміщенню за умови застосування відвалу з накладкою зменшилась у порівнянні з відвалом базової конструкції в середньому на 7 %.

Висновки.

1. Експериментальні дослідження, виконані на ґрунтовому каналі довели ефективність застосування запропонованої конструкції відвалу.

2. Встановлено, що зі збільшенням глибини занурення відвалу сила опору переміщенню зростає. При чому для запропонованого відвалу це зростання менше, ніж для базового.

3. Сила опору переміщенню за умови застосування відвалу з накладкою зменшилась у порівнянні з відвалом базової конструкції в середньому на 7 %.

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В. 3 т. / АН СССР – М.: Колос, 1968. – Т. 2 : О силе тяги тракторных плугов. – 455 с.

2. Анохин А. И. Дорожно-строительные машины : учеб. пособие для вузов / А. И. Анохин - М. : Дориздат, 1949. Ч.1. – 345 с.

3. Баловнев В. И. Дорожно-строительные машины и комплексы / В. И. Баловнев. – Москва: изд. СибДА, 2001. – 258 с.

4. Ветров Ю. А. Машины для земляных работ / Ю. А. Ветров. – Киев: Вища школа. Головное издательство, 1981. – 384 с.

5. Хмара Л. А. Строительные манипуляторы и работы. – Днепропетровск: ВПОП «Дніпро», 1993. – 384 с.

6. Патент 111419. Україна, МПК E01H 5/06. Відвал змінного модуля самохідного шасі / Налобіна О.О., Завальський В.В., заявник і власник Національний університет водного господарства і природокористування заявл.26. 04. 2016., опубл. 10. 11. 2016.

REFERENCES

1. Goryachkin V.P. (1968). Sobraniye sochineniy. T. 2: O sile tyagi traktornykh plugov [About traction force of tractor ploughs]. Moskva: Kolos, [in Russian].

2. Anokhin A.I. (1949) Dorozhno-stroitel'nyye mashiny : ucheb. posobiye dlya vuzov [Road-building machines: a manual for universities]. Moskva: Dorizdat, [in Russian].

3. Balovnev V.I. (2001). Dorozhno-stroitel'nyye mashiny i komplekсы [Road-building machines and complexes]. Moskva: SibaDA, [in Russian].

4. Vetrov YU.A. (1981). Mashiny dlya zemlyanykh robot [Machines for excavation] Kyiv: Vyshcha shkola, [in Russian].

5. Khmara L.A. (1993). Stroitel'nyye manipulyatory i raboty [Building manipulators and tasks]. Dnepropetrovsk: VPOP «Dnipro», [in Russian].

6. Nalobina O.O., Zaval's'kyu V.V. (2016) Vidval zminnoho modulya samokhidnoho shasi. [Self-propelled chassis variable module blade.. Patent Ukraine, no. 111419. [in Ukrainian].

Налобіна Е.А., Пуць В.С., Мартинюк В.Л. Результаты экспериментального исследования отвала сменных модулей самоходных шасси.

В статье авторами поставлена и решена задача разработки и исследования целесообразности использования рабочего органа для самоходного шасси. Предложена конструкция ломаного отвала. Отвал содержит левую и правую части, управляемые гидроцилиндрами. Данная конструкция позволяет использовать для работы различные положения частей отвала. Это позволяет при вращении их в плане

увеличивать ширину и тем самым повысить производительность при выполнении работ. Исследование данной конструкции выполнялись экспериментально в лабораторных условиях. Для проведения эксперимента было использовано почвенный канал, на котором находится стенд для моделирования рабочих процессов землеройно-транспортных машин. Это позволило определить силу сопротивления перемещению, возникающую при передвижении рабочих органов машин и исследования взаимодействия моделей рабочих органов с почвой. Исследования проводились с переменными параметрами: угла установки частей отвала, глубины копания, скорости перемещения рабочего органа. Экспериментальные исследования, выполненные на грунтовом канале доказали эффективность применения предложенной конструкции отвала. Установлено, что с увеличением глубины погружения отвала сила сопротивления перемещению растет. Причем, для предложенного отвала этот рост меньше, чем для базового. Сила сопротивления перемещению при условии применения отвала с накладкой уменьшилась по сравнению с отвалом базовой конструкции в среднем на 7%.

Ключевые слова: шасси, отвал, сила сопротивления, эксперимент, результат.

E. Nalobina, V. Puts, V. Martyniuk. The results of the experimental research of the blade of replaceable modules of self-propelled chassis.

In the article the authors posed and solved the problem of developing and investigating the expediency of using a working organ for a self-propelled chassis. The construction of a broken blade is proposed. The blade contains left and right parts, controlled by hydraulic cylinders. This design allows the use of different positions of the blade parts. This allows you to rotate them in terms of increasing the width and thereby improve productivity of work. Investigation of this design was carried out experimentally under laboratory conditions. For the experiment, a soil channel was used, on which there is a stand for modeling the working processes of excavation machinery. This allowed us to determine the resistance to movement caused by the movement of the working organs of machines and to study the interaction of models of working organs with the soil. The studies were carried out with variable parameters: the angle of installation of the parts of the blade, the depth of digging, the speed of movement of the working organ. Experimental studies performed on a subsoil canal proved the effectiveness of the proposed design of the blade. It is established that as the depth of the dive of the blade increases, the drag force increases. Moreover, for the proposed blade this growth is less than for the base one. The strength of the resistance to movement, provided that the blade with the pad was used, decreased by an average of 7% compared to the basic design.

Keywords: chassis, blade, resistance force, experiment, result.

АВТОРИ:

НАЛОБИНА Олена Олександрівна, доктор технічних наук, професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання, Національний університет водного господарства та природокористування e-mail: o.o.nalobina@nuwm.edu.ua.

ПУЦЬ Віталій Степанович, кандидат технічних наук, завідувач кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет e-mail: putsvs@ukr.net.

МАРТИНЮК Віктор Леонідович, кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет e-mail: martyniukvictor77@gmail.com.

АВТОРЫ:

НАЛОБИНА Елена Александровна, доктор технических наук, профессор кафедры строительных, дорожных, мелиоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования, Национальный университет водного хозяйства и природопользования e-mail: o.o.nalobina@nuwm.edu.ua.

ПУЦЬ Виталий Степанович, кандидат технических наук, заведующий кафедры отраслевого машиностроения, Луцкий национальный технический университет e-mail: putsvs@ukr.net.

МАРТЫНЮК Виктор Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры отраслевого машиностроения, Луцкий национальный технический университет e-mail: martyniukvictor77@gmail.com.

AUTHORS:

Elena NALOBINA, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction, Road, Meliorative and Agricultural Machinery and Equipment, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: o.o.nalobina@nuwm.edu.ua.

Vitaly PUTS, Ph.D in Engineering, associate professor, The head of the Department of Branch Mechanical Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: putsvs@ukr.net.

Victor MARTYNIUK, Ph.D in Engineering, associate professor of the Department of Branch Mechanical Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: martyniukvictor77@gmail.com.

Стаття надійшла в редакцію 15.10.2017р.

УДК 656.025
UDC 656.025

Пашкевич¹ С.М., Кристопчук¹ М.Є.

¹ *Національний університет водного господарства та природокористування*

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОТОКІВ ПАСАЖИРІВ В МАРШРУТНИХ МЕРЕЖАХ МАЛИХ МІСТ

Встановлено, що малі міські поселення в Україні займають особливе місце в розвитку соціально-економічного потенціалу держави. Досить часто малі міста мають проблеми з транспортним забезпеченням, що пояснюється їх різною планувальною структурою, невеликою площею та наявністю різних центрів формування пасажирських потоків. Економічна ситуація в державі породжує значну кількість пільгових категорій громадян, які мають право безоплатного проїзду в громадському транспорті. Ефективна організація роботи громадського пасажирського транспорту в малих містах потребує нових підходів до впровадження раціональних режимів та графіків руху громадського транспорту. В статті подано результати досліджень пасажиропотоків на маршрутній мережі м. Дубно, з урахуванням різних категорій громадян та часових періодів функціонування маршрутів пасажирського сполучення.

Ключові слова: малі міста, пасажирський транспорт, потоки пасажирів, маршрутна мережа, моделювання, ефективність, розклади руху.

Постановка проблеми. Системи міського пасажирського транспорту займають особливе місце в загальній структурі пасажирського транспорту, що пояснюється безупинним підвищенням ролі міст у житті суспільства, обумовленого розподілом праці та концентрацією виробництва. Зміни в житті України призвели до значної модифікації структури потреб населення в перевезеннях і перебудові маршрутних систем більшості українських міст, яка найчастіше носила стихійний характер. У той же час прийняття рішень про зміну маршрутних систем являє собою складну задачу, що торкається інтересів великої кількості городян та має значне соціальне й економічне значення.

Стійкість та безпека функціонування транспортно-інфраструктурного комплексу міста є однією з головних задач при розробці стратегії розвитку населеного пункту. Відсутність потенційних можливостей зміни характеристик вулично-дорожньої мережі чи умов організації руху по ній при зростаючих транспортних навантаженнях стримує, насамперед, темпи економічного розвитку міста. В цьому контексті, важливими стають процеси виявлення проблемних ділянок вулично-дорожньої мережі та пошуку можливих резервів для забезпечення адекватності роботи транспортної інфраструктури.

Одним з основних критеріїв, за якими можна класифікувати міста, є чисельність населення. Так, загальноприйнято, що малими вважаються міста з кількістю населення до 50 тис. мешканців. Середніми – до 250 тис. мешканців. Великими – більше 250 тис. мешканців. Міста, як об'єкт управління, досліджували у своїх роботах такі вітчизняні й зарубіжні науковці, як В. Бабаєв, Т. Барановська, О. Бойко-Бойчук, А. Гутнов, С. Жилкіна, Н. Жунда, Г. Лаппо, К. Лінг, О. Нижник, В. Рохчіні, П. Холл та інші.

Питання вивчення малих міських поселень знайшли своє відображення в працях багатьох науковців, хоча детальний аналіз сучасного стану малих міських поселень на сьогодні відсутній. Так, у дослідженнях М. Орлатого та М. Ігнатенка детально розглядаються проблеми інфраструктури населених пунктів [2, 5]. Питання стратегічного управління та розвитку малих міст детально вивчені В. Вакуленком [1, 5]. В. Удовиченко аналізує моделі соціально-економічного розвитку міст в умовах формування ринкових відносин [4]. Т. Дерун досліджує функціональну роль і проблеми малих міст України та пропонує шляхи державного втручання для вирішення окреслених проблем [3].

Між тим більшість дослідників у своїх роботах приділяли увагу питанням розвитку середніх і великих міст, які мають характерну міську інфраструктуру, транспорт, розвинуту сферу послуг, житлове-комунальне господарство, мережу закладів харчування тощо. Малі ж міста, які поєднують у собі ознаки сіл, селищ і міст, зазвичай залишаються поза увагою науковців.

Малі міста є найчисленнішою за кількісним складом групою міст, значна частина яких – це адміністративні центри районів, в яких мешкає близько 22 млн. міських і сільських жителів, тобто майже половина населення України [2, 4]. Ці міста відіграють важливу роль у формуванні поселенської мережі, розвитку та розміщенні продуктивних сил України.

Однак, вузька спеціалізація виробництва в багатьох малих містах обумовила залежність економіки від стабільності роботи одного-двох підприємств, що в період переходу до ринкових відносин поставило під загрозу можливість дальшого існування багатьох малих монофункціональних

міст. Стабільна та ефективна робота громадського пасажирського транспорту в малих містах повинна бути спрямована на забезпечення соціальної складової.

У зв'язку з цим, **метою роботи** є встановлення закономірностей формування потоків пасажирів у малих містах та їх розподіл по маршрутній мережі для приведення у відповідність попиту на транспортні послуги та пропозиції пасажиромісць, з урахуванням періодів пікового навантаження на транспортну систему та міжпікового спаду попиту. Важливою проблемою, що потребує вирішення, також є забезпечення мобільності пільгових категорій громадян.

Результати досліджень. Дослідження проводились в межах виконання госпдоговірних науково-дослідних робіт: “Розробка графіків та режимів руху громадського транспорту м. Дубно” та “Розробка схем маршрутів руху громадського транспорту м. Дубно” (згідно договорів №4-653 від 21.11.2016 р. та №4-655 від 19.12.2016 р. на замовлення Управління економіки і власності Дубенської міської ради). В м. Дубно (чисельність населення складає 40 тис. осіб) функціонує 31 автобусний маршрут в звичайному режимі. Система функціонування громадського транспорту забезпечує здійснення трудових, культурно-побутових та інших видів пересувань громадян по районах міста. Перевезення пільгових категорій пасажирів на автобусних маршрутах загального користування проводиться згідно чинного законодавства та договору між громадськими організаціями та перевізниками. На рис. 1. подано структуру пасажиропотоків на маршрутах громадського транспорту м. Дубно за категоріями громадян.

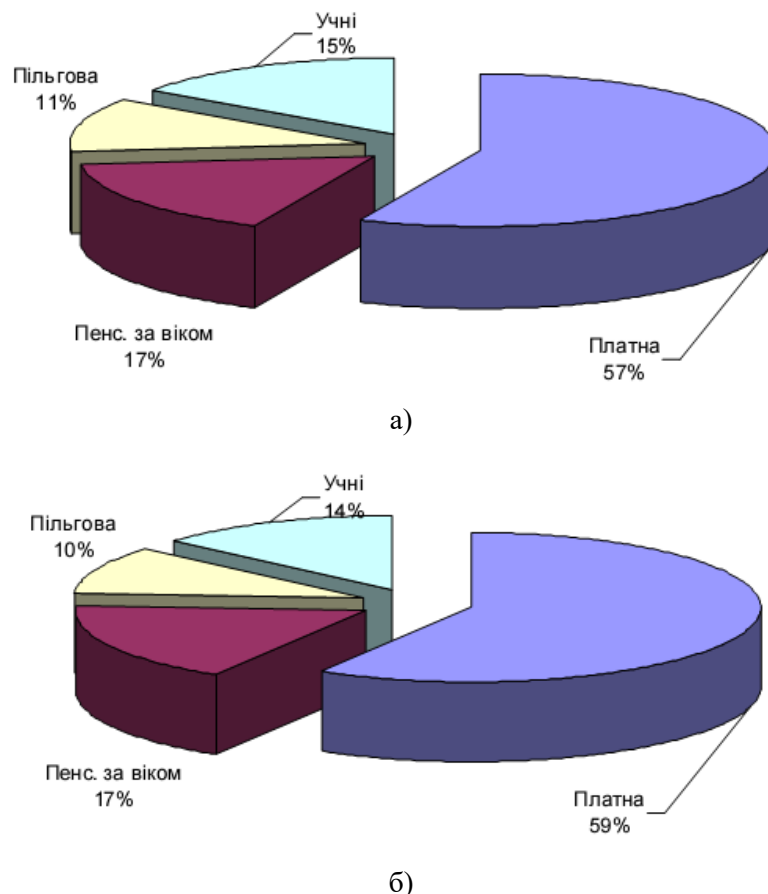


Рис. 1. Розподіл пасажирів за категоріями та днями тижня:
а) понеділок; б) четвер

Як видно з рис. 1. пільгові категорії громадян в загальній структурі перевезень пасажирів громадським транспортом складає понад 40%, що в свою чергу знижує рентабельність роботи перевізників та вимагає значних коштів з міського бюджету для компенсації пільгового проїзду громадян.

Транспортна мережа міста перенасичена автобусами малої місткості, що створює несприятливу обстановку на вулицях міста, особливо в центральній частині, з точки зору безпеки руху, підвищеному забрудненню навколишнього середовища відпрацьованими газами. При цьому виникає

проблема перевантаження зупинок, що призводить до утворення черг транспортних засобів, заторів, погіршення безпеки руху.

Аналіз попиту на перевезення доцільно здійснювати згідно з класичною чотирьох-етапною схемою [5-8], як вказано на рис. 2.

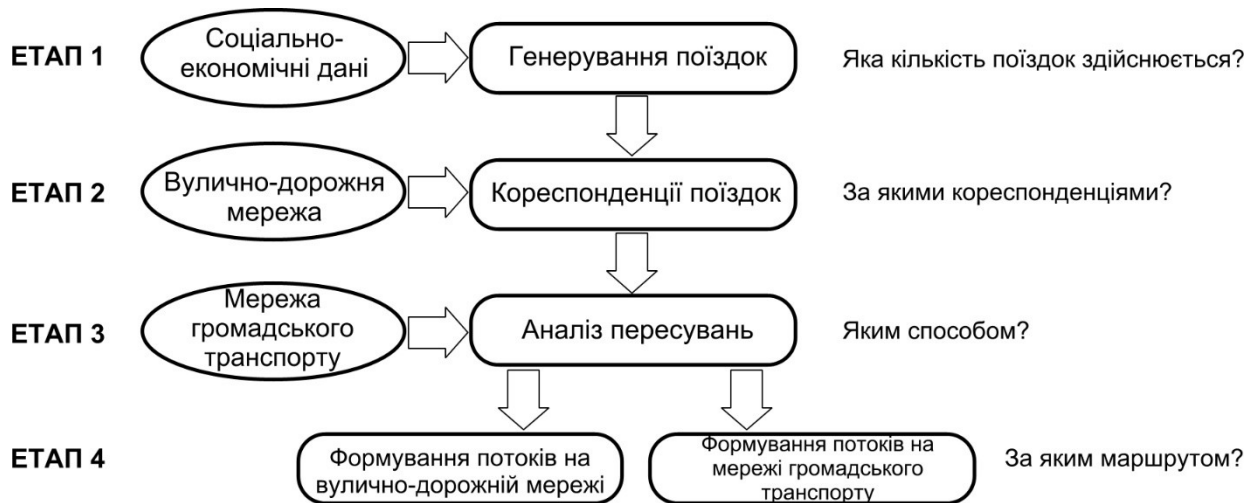


Рис. 2. Структурна схема процесу вивчення попиту на перевезення пасажирів

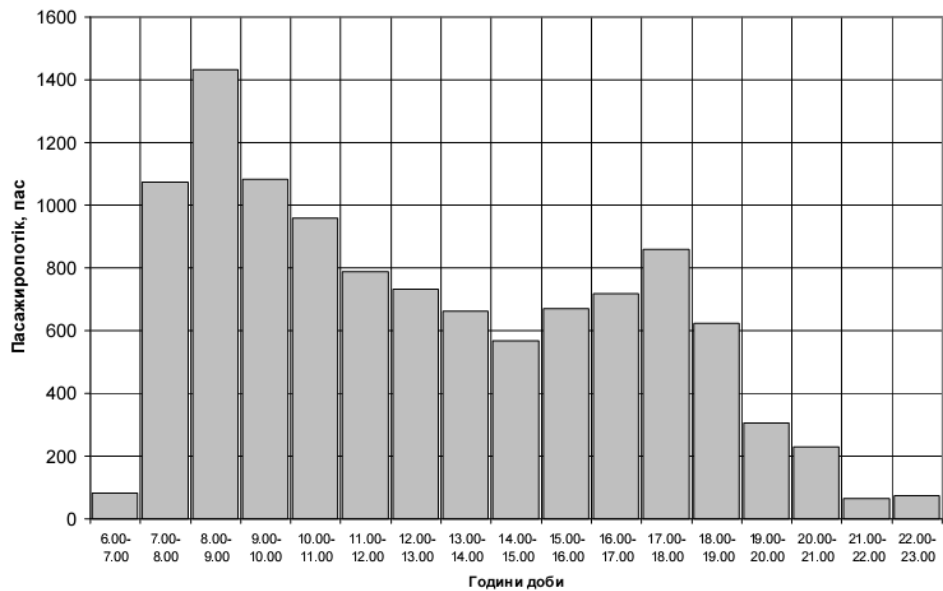
Традиційний підхід до визначення місць концентрації поїздок полягає у використанні “синтетичних” моделей. Однією з найбільш широко використовуваних є гравітаційна модель, заснована на фізичному законі. Гравітаційна модель ґрунтується на твердженні, що величина потоків, як значення функції, зменшується при збільшенні відстані між зонами транспортного обслуговування. При цьому розглядається гіпотеза про те, що поїздки між зонами i та j – це функція двох змінних: поїздок, які утворюються в зоні i , та відносної привабливості або доступності зони j по відношенню до всіх зон [4, 7, 8].

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

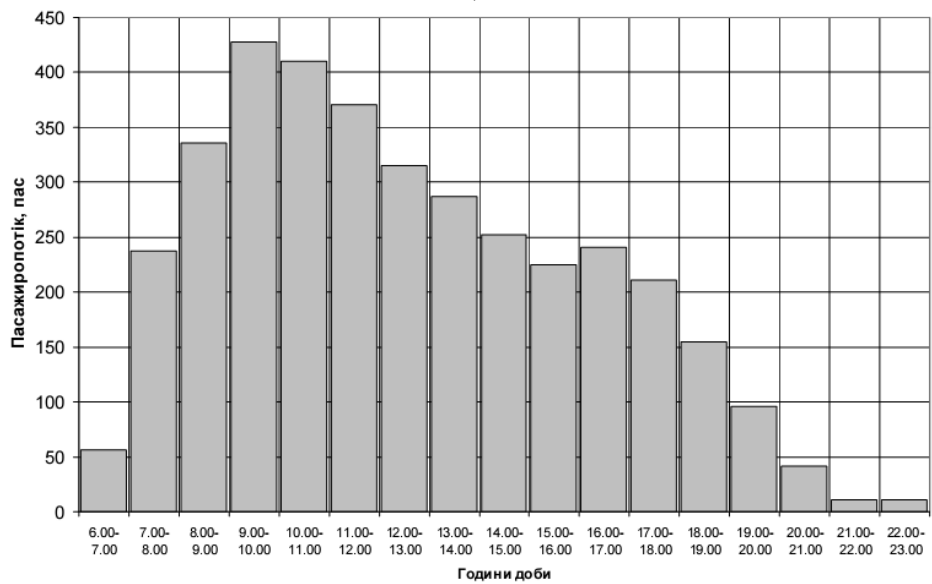
Моделювання поведінкового попиту часто використовують, коли йдеться про потребу індивідуумом деяких послуг, які характеризуються набором значень різнорідних параметрів. Уперше цей підхід у транспортних дослідженнях був використаний Мак-Фадденом і Бен-Аківою [4, 5].

Сутність його полягає у тому, що при розгляді множини альтернативних шляхів кожному з них ставиться у відповідність деяка величина, яка називається привабливістю (чи узагальненою вартістю) і залежить від параметрів, які характеризують цей шлях. Параметри, які характеризують альтернативу, відповідають параметрам транспортного обслуговування (час пересування, кількість пересадок, комфортність тощо). Вважається, що ймовірність вибору альтернативи визначається значенням привабливості. При цьому вважається, що кожний індивідуум, обираючи шлях, мінімізує свої індивідуальні суб’єктивні витрати (максимізує свою індивідуальну суб’єктивну привабливість) і враховується той факт, що привабливість це альтернатива і може мати різні значення для різних індивідуумів. Це пояснюється тим, що представники різних груп населення по-різному відносяться до параметрів пересування (наприклад, деякі надають перевагу доїхати швидше, інші – зробити якнайменше пересадок).

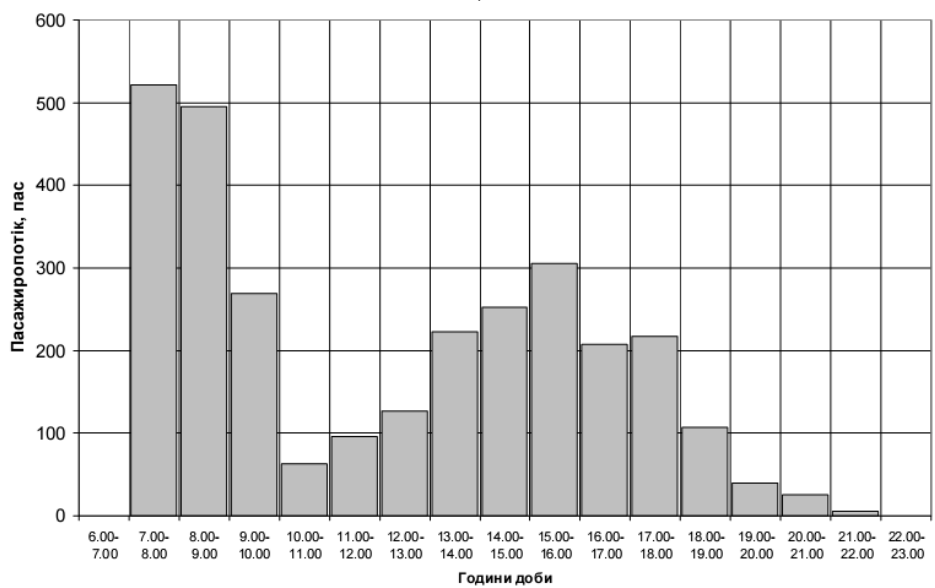
В місті, значну частину пересувань на громадському пасажирському транспорті здійснюють пільгові категорії та учні загальноосвітніх закладів (див. рис.3). Забезпечення права пільгового проїзду громадян покладено на органи місцевого самоврядування, що в свою чергу, вимагає компенсацій приватним перевізникам з місцевого бюджету. Як видно з рис. 3., пасажиропотоки на мережі громадського транспорту мають чітко виражені пікові періоди, тобто спостерігається нерівномірне навантаження на маршруту мережу. Даний факт змушує здійснювати коригування графіків руху автобусів за різними періодами функціонування маршрутів пасажирського сполучення. У результаті виконання науково-дослідної роботи було надано рекомендації щодо узгодження пропозиції на транспортні послуги з фактичним попитом на них.



а)



б)



в)

Рис. 3. Розподіл пасажиропотоку на маршрутах сполучення за годинами доби:
а) платна категорія; б) пільгова категорія; в) учні загальноосвітніх закладів

Особливістю роботи громадського пасажирського транспорту м. Дубно є велика кількість ділянок дублювання маршрутів, оскільки планувальна характеристика та схема вулично-дорожньої мережі, міського та зовнішнього транспорту не дозволяє організувати мережу громадського транспорту із сполученням між транспортними районами без уникнення дублювання. Таким чином, при функціонуванні маршрутів у звичайному режимі (з дотриманням розкладу руху по кожній зупинці маршруту) виникають проблемні ситуації одночасного під'їзду до зупиночного пункту декількох пасажирських транспортних засобів. Транспортну ситуацію в місті ускладнює транзит маршрутних транспортних засобів міжміського сполучення. З автостанції м. Дубно відбувається понад 400 відправлень автобусів. Відсутність обхідних магістралей призводить до перевантаження центральних вулиць, а особливо в історичній частині міста. Вливаючись у міські вулиці з магістральних доріг, транспортні потоки затримуються світлофорами, частими перетинами міських шляхів. Це приводить до зниження швидкості руху та збільшення часу пересування.

Виходячи з аналізу сучасного стану пасажирського транспорту і ринкових умов, в яких працюють транспортні підприємства, в дослідженнях при удосконаленні міських пасажирських перевезень, тариф є варіативною величиною. Величина тарифів повинна забезпечувати відшкодування витрат автотранспортного підприємства, але при цьому процес підготовки пропозицій зі встановлення тарифів і їх затвердження пов'язаний також з необхідністю враховувати соціально-економічні інтереси громадян, тобто споживчу вартість транспортних послуг.

Використання значної кількості автобусів даної категорії без урахування фактичної напруженості пасажиропотоків на маршрутах призвело до деформації структури парку транспортних засобів, внаслідок чого більше 95% рухомого складу на маршрутах складають автобуси малого класу. Для розвантаження найбільш напружених ділянок транспортної мережі вкрай необхідне залучення автобусів великої місткості.

Результатом моделювання процесу функціонування маршрутної мережі пасажирського громадського транспорту м. Дубно стало коригування діючих графіків руху маршрутних транспортних засобів, що працюють у звичайному режимі, з фактичним попитом на перевезення. Із загальної кількості щоденних рейсів, які виконувались 31 маршрутним транспортним засобом, було досягнення скорочення кількості рейсів на 12%. Скорочення відбулось за рахунок раціональної організації роботи маршрутних транспортних засобів у міжпікові періоди функціонування маршрутів.

Таким чином можна зробити **висновки**, що на сьогоднішній день рівень транспортних послуг, що пропонуються пасажирським автотранспортом, не відповідає повною мірою вимогам пасажирів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є оновлення транспортних засобів, вибір такої пасажиромісткості транспортних засобів і їх кількості, яка задовольнить вимоги пасажирів. Крім цього, варто звернути увагу на розташування зупинок пасажирського транспорту, особливо в мікрорайонах високоповерхової забудови та сформуванню раціональну маршрутну систему міста. Під час формування раціональної маршрутної системи міста мають бути враховані наступні вимоги:

- міські маршрути повинні зв'язувати найкоротшим шляхом пасажиротвірні пункти міста, промислові підприємства, вокзали, ринки, центр міста тощо;
- кількість маршрутів має відповідати потребі пасажирів у безпересадочних сполученнях;
- рівномірна завантаженість маршрутів по всій довжині;
- скоординованість міських маршрутів з приміським та міжміським сполученням.

Враховання названих вимог щодо раціоналізації маршрутної системи дозволить:

- шляхом раціонального розподілу транспортних засобів між маршрутами розосередити їх за основними пасажиротвірними напрямками;
- підвищити середній коефіцієнт використання місткості з дотриманням належного рівня комфортності.

1. Вакуленко В. М. Стратегічне планування на місцевому та регіональному рівнях : навч. посіб. / В. М. Вакуленко, В. В. Мамонова, Ю. П. Шаров. – Ужгород : ПАТЕНТ, 2004. – 198 с.

2. В. М. Вакуленко В. М. Державне регулювання розвитку соціальної інфраструктури населених пунктів України : навч. посіб. / В. М. Вакуленко, О. С. Ігнатенко, О. Ю. Лебединська та ін. – К. : Вид-во УАДУ, 2002. – 112 с.

3. Дерун Т. М. Проблеми розвитку малих міст в умовах соціально-економічної трансформації українського суспільства [Електронний ресурс] / Т. М. Дерун // Державне управління: теорія та практика. – 2009. – № 2 (10). – Режим доступу : http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/Dutp/2009_2/

4. Удовиченко В. П. Новітні моделі соціально-економічного розвитку міст в умовах формування ринкових відносин та громадянського суспільства / за заг. ред. Ю. П. Лебединського / В. П. Удовиченко. – К. : Заповіт, 2003. – 340 с.

5. Управління розвитком міста : навч. посіб. / за ред. В. М. Вакуленка, М. К. Орлатого. – К. : Вид-во НАДУ, 2006. – 389 с.
6. Вакуленко К.Є. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / К.Є. Вакуленко; [ХНАМГ]. – Харків, 2009. – 24 с.
7. Доля В. К. Пасажирські перевезення [Текст] : підручник / В. К. Доля. – Харків: Видавництво «Форт», 2011. – 504 с.
8. Санько Я.В. Довгострокове прогнозування обсягів перевезень пасажирів трамваєм з урахуванням впливу зовнішнього середовища (на прикладі ХКП «Міськелектротранс») [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / Я.В. Санько; [ХНАМГ]. – Харків, 2010. – 23 с.

REFERENCES

1. Vakulenko, V.M. (2004). Stratehichne planuvannya na mistsevomu ta rehional'nomu rivnyakh. [Strategic planning at the local and regional levels]. Uzhhorod: Patent [in Ukrainian].
2. Vakulenko, V.M. (2002). Derzhavne rehulyuvannya rozvytku sotsial'noyi infrastruktury naselenykh punktiv Ukrainy. [State regulation of the development of social infrastructure of settlements of Ukraine]. Kyiv: UADU [in Ukrainian].
3. Derun, T.M. (2009). Problemy rozvytku malykh mist v umovakh sotsial'no-ekonomichnoyi transformatsiyi ukrayins'koho suspil'stva. [Problems of development of small cities in the conditions of socio-economic transformation of Ukrainian society]. Derzhavne upravlinnya: teoriya ta praktyka - Public Administration: Theory and Practice, 2 (10), Retrieved from http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/Dutp/2009_2/.
4. Udovychenko, V.P. (2003). Novitni modeli sotsial'no-ekonomichnoho rozvytku mist v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn ta hromadyans'koho suspil'stva. [Newest models of social and economic development of cities in conditions of formation of market relations and civil society]. Kyiv: Zapovit [in Ukrainian].
5. Vakulenko, V.M. (2006). Upravlinnya rozvytkom mista. [Management of city development]. Kyiv: NADU [in Ukrainian].
6. Vakulenko, K.E. (2009). Vybir avtotransportnoho zasobu na marshrutakh mis'koho pasazhyrs'koho transportu. [The choice of a motor vehicle on the routes of urban passenger transport]. Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
7. Dolya, V.K. (2011). Pasazhyrs'ki perevezennya. [Passenger transportation]. Kharkiv: Fort [in Ukrainian].
8. San'ko, Ya. (2010). Dovhostrokovye prohnozuvannya ob'syahiv perevezen' pasazhyriv tramvayem z urakhuvannyam vplyvu zovnishn'oho seredovyscha (na prykladi KhKP «Mis'kelektrotrans»). [The long-term prognostication of tram passenger transportation considering the external environmental impact (on the example of KhME "Miskelektrotrans")]. Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].

Пашкевич С.М., Кристопчук М.Є. Закономерности формирования потоков пассажиров в маршрутных сетях малых городов.

Установлено, что малые городские поселения в Украине занимают особое место в развитии социально-экономического потенциала государства. Достаточно часто малые города имеют проблемы с транспортным обеспечением, что объясняется их различной планировочной структурой, небольшой площади и наличием различных центров формирования пассажирских потоков. Экономическая ситуация в государстве порождает значительное количество льготных категорий граждан, имеющих право бесплатного проезда в общественном транспорте. Эффективная организация работы общественного пассажирского транспорта в малых городах требует новых подходов к внедрению рациональных режимов и графиков движения общественного транспорта. В статье представлены результаты исследований пассажиропотоков на маршрутной сети г. Дубно, с учетом различных категорий граждан и временных периодов функционирования маршрутов пассажирского сообщения.

Ключевые слова: малые города, пассажирский транспорт, потоки пассажиров, маршрутная сеть, моделирование, эффективность, расписание движения.

S. Pashkevych, M. Krystopchuk. Regulatory formation of passenger flows in route networks of small cities.

It is established that small urban settlements in Ukraine occupy a special place in the development of the social and economic potential of the state. Quite often small towns have problems with transportation, which is due to their different planning structure, a small area and the presence of various centers for the formation of passenger flows. The economic situation in the state generates a significant number of privileged categories of citizens who have the right to free travel in public transport. Effective organization of public passenger transport in small towns requires new approaches to the introduction of rational regimes and schedules of public transport. The article presents the results of research on passenger traffic on the route network of Dubno, taking into account the different categories of citizens and the time periods for the operation of the routes of passenger traffic.

Recommendations are offered to improve the transport situation in the city, which can reduce the load on the street and road network, reduce the number of bus trips during periods of slowdown in passenger traffic. A reduction of about 12% of the daily number of flights has been achieved. At the same time, there was an adjustment of the supply of transport services to demand, respectively.

Keywords: small cities, passenger transport, passenger flows, route network, modeling, efficiency, timetable.

АВТОРИ:

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

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

АВТОРЫ:

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

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

AUTHORS:

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

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

Стаття надійшла в редакцію 9.10.2017 р.

Подригало¹ М. А., Коробко² А. І., Шуляк³ М. Л.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Харківська філія Українського науково-дослідного інституту прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого

³Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИПРОБУВАНЬ АГРЕГАТИВ І ВУЗЛІВ ПРИВОДУ АКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Запропоновано експрес-метод діагностування агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки, що приводяться в дію від валу відбору потужності. Метод дозволяє провести попередню оцінку стану вузлів і агрегатів приводу активних робочих органів і дати висновок про подальший напрямок пошуку несправності. Запропоновано діагностичний показник потужність, що затрачується на привід активних робочих органів, і удосконалено метод його вимірювання. Простота реалізації запропонованого методу дозволяють використовувати його як в наукових, так і в навчальних цілях.

Ключові слова: активні робочі органи, привід, вимірювальний комплекс, потужність, випробування, трактор.

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.

Аналіз працездатності мобільної сільськогосподарської техніки (трактора, комбайни), що випускається на даний час вітчизняними заводами-виробниками показав, що на долю відмов основних елементів машин (рульове керування, гальмівні системи, система відбору потужності трактора) за показниками безпеки приходиться до 35 % відмов, визначення яких в умовах експлуатації ускладнене через недосконалості відомих методів і засобів діагностування. Практично відсутні ефективні методи і технічні засоби прискореного контролю (експрес-методи) якості мобільної сільськогосподарської техніки та її основних агрегатів і вузлів, що дозволяють оперативно оцінювати їх технічний стан при випробуваннях та купівлі, в умовах експлуатації, при надходженні в ремонт і після нього.

Недоліки по забезпеченню плавності розгону активних робочих органів сільськогосподарських машин призводять до підвищення динамічних навантажень і до руйнування їх приводів. В даний час недостатньо інформації про роботу приводів активних робочих органів сільськогосподарських машин при виконанні різних технологічних процесів.

Таким чином, дослідження по забезпеченню ефективної роботи приводів активних робочих органів сільськогосподарських машин є актуальними для механізації сільськогосподарського виробництва України.

Вали відбору потужності (ВВП) приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин працюють в одному з двох режимів – усталеному або перехідному [1]. Усталений режим, за якого виконується технологічний процес, є для ВВП основним, він є найтривалішим за часом. Перехідний режим (вмикання ВВП, розгін і зупинка робочих органів сільськогосподарських машин) короткочасний, проте може виявитися визначаючим за навантаженістю деталей ВВП і приводу активних робочих органів.

Результати обробки і систематизації даних енергетичної оцінки тракторних агрегатів з приводом від ВВП активних робочих органів сільськогосподарських машин на машиновипробувальних станціях в різних ґрунтово-кліматичних зонах наведені в літературі [2, 3, 4]. З аналізованих даних видно, що в машинно-тракторних агрегатах потужність, що споживається робочими органами і транспортуючими пристроями через ВВП трактора змінюється в межах від 15 до 58 %.

Перевищення динамічних навантажень на деталях механізму ВВП і приводу активних робочих органів в перехідних режимах роботи від значень навантажень за усталеного режиму роботи робить істотний вплив на довговічність і навантаженість ВВП, трансмісії трактора, тощо [5-9]. Встановлено, що найхарактернішими відмовами ВВП і деталей приводу активних робочих органів є відмови внаслідок динамічних навантажень [10]. Оперативні витрати на усунення даних відмов складають за часом 48,2 % і за трудоемністю – 43,2 % від загальних витрат.

Необхідність продовження дослідження процесу розгону сільськогосподарського агрегату з активними робочими органами є беззаперечною [11]. Значна кількість відмов ВВП і деталей приводу активних робочих органів в експлуатаційних умовах роблять проблему розробки методів їх діагностування актуальною.

У зв'язку з цим **метою роботи** є розробка експрес-методу діагностування деталей і вузлів приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин шляхом обґрунтування моделі випробувань і застосування сучасних вимірювальних комплексів.

Результати досліджень. Метод парціальних прискорень заснований на прямому вимірюванні лінійних прискорень, що виникають при русі машино-тракторного агрегату (МТА) і подальшій обробці результатів цих вимірювань [12]. Найбільш прийнятним за умов забезпечення мінімальної трудомісткості та забезпечення необхідної точності вимірювань був обраний вимірювальний комплекс, що має в своєму складі два акселерометри і обчислювальний блок. Згідно з розробленою методикою проводилися польові випробування МТА.

У загальному випадку, експрес-метод діагностування полягає в наступному:

- встановити випробувальне обладнання на машину і ввімкнути його;
- розігнати машину до встановленої швидкості;
- провести вільний вибіг, зафіксувати результат;
- провести визначення еталонної сили тяги, зафіксувати результат;
- провести визначення потужності трактора, затраченої на привід активних робочих органів, зафіксувати результат;
- за результатами констатувати поточну величину тягового опору і витрати потужності на привід активних робочих органів.

Першим етапом дослідження є визначення еталонної для вибраного трактора сили тяги. Для цього трактор без сільськогосподарських машин розганяється з місця до усталеної швидкості руху, на агрофоні «бетонна дорога», випробування проводяться у відповідності з вимогами заданих ГОСТ 7057-2001. Величина прискорення враховує стохастичні фактори, які виникають в процесі руху трактора (коефіцієнти: опору коченню; буксування), коливання крутного моменту двигуна, які неможливо визначити аналітичним методом.

Другим етапом проводиться розгін МТА з вимкненим ВВП на агрофоні відповідному технологічній операції. Так як рух з агрегатуємою сільськогосподарською машиною на деформівній поверхні викликає збільшення часу розгону і зменшення вибігу, то порівнявши ці показники з еталонною діаграмою сили тяги можна визначити потужність двигуна, яку можна реалізувати через ВВП.

Третім етапом проводиться розгін МТА з плавним вмиканням ВВП. Опір робочих органів сільськогосподарської машини уповільнює набір швидкості, як наслідок порівнявши всі три діаграми можна отримати тяговий опір сільськогосподарської машини і потужність двигуна затрачену на привід ВВП.

Проводились випробування тракторного поїзду у складі трактора Challenger MT685D + бункер-накопичувач перевантажувальний ПБН-30 На рис. 1 показано загальний вид випробовуваного тракторного поїзду.

На рис. 2 показано місце встановлення акселерометра вимірювального комплексу.

Еталонні параметри трактора наведені на діаграмі рис. 3 і в табл. 1.

Результати вимірювання параметрів потужності двигуна затраченої на привід ВВП наведені на діаграмі рис. 4 і в таблиці 2.

Основою нормативно-технічної документації оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів є спосіб оцінки їх технічного стану по перехідному процесу прискорення трактора при розгоні активних робочих органів.

Сутність запропонованого експрес-методу заключається в тому, що вимірюється потужність затрачена на привід ВВП і за її величиною оцінюється технічний стан приводу активних робочих органів.



Рис. 1. Досліджуваний тракторний поїзд

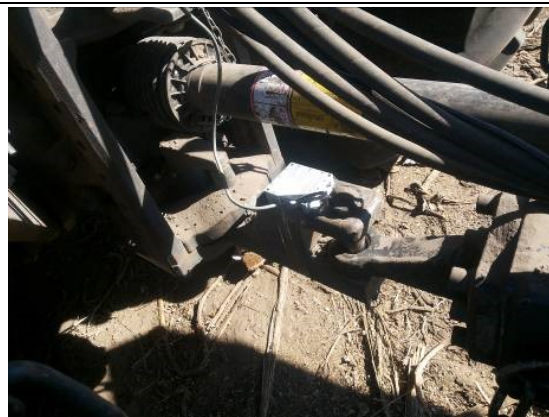


Рис. 2. Місця встановлення акселерометрів

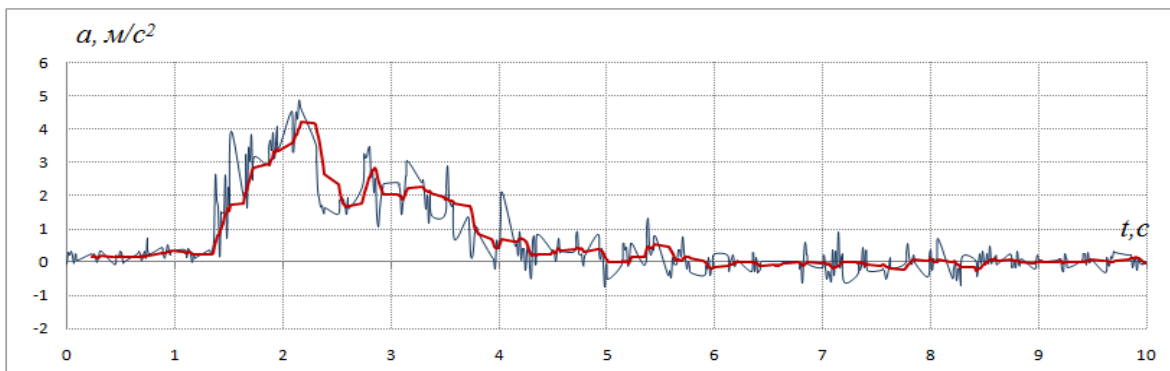


Рис. 3. Розгін еталонного трактора

Таблиця 1

Результати вимірювання еталонних параметрів трактора на агрофоні «бетонна дорога»

Передача трансмісії	Максимальне тягове зусилля, кН	Максимальна тягова потужність, кВт	Середня швидкість руху, км/год.	Буксування, %
XVII	44,7	191,2	15,3	1,5 – 2
XIX	41,21	196,7	17,1	1,5 – 4

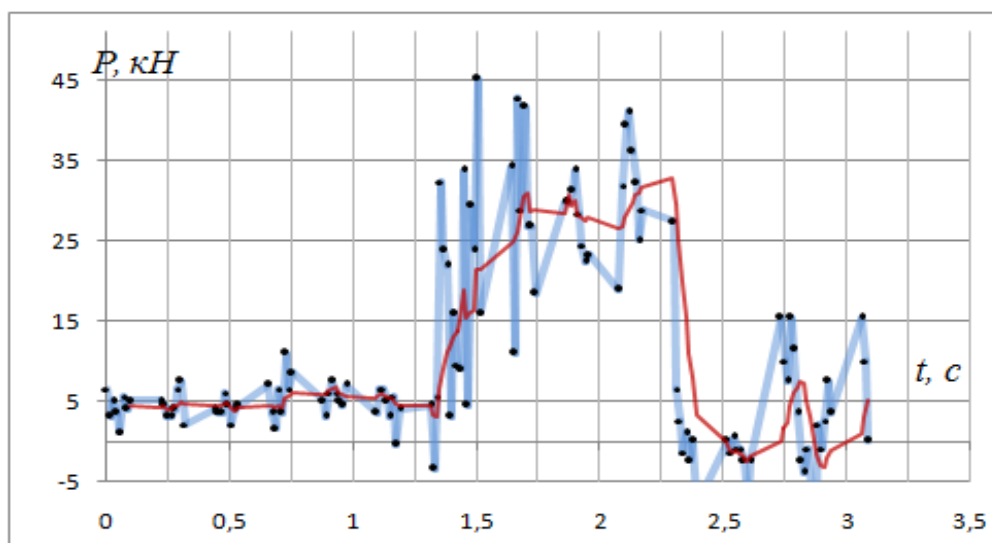


Рис. 4. Тяговий опір МТА

Результати розрахунку потужності двигуна затраченої для переміщення причепа і приводу ВВП на агрофоні «стерня зернових».

Передача трансмісії	Тягове зусилля, кН	Потужність на привід ВВП, кВт	Тягова потужність, кВт	Завантаженість трактора за тяговою потужністю, %
ВВП ввімкнений	27,3	–	130,9	66,5
ВВП вимкнений	29,2	14,6	145,5	73,8

Технологія діагностування приводу активних робочих органів (за відсутності нормативного значення потужності на привід):

– виконавці: майстер-діагност, тракторист-машиніст.

– трудомісткість: 0,8 люд.-год.

– прилади, пристосування: вимірювальний комплекс ВДВММ 4-001, струбцина для кріплення давача прискорень;

– порядок проведення діагностування:

1) встановити випробувальне устаткування на мобільну машину і ввімкнути його;

2) провести тестовий заїзд тракторного поїзду на агрофоні «асфальто-бетонна дорога» для визначення еталонної потужності трактора;

3) провести заїзд тракторного поїзду на агрофоні відповідному технологічній операції з відключеним ВВП;

4) провести заїзд тракторного поїзду на агрофоні відповідному технологічній операції з плавним вмиканням ВВП;

5) за результатами розрахунку і порівняння потужностей констатувати поточний стан елементів приводу активних робочих органів і дати рекомендації для подальшого діагностування;

– діагностичний критерій: потужність на привід ВВП

Рекомендовані параметри вимірювально-реєстраційного комплексу:

– давач прискорень моделі ММА 7260 QT з межею вимірювання $\pm 1,5$ g;

– напруга живлення давача 2,2 – 3,6 В;

– чутливість давача 800 мВ/g;

– градування давача методом постійного прискорення 10...10³ Гц з похибкою <1,0 %;

– рекомендовано розміщувати давач: на тракторах із шарнірно-зчленованою рамою – на задній напіврамі орієнтуючись на перший технологічний отвір; на тракторах серії Challenger MT685D і John Deere 8430 на задній навісці біля провусини під'єднання сільгоспмашини.

Висновки. 1. Реалізація розробленого експрес-методу і технологічних засобів для оцінки якості агрегатів і вузлів приводу активних робочих органів через вал відбору потужності трактора дозволить під час випробувань і в експлуатації прискорено оцінити їх технічний стан і дати рекомендації про направлення на поглиблену діагностику.

2. Технологія технічного діагностування тракторів серії Challenger MT685D і John Deere 8430 дозволяє зменшити у порівнянні з відомими технологіями трудомісткість в 2,9 рази, так як за запропонованою технологією усувається операція демонтажу агрегатів.

3. Рекомендації виробництву: встановлення нормативних значень показника потужності затраченої на привід активних робочих органів у справному стані.

1. Гуськов В. В. Тракторы. Часть III. Конструирование и расчет / В. В. Гуськов, И. П. Ксенович, Ю. Е. Атаманов, А. С. Солонский. – Минск: Выща школа, 1981. – 383 с.

2. Флик В. П. Механические приводы сельскохозяйственных машин / В. П. Флик. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

3. Кугель Р. В. Характеристика использования тракторов класса 1,4 и 3 тс по видам работ / Р. В. Кугель, И. Я. Дьяков // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. – № 9. – С. 7–9.

4. Кюрчев В. П. Тенденции гидрофикации сельскохозяйственной техники / В. П. Кюрчев, А. И. Панченко, А. А. Волошина, С. В. Кюрчев // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2005. – Вип. 29. – С. 25–37.

5. Мудраков В. В. Исследование нагруженности механизма ВОМ сельскохозяйственного трактора: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.195 / В. В. Мудраков. – М.: НАТИ, 1978. – 28 с.

6. Скундин Г. И. Исследование нагруженности двухскоростного механизма ВОМ трактора / Г. И. Скундин, И. И. Вайценфельд, А. П. Доброхлебов, В. В. Мудраков // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 5. – С. 11–13.
7. Хабатов Р. Ш. Привод машин для внесения органических удобрений: динамика крутильных колебаний / Р. Ш. Хабатов, М. М. Кидакоев // Тракторы и сельхозмашины. – 1991. – № 4. – С. 34–37.
8. Ким Р. А. Анализ динамической нагруженности привода болотной фрезы в неустойчивых режимах ее работы / Р. А. Ким, Г. Н. Кобелев, М. В. Бельский // Проектирование рабочих органов уборочных, почвообрабатывающих сельхозмашин, агрегатов для кормопроизводства: сб. науч. тр. – Ростов-на-Дону: Институт сельхозмашиностроения, 1982. – С. 95–97.
9. Островерхов Н. Л. Динамическая нагруженность трансмиссий колесных машин / Н. Л. Островерхов, И. К. Русецкий, А. И. Бойко. – Минск : Наука и техника, 1977. – 280 с.
10. Кухтов В. Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов / В. Г. Кухтов. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 292 с.
11. Мудраков В. В. Статистический анализ нагруженности механизма ВОМ трактора / В. В. Мудраков. – М. : ЦНИИТЭИтракторсельхозмаш, 1976. – 32 с.
12. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Артемов Н. П., Лебедев А. Т., Подригало М. А., Полянский А. С., Клец Д. М. Коробко А. И., Задорожня В. В. ; под. ред. М. А. Подригало. – Х.: Изд-во «Міськдрук», 2012. – 220 с.

REFERENCES

1. Ksenevich, I.P., Atamanov, Yu.E., & Solonsky, A.S. (1981). *Traktory. Chast' III. Konstruirovaniye i raschet [Tractors. Part III. Design and calculation]*. Minsk: High School [in Belarus].
2. Flick V. P. (1984). *Mekhanicheskie privody sel'skokhozyaystvennykh mashin [Mechanical drives of agricultural machines]*. Moscow: Mechanical Engineering [in Belarus].
3. Kugel, R.V., & Dyakov, I.Ya. (1972). Kharakteristika ispol'zovaniya traktorov klassa 1,4 i 3 ts po vidam rabot [Characteristics of the use of tractors of 1.4 and 3 tons according to the types of work]. *Tractors and agricultural machinery*, 9, 7-9 [in Russian].
4. Kurchov, V. P., Panchenko, A. I., Voloshin, A. A., & Kurchchev, S. V. (2005). Tendentsii gidrofikatsii sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Trends in hydraulic engineering of agricultural machinery]. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnical Academy*, 29, 25-37 [in Ukrainian].
5. Mudrakov, V. V. (1978). Issledovanie nagruzhenosti mekhanizma VOM sel'skokhozyaystvennogo traktora [A study of the loading of the PTO mechanism of an agricultural tractor]. *Candidate's thesis*. Moscow: NATI [in Russian].
6. Skundin, G. I., Weizenfeld, I. I., Dobrokhlebov, A. P., & Mudrakov, V. V. (1974). Issledovanie nagruzhenosti dvukhskorostnogo mekhanizma VOM traktora [A study of the loading of a two-speed PTO tractor mechanism]. *Tractors and agricultural machinery*, 5, 11-13 [in Russian].
7. Khabatov, R. Sh., & Kidakoyev, M. M. (1991). Privod mashin dlya vneseniya organicheskikh udobrenii: dinamika krutil'nykh kolebaniy [Drive machines for the application of organic fertilizers: the dynamics of torsional oscillations]. *Tractors and agricultural machinery*, 4, 34-37 [in Russian].
8. Kim, R. A., Koblelev, G. N., & Belsky, M. V. (1982). Analiz dinamicheskoi nagruzhenosti privoda bolotnoi frezy v neustanovivshikh rezhimakh ee raboty [Analysis of the dynamic loading of a drive of a bog cutter in unstable operating modes]. *Designing of working organs for harvesting, soil-cultivating agricultural machines, aggregates for fodder production: Sat. sci. tr.* (pp. 95-97). Rostov-on-Don: Institute of Agricultural Machinery [in Russian].
9. Ostroverkhov, N.L., Rusetsky, I.K., & Boyko A.I. (1977). *Dinamicheskaya nagruzhenost' transmissii kolesnykh mashin [Dynamic loading of transmissions of wheeled vehicles]*. Minsk: Science and Technology [in Belarus].
10. Kukhtov, V. G. (2004). *Dolgovechnost' detalei shassi kolesnykh traktorov [Durability of chassis components of wheeled tractors]*. Kharkov: KHNADU [in Ukrainian].
11. Mudrakov, V. V. (1976). *Statisticheskii analiz nagruzhenosti mekhanizma VOM traktora [Statistical analysis of the loading of the tractor PTO mechanism]*. Moscow : TsNIITEITRAKTORHOZHMAH [in Russian].
12. Artemov, N. P., Lebedev, A. T., Podrigalo, M. A., Polyansky, A. S., Klets D. M., Korobko, A. I., & Zadorozhnyaya, V. V. (2012). *Metod partial'nykh uskoreniy i yego prilozheniya v dinamike mobil'nykh mashin [The method of partial accelerations and its applications in the dynamics of mobile machines]*. - Kharkiv: Publishing house "Miskdruk" [in Ukrainian].

Подригало М. А., Коробко А. И., Шуляк М. Л. Экспресс-метод испытаний агрегатов и узлов привода активных рабочих органов мобильной сельскохозяйственной техники.

Предложен экспресс-метод диагностики агрегатов и узлов привода активных рабочих органов мобильной сельскохозяйственной техники, которые приводятся в действие от вала отбора мощности. Метод позволяет провести предварительную оценку состояния узлов и агрегатов привода активных рабочих органов и дать заключение о дальнейшем направлении поиска неисправности. Предложен диагностический показатель – мощность затрачиваемая на привод активных рабочих органов и усовершенствован метод его измерения. Простота реализации предложенного метода позволяют использовать его как в научных, так и в учебных целях.

Ключевые слова: активные рабочие органы, привод, измерительный комплекс, мощность, испытания, трактор.

M. Podrigalo, A. Korobko, M. Shulyak. Express method for testing the units and drive units of active working bodies in the mobile agricultural machinery.

The express method is offered for testing the units and drive units of active working bodies in the mobile agricultural machinery which are driven by the power take-off shaft. The method allows to make a preliminary assessment of the state of the units and assemblies of the drive of active working elements and to give an opinion on the further direction of the search for a malfunction. A diagnostic indicator is proposed - the power expended on the drive of active working organs is improved, and the method of measuring it. Simple design of the method allows its use in both scientific and educational purposes.

Keywords: active working bodies, drive, measuring complex, power, testing, tractor.

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

ШУЛЯК Михайло Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Трактори і автомобілі», Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

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 Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Харьковская филия Украинского научно-исследовательского института прогнозирования и испытаний техники и технологий для сельскохозяйственного производства имени Леонида Погорелого, e-mail: ak82andrey@gmail.com

ШУЛЯК Михаил Леонидович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

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

Mikhail SHULYAK, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Assoc. Professor of tractors and automobile the department, Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture.

Стаття надійшла в редакцію 03.10.2017 р.

Познаховський В.А., Кірічок О.Г.
Національний університет водного господарства та природокористування

ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ОЦІНКИ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

У статті окреслені основні завдання та складності оцінювання конкурентоспроможності автотранспортних підприємств, охарактеризовані існуючі методи її оцінки і запропонована методика визначення конкурентоспроможності автотранспортного підприємства на основі системи показників.

Ключові слова: автотранспортне підприємство, конкурентоспроможність, методи оцінки, система показників, внутрішнє та зовнішнє середовище.

Постановка проблеми. В умовах переходу економіки України до ринкових відносин проблема удосконалення методів управління автотранспортними підприємствами стає однією з найбільш важливих, оскільки конкуренція в цій галузі розвивається високими темпами.

Конкурентні переваги сьогодні – це підвищення якості та зниження собівартості перевезень, надання великого спектру послуг, поліпшення обслуговування клієнтури, своєчасне реагування на зміну транспортних послуг на території країни та регіону. Все вищевикладене зумовлює пошук нових підходів до роботи на транспортному ринку.

Одним з таких прогресивних підходів є логістичний підхід, орієнтований на збільшення обсягів перевезення вантажів, підвищення прибутковості і рентабельності роботи транспорту.

Підвищенню ефективності доставки вантажів в даний час приділяється недостатня увага незважаючи на те, що в логістичних витратах на частку транспортних витрат, що враховуються при формуванні цін на кінцеву продукцію, припадає до 50%.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні методики оцінки конкурентоспроможності автотранспортних підприємств на основі визначеної системи показників.

Результати досліджень. Вирішенню теоретичних та методичних проблем оцінки конкурентоспроможності присвячені праці таких відомих зарубіжних та вітчизняних науковців, як А.Ю. Юданов, І. Ансофф, М. Портер, Ж.-Ж. Ламбен, Г.Л. Азоев, В.Г. Герасимчук, Р.А. Фатхутдінов, А.А. Мазаракі, Н.М. Ушакова, Л.Є. Довгань, З.Є. Шершньова та ін. Проте досі немає єдиного усталеного визначення поняття конкурентоспроможності, практично не розроблена загальноприйнята методика її оцінювання, потребують уточнення підходи до оцінки конкурентоспроможності підприємств різних галузей економіки, що мають свої особливості.

Необхідно зазначити, що єдиного загальноприйнятого в економічній науці визначення конкурентоспроможності не існує. Так, Р.А. Фатхутдінов визначає її як властивість об'єктів, що характеризує ступінь задоволення конкретної потреби, порівняно з найкращими аналогічними об'єктами, представленими на даному ринку [1, с. 151]. В.Д. Немцов під конкурентоспроможністю розуміє комплексну порівняльну характеристику підприємства, яка відображає ступінь переваги сукупності оціночних показників його діяльності, що визначають успіх підприємства на певному ринку за певний проміжок часу, відносно сукупності показників конкурентів [2].

В існуючій практиці дослідження конкурентоспроможності підприємства часто визначається показниками, що характеризують його виробничий потенціал і результати діяльності, та зводиться до можливості використання усіх видів ресурсів ефективнішим, ніж конкуренти, способом. Тобто акцент робиться в основному на чинниках внутрішнього середовища підприємства.

Проте конкурентоспроможність є комплексною категорією, що формується під впливом цілої низки факторів внутрішнього і зовнішнього середовища, які діють у взаємозв'язку і взаємозалежності. При цьому у ринкових умовах господарювання, які характеризуються підвищеною динамічністю й невизначеністю, значну роль починають відігравати саме чинники зовнішнього оточення.

Досвід функціонування багатьох підприємств України в сучасних умовах підтверджує, що, маючи достатній виробничий потенціал, значна частина підприємств не здатна втримати свої конкурентні позиції на ринку продукції й послуг. Це викликає потребу в детальному вивченні структури зовнішнього середовища підприємства, а також проведенні аналізу тенденцій зміни його факторів.

Якщо елементи внутрішнього середовища впливають на конкурентоспроможність безпосередньо, то вплив зовнішніх умов не завжди помітний відразу. Проте вивчення зовнішнього оточення дозволяє терміново реагувати на загрози, що з'являються на ринку, і розробляти заходи, здатні не лише їх врахувати, а й уникнути їх, отримавши з цієї ситуації нові вигідні можливості. При цьому дослідження елементів внутрішнього середовища дає змогу оцінити здатність підприємства швидко реагувати на дії конкурентів, залучаючи наявні резерви.

В табл. 1 наведені основні фактори впливу на конкурентоспроможність із групуванням їх на елементи внутрішнього та зовнішнього середовища.

Таблиця 1

Фактори впливу на конкурентоспроможність підприємства

Елементи	Характеристика
Елементи внутрішнього середовища	
Виробничі можливості	Виробничий потенціал
Система обліку	Облікова політика на підприємстві; облік запасів, незавершеного виробництва, готової продукції тощо.
Маркетингові дослідження	Рівень врахування і задоволення потреб та можливостей споживачів; вихід на вільні ніші ринку
Система постачання	Терміновість і надійність поставок; можливість швидкої переорієнтації на інші види сировини
Логістика і збут	Наявність власних каналів розподілу, мережі фірмових магазинів, рівень збутових витрат
Фінансові можливості	Вільні ресурси підприємства і співвідношення між власними і запозиченими коштами; доступ до фінансових ресурсів
Інформаційні ресурси	Наявність баз даних, можливість їх постійного оновлення
Місце знаходження	Наявність розвинутої інфраструктури; відстань до постачальників і споживачів
Організаційна структура	Здатність швидкої передачі управлінського рішення до виконавця і можливості контролю за виконавцем
Елементи зовнішнього середовища	
Державна політика	Ступінь участі країни у світових інтеграційних процесах; напрямки зовнішньої політики, стан і напрямки реформ; пріоритети розвитку країни; стабільність обраного курсу
Соціальні умови	Структура робочої сили; рівень підготовки фахівців; ціна робочої сили; співвідношення між категоріями працівників; рівень зайнятості; культурний рівень розвитку суспільства
Економічні умови	Середній рівень заробітної плати; податки і пільги; інфляція; інвестиційний потенціал країни; рівень розвитку галузей
Природно-ресурсний потенціал	Рівень забезпечення економіки власними природними ресурсами; рівень негативного екологічного навантаження; стан ресурсів
Правове середовище	Гармонійність законодавчої бази, спрямування на розвиток; дієвість нормативних актів
Монополізація економіки	Загальний рівень концентрації продавців; антимонопольне регулювання; вертикальна інтеграція
Товарні ринки	Структура та ємність товарних ринків; вибагливість покупців; стандартизація товарів; стійкість позицій лідерів
Ринкова інфраструктура	Стан банківського і страхового обслуговування; розгалуженість, насиченість транспорту; розвиток посередницьких організацій

На основі аналізу наукової літератури [3] всі існуючі методи визначення і оцінки конкурентоздатності підприємства можуть бути об'єднані в наступні групи:

- методи, що базуються на аналізі порівняльних переваг;
- методи, що базуються на теорії рівноваги фірми і галузі;
- методи, побудовані на основі теорії ефективної конкуренції;
- методи, побудовані на теорії якості продукції;

- матричні методи оцінки конкурентоздатності;
- інтегральний метод;
- метод, побудований на теорії мультиплікатора;
- метод визначення позиції конкуренції з точки зору стратегічного потенціалу підприємства;
- методи, побудовані на основі порівняння з еталоном.

Вищеперераховані методи потребують для аналізу інформацію із внутрішніх бухгалтерських документів (оборотна відомість і головна книга), які є найбільш повними, але, на жаль, важкодоступними джерелами інформації як для зовнішніх експертів, так і для інвесторів.

Ми пропонуємо для оцінки конкурентоспроможності автотранспортного підприємства використовувати інтегральний метод [4]. В умовах ринкових відносин товаром для споживача, в тому числі і клієнта транспорту, є продукція або послуга. При цьому споживча вартість товару визначається його здатністю вирішувати комплекс важливих проблем клієнта. Якість транспортної послуги можливо відображати через набір параметрів і характеристик, що здійснюється за допомогою інтегрального показника якості ($I_{як}$). Такий показник становить ядро показника конкурентоспроможності послуги, яке вимірюється ставленням інтегрального показника якості до ціни споживання послуги. В загальному вигляді ціна споживання складається з відпускної ціни (Π) і експлуатаційних витрат споживача послуги за оголошений ресурс роботи ($V_{експл}$), а конкурентоспроможність визначається за формулою

$$K_{авт} = \frac{I_{як}}{\Pi + V_{експл}}$$

Перевагою такого методу є те, що показник конкурентоспроможності варіантів використовується для їх динамічного порівняння. В даному випадку вихідною вимогою будуть адекватність і порівняння інтегрального показника якості за варіантами технологій та інших нововведень. В цілому для транспорту відпускна ціна продукції формується на основі тарифів за перевезення і оплату послуг, що надаються клієнтам, а витрати споживача оцінюються так званими витратами.

Для забезпечення конкурентоспроможності транспортних послуг підприємство повинно акумулювати всі свої можливості для найбільш повного задоволення потреб клієнтів в даний момент часу, оскільки іншого шансу завоювати лояльність і довіру покупця у підприємства не може бути.

Виходячи з цього, в основу виділення параметрів транспортної послуги можуть бути покладені такі показники: пропозиція, споживання покупцем і задоволеність перевезенням. Ці показники диференціюють параметри транспортної продукції за часом їх виникнення. Інформація про послугу передуює її купівлі, параметри послуги формуються в процесі її надання, а ефект і ступінь задоволеності виникає тільки після надання послуги і не існує до моменту її споживання.

Рівень конкурентоспроможності транспортної послуги пропонується оцінювати через індекси конкурентоспроможності

$$I_k = \sqrt[3]{I_p \cdot I_{тп} \cdot I_n},$$

де I_k – інтегральний показник конкурентоспроможності транспортної послуги;

I_p , $I_{тп}$ та I_n – групові індекси конкурентоспроможності, відповідно пропозиції та виконання транспортної послуги, задоволеності покупця наданою послугою.

Для реалізації представленої моделі розрахунку інтегрального показника конкурентоспроможності транспортної послуги необхідно встановити:

- перелік спеціальних показників конкурентоспроможності та методи їх оцінки;
- розробити спосіб визначення показового об'єкта.

Формування показового об'єкта буде здійснюватися на основі вибору кращих значень показників з фактично досягнутих рівнів по кожному показнику в оцінюваній сукупності. Якщо збільшення показників відображає негативні тенденції, наприклад, рівень тарифів на перевезення вантажу, час оформлення замовлення, сума штрафів, то базою є мінімальне значення сукупності.

Важливим показником в діяльності підприємств з надання транспортних послуг є собівартість перевезень. Від собівартості залежить ціна продажу, яка відіграє величезну роль, оскільки від продуманої цінової політики залежить конкурентоспроможність підприємства та його фінансовий стан [5].

Таким чином, показник конкурентоспроможності повинен відображати не тільки поточний стан автотранспортного підприємства, але і тенденції розвитку, бути стійким до змін кон'юнктури ринку, а також придатним для практичного застосування. Тому об'єктивну оцінку конкурентоспроможності автотранспортного підприємства запропоновано здійснювати за допомогою

методів комплексної оцінки, яка включає визначення групового та одиничних показників конкурентоспроможності автотранспортного підприємства.

У світлі вищесказаного, уточнена і розроблена система показників оцінки конкурентоспроможності автотранспортного підприємства (табл. 2).

Таблиця 2

Показники конкурентоспроможності автотранспортного підприємства

Груповий показник	Одиничний показник конкурентоздатності
1. Ефективність виробничої діяльності (E_{Φ}) $E_{\Phi} = I + \Phi + P_T + \Pi$	1.1. Витрати виробництва на одиницю продукції (I) 1.2. Фондовіддача (Φ) 1.3. Рентабельність продукції (P_T) 1.4. Продуктивність праці (Π)
2. Фінансове становище підприємства (Φ_{Π}) $\Phi_{\Pi} = K_a + K_{\Pi} + K_{ал} + K_o$	2.1. Коефіцієнт автономії (K_a) 2.2. Коефіцієнт платоспроможності (K_{Π}) 2.3. Коефіцієнт абсолютної ліквідності ($K_{ал}$) 2.4. Коефіцієнт оборотності оборотних активів (K_o)
3. Ефективність організації збуту ($E_{зб}$) $E_{зб} = P_{\Pi} + K_{опп} + K_{зм} + K_p$	3.1. Рентабельність продаж (P_{Π}) 3.2. Коефіцієнт оборотності готової продукції ($K_{опп}$) 3.3. Коефіцієнт завантаження виробничих потужностей ($K_{зм}$) 3.4. Коефіцієнт ефективності реклами і засобів стимулювання збуту (K_p)
4. Показник конкурентоспроможності продукції ($K_{сп}$): $K_{сп} = K_{\Pi} + \Pi + Y_{\Pi} + C_{\Pi} + Y_o$	4.1. Якість продукції (K_{Π}) 4.2. Ціна продукції (Π) 4.3. Умови платежу (Y_{Π}) 4.4. Термін постачання (C_{Π}) 4.5. Рівень гарантійного і сервісного обслуговування на всіх етапах життєвого циклу транспортного товару (Y_o)
Конкурентоздатність підприємства ($K_{пр}$): $K_{пр} = E_{\Phi} + \Phi_{\Pi} + E_{зб} + K_{сп}$	

У першу групу входять показники, що характеризують ефективність управління виробничим процесом: економне використання ресурсів, раціональна експлуатація виробничого обладнання та устаткування, вдосконалення технології виготовлення продукції, організація праці на виробництві. В другу групу показників входять показники, що відображають ефективність управління оборотними активами: незалежність підприємства від зовнішніх джерел фінансування, здатність підприємства виконувати свої поточні зобов'язання, можливість стабільного розвитку підприємства в майбутньому. У третю групу включені показники, що визначають ефективність управління збутом і просуванням транспортної послуги на ринку засобами реклами та стимулювання. В четверту групу – показники конкурентоспроможності транспортної послуги: якість товару, умови платежу, ціна, термін поставки, рівень гарантійного та сервісного обслуговування.

У зв'язку з тим, що кожний з цих показників мають різну ступінь важливості, для розрахунку коефіцієнта конкурентоспроможності підприємства ($K_{пр}$) визначають вагові коефіцієнти всіх показників.

Висновки. Таким чином, оцінка конкурентоспроможності автотранспортного підприємства являє собою складне та багатогранне завдання, яке полягає в інтерпретації та оцінці комплексу показників, що характеризують різні сторони діяльності підприємства і формують його конкурентоспроможність. Основними завданнями оцінки конкурентоспроможності є: визначення стану конкурентоспроможності підприємства на момент діагностики; виявлення тенденцій і закономірностей у підвищенні (зниженні) конкурентоспроможності підприємства за досліджуваний період; визначення факторів, котрі негативно впливають на конкурентоспроможність підприємства; пошук резервів підвищення конкурентоспроможності. Залежно від поставленої задачі оцінка конкурентоспроможності може мати різний ступінь деталізації і глибину дослідження, однак повинна проводитися в усіх напрямках.

У статті для оцінки конкурентоспроможності автотранспортного підприємства пропонується використовувати інтегральний метод, який базується на доступній для зовнішніх експертів та інвесторів інформації. Варто зазначити, що в сучасному науковому світі проблемі підвищення конкурентоспроможності приділяється недостатньо уваги. Неприпустимим є ототожнення методів оцінки конкурентоспроможності на стадії стратегічного і тактичного управління. Накопичений досвід аналізу конкурентоспроможності в сфері виробництва не може повною мірою використовуватися у галузі автомобільного транспорту, що має свої особливості.

1. Реутов В.Є. Конкурентоздатність підприємства: критерії, показники і методики оцінювання / Р.Є. Реутов // Економіка та держава. – № 5. – 2006. – С. 65-67.
2. Иванов Ю.Б., Тищенко А.Н., Дробитько Н.А. Конкурентоспособность предприятия: оценка, диагностика, стратегия [Текст] / Ю.Б. Иванов, А.Н. Тищенко, Н.А. Дробитько. – Харьков : ХНЭУ, 2004. – 255 с.
3. Воронкова А.Э. Стратегическое управление конкурентноспособным потенциалом предприятия: диагностика и организация [Текст] / А.Э. Воронкова. – Луганск : ВНУ, 2000. – 315 с.
4. Давідіч Ю.О. Конспект лекцій з дисципліни «Ефективність транспортних процесів» [Текст] / Ю.О. Давідіч. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 36 с.
5. Должанський І.З., Загорна Т.О. Конкурентоспроможність підприємства [Текст] / І.З. Должанський, Т.О. Загорна: Навч. посібник. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 384 с.

REFERENCES

1. Reutov, V.M. (2006). Konkurentnist' pidpriemstva: kryterii, pokaznyky i metodyky otsiniuvania [Competitiveness of the enterprise: criteria, indicators and evaluation methods]. *Ekonomika i derzhava - Economy and the state*, 5, 65-67 [in Ukrainian].
2. Ivanov, Yu.B., & Tishchenko A.N., & Drobitsko, N.A. (2004). *Konkuretosposobnost' predpriatiia: otsenka, diagnostika, strategiia* [Competitiveness of the enterprise: evaluation, diagnostics, strategy]. Kharkov, KhNEU [in Ukrainian].
3. Voronkova, A.E. (2000). *Strategicheskoe upravleniie konkurentosposobnym potentsialom predpriatiia: diagnostika i organizatsiia* [Strategic management of the competitive potential of the enterprise: diagnostics and organization]. Lugansk, VNU [in Ukrainian].
4. Davidich Yu.O. (2017). *Konspekt lektsiy z dystsypliny "Efektyvnist' transportnyh protsesiv"* [Summary of lectures on discipline "Efficiency of transport processes"]. Kharkiv, KhNUMG im. Beketova [in Ukrainian].
5. Dolzhansky I.Z., & Zahorna T.O. (2006). *Konkurentnist' pidpriemstva* [Competitiveness of the enterprise]. Teaching. manual]. Kyiv, Centr navchal'noji literatury [in Ukrainian].

Познаховский В.А., Киричок А.Г. Существующие методы оценки конкурентоспособности автотранспортных предприятий и пути их совершенствования.

В статье обозначены основные задачи и сложности оценки конкурентоспособности автотранспортных предприятий, охарактеризованы существующие методы её оценки и предложена методика определения конкурентоспособности автотранспортного предприятия на основе системы показателей.

Ключевые слова: автотранспортное предприятие, конкурентоспособность, методы оценки, система показателей, внутренняя и внешняя среда.

V. Poznakhovskiy, O. Kirichok. Existing methods for assessing the competitiveness of road transport enterprises and ways to improve them.

The article outlines the main tasks and difficulties in assessing the competitiveness of road transport enterprises, characterizes the existing methods for assessing it, and suggests a technique for determining the competitiveness of a trucking enterprise based on a system of indicators.

Keywords: trucking enterprise, competitiveness, assessment methods, system of indicators, internal and external environment.

АВТОРИ:

ПОЗНАХОВСЬКИЙ Віктор Анатолійович, кандидат економічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: v.a.poznakhovskiy@nuwm.edu.ua

КІРИЧОК Олександр Георгійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: o.h.kirichok@nuwm.edu.ua

АВТОРЫ:

ПОЗНАХОВСКИЙ Виктор Анатоліевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры транспортных технологий и технического сервиса, Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: v.a.poznakhovskiy@nuwm.edu.ua

КИРИЧОК Александр Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортных технологий и технического сервиса, Национальный университет водного хозяйства и природопользования, e-mail: o.h.kirichok@nuwm.edu.ua

AUTHORS:

Victor POZNAHOVSKYY, PhD in Economics, Assoc. Professor of Transport Technology and Service Department, National University of Water and Environmental Engineering,, e-mail: v.a.poznakhovskiy@nuwm.edu.ua

Oleksandr KIRICHOK, PhD in Engineering, Assoc. Professor of Transport Technology and Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: o.h.kirichok@nuwm.edu.ua

Почужевський¹ О.Д., Веснін¹ А.В., Кристопчук² М.Є.

¹ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

² Національний університет водного господарства та природокористування

АНАЛІЗ ПИТАННЯ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ДЕФЕКТІВ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН

Розглянуто нормативні документи, які є основою для проведення експертної оцінки причини появи дефектів пневматичних шин. Сформовано основні п'ять груп та підгруп всіх можливих несправностей автотранспортних пневматичних шин. Обґрунтовано доцільність проведення досліджень ресурсу великогабаритних шин кар'єрних автосамоскидів у площині розгляду комплексної системи «шина-умови експлуатації-ресурс/дефекти».

Ключові слова: пневматичні шини, дефекти, технічна експертиза, нормативні документи, ресурс, великогабаритні шини, кар'єрні автосамоскиди, навантаження, умови експлуатації.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Виробники пневматичних шин коліс протягом десятиліть вдосконалюють свої технології, для того щоб забезпечити високі експлуатаційні показники та уникнути будь яких дефектів, що здатні привести до непланових простоїв техніки або дорожньо-транспортних пригод.

Однак незважаючи на значні досягнення в розвитку шинної індустрії, питання надійності роботи пневматичних шин залишається залежними від двох основних факторів – виробничих та експлуатаційних. Саме на цьому підґрунті найчастіше постають суперечливі питання між виробниками і споживачами під час виявлення істинних дефектів шин, і відповідно, встановлення причетного у матеріальних збитках. Це пов'язане з тим, що питома вага витрат на шини в загальному балансі витрат при експлуатації автомобільної техніки складає від 10% до 25%, слід відмітити, що відсоток зростає пропорційно зі збільшенням типорозмірів шин.

Для вирішення спірних питань між виробником і споживачем, як правило, залучають незалежних експертів, які на основі проведених досліджень роблять експертну оцінку та надають висновок. Отже така експертиза дає можливість вирішити наступні не важливі питання:

1. виявити причину втрати споживчих властивостей шин – експлуатаційна (через порушення правил експлуатації) чи виробнича (через порушення технології виготовлення);
2. ідентифікувати шину;
3. встановити придатність шини для подальшого експлуатування;
4. встановити (орієнтовано) ресурс (пробіг, тис. км) шини до втрати нею споживчих властивостей.

Однак проведення експертизи у більшості випадків пов'язане з вирішенням першого питання, а саме встановлення відповідального за матеріальні збитки і не розглядає питання виходу шини з ладу комплексно у площині «шина-умови експлуатації-ресурс/дефекти».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якщо розглянути детально питання технічної експертизи шин то слід зазначити, що це є комплексом технічних досліджень, які виконують компетентні фахівці уповноваженого органу з метою отримання відповідей на запити зацікавлених осіб – зокрема, визначення кінцевої та однозначної причини виходу шини з ладу. В Україні такою важливою роботою займається уповноважений орган в національній системі сертифікації ДП «Державтотрансндріпроект» та УкрСЕПРО державне підприємство «СЕПРОшина ГТВ» [1, 2].

Отже експертне оцінювання пневматичних шин є лише наслідком дій, які проводяться після настання та візуального виявлення того чи іншого дефекту. В більшості випадків отримані у процесі експертизи результати роботи шини, не використовують до подальшого аналізу кореляції факторів ефективного їх використання, а саме технічних (закладених виробником) та експлуатаційних (діють безпосередньо в умовах експлуатації і включають в себе режим роботи, природно-кліматичні та гірничотехнічні умови) [3, 4].

Дане питання частково розглядається в наукових роботах присвячених експлуатації шин великовантажних кар'єрних автосамоскидів, а саме у працях Горшкова Е.В., Ворошилова Г.А. та їх послідовників. Ідея досліджень полягає у дослідженні та формуванні граничних умов експлуатації кар'єрних самоскидів з точки зору навантажень та ходимості великогабаритних пневматичних шин.

Однак на сьогодні існує необхідність у отриманні чітких залежностей роботи шин, як при екстремальних так і номінальних умовах роботи, тому саме розгляд комплексної системи «шина-умови експлуатації-ресурс/дефекти» може, на наш погляд, надати необхідні відповіді.

Постановка задачі. У зв'язку з цим, у даній статті є доцільним провести дослідження взаємодії дефектів пневматичних шин з експлуатаційними факторами, які в комплексі можна охарактеризувати як система «шина-умови експлуатації-ресурс/дефекти».

Викладання основного матеріалу: Основою для проведення експертної оцінки шин автотранспортної техніки, на сьогоднішній день, є такі нормативні документи [1]:

- Закон України «Про захист прав споживачів» (затверджений Верховною Радою УРСР (ВВР), 1991, № 30, ст. 379)

- Порядок гарантійного ремонту (обслуговування) або гарантійної заміни технічно складних побутових товарів (затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 11.04.2002 № 506);

- Експлуатаційні норми середнього ресурсу пневматичних шин колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі (затверджені наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 20.05.2006 № 488, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 15.06.2006 за № 712/12586);

- Методика експлуатаційних досліджень пневматичних шин дорожніх транспортних засобів. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 1998. – 36 с.

- Правила эксплуатации автомобильных шин. – М.: "Химия" – 1983. – 174 с.

Національні, регіональні, міжнародні стандарти, технічні регламенти стосовно шин:

- ДСТУ UN/ECE R 30-00:2004 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пневматичних шин для колісних транспортних засобів та їхніх причепів - ДСТУ UN/ECE R 54-00:2004 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пневматичних шин для вантажних колісних транспортних засобів та їхніх причепів

- ГОСТ 4754-97 Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости. Технические условия

- ГОСТ 5513-97 Шины пневматические для грузовых автомобилей, прицепов к ним, автобусов и троллейбусов

- ГОСТ 5652-89 Шины пневматические для мотоциклов, мотоколясок, мотороллеров и мопедов

- ГОСТ 13298-90 Шины с регулируемым давлением. Технические условия

- ГСТУ 6-00152052.183-98 Шины пневматичні для вантажних автомобілів, автопричепів, автобусів та троллейбусів. Показники зовнішнього вигляду

- Правила ЕЭК ООН № 30 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения шин для автомобилей и их прицепов

- Правила ЕЭК ООН № 54 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения шин транспортных средств индивидуального пользования и их прицепов

- Правила ЕЭК ООН № 75 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения шин для мотоциклов и мопедов

- Правила ЕЭК ООН № 108 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения в отношении производства пневматических шин с восстановленным протектором для автотранспортных средств и их прицепов

- Правила ЕЭК ООН № 109 Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения производства пневматических шин с восстановленным протектором для транспортных средств индивидуального пользования и их прицепов

- ETRTO. Standarts Manual. 2010

На підґрунті проведеного аналізу перелічених документів можна виділити п'ять основних груп та їх підгруп всіх можливих несправностей пневматичних шин [5]:

1. *Дефекти протектора* (Прискорений рівномірний знос по всій поверхні бігової доріжки протектора; Посилений знос малюнка протектора по краях бігової доріжки протектора; Посилений знос малюнка протектора по центру бігової доріжки протектора; Нерівномірний знос малюнка протектора по центру бігової доріжки протектора; Односторонній знос малюнка протектора шини; Прискорене зношування бігової доріжки протектора; Виступи центральної частині бігової доріжки; Пилкоподібний знос малюнка протектора; Чергувальний знос ґрунтозацепів; Знос скоса плечової зони; Ерозійний знос з вдавненням; Знос з осіданням/втискуванням ребра; Діагональний знос малюнка протектора; Ручейковий знос малюнка протектора; Знос плямою; Плямистий знос протектора при несправності шасі автомобіля; Плямистий знос протектора при несправності шасі автомобіля; Викришування гуми малюнка протектора з відривом кількох елементів протектора від

брекера; Відколи, порізи протектора; Механічний зрив елементів малюнка протектора; Механічне пошкодження бігової доріжки; Механічне пошкодження бігової доріжки; Злам по біговій доріжці в поперечному напрямку; Механічний прокол по біговій частині протектора; Відшарування доріжки протектора; Місцеве відшарування протектора; Відшарування доріжки протектора; Відшарування протектора від надбркерної гуми; Відшарування брекерного пояса від каркаса; Тріщини по дну канавки; Тріщини в канавках протектора; Пробіг на спущеній шині; Поздовжні (кругові) розрізи по протектору; Руйнування гуми протектора; Місцеве відшарування протектора шипованої шини; Поглиблення шипів в гуму протектора, випадання шипа; Надриви гуми в місці установки шипів).

2. *Дефекти брекера* (Руйнування брекера зі зміною конфігурації профілю покришки; Розшарування в плечовій зоні по кромці брекера; Вихід ниток металокорду).

3. *Дефекти боковини* (Механічне пошкодження (пробою) боковини; Пошкодження боковини, розрив каркаса; Пошкодження боковини, розрив каркаса; Бічний поріз; Розрив ниток корду; Поріз по боковині; Розшарування на боковині; Радіальне здуття по боковині; Відшарування боковини; Розбіжність стику боковини; Здуття по боковині; Хвилястість по боковині; Здуття по боковині (міхур з гермослою); Механічне пошкодження боковини; Механічне пошкодження боковини; Здуття по боковині; Розрив гуми боковини за місцем здуття; Відшарування гуми боковини від ниток корду каркаса з променевими розривами гуми боковини; Відшарування гуми боковини; Дрібна сітка тріщин старіння; Сторонні вклучення по боковині).

4. *Дефекти каркаса* (Злам каркаса; Злам каркаса з обсмоленням місця дефекту; Пошкодження гермослою безкамерної шини стороннім вклученням; Розбіжність стику каркаса з просвічуванням ниток корду; Випадання ниток першого шару каркаса; Розшарування в надбортовій зоні за місцем напливу гуми боковини; Проникнення предметів стороннього походження).

5. *Дефекти борта* (Розшарування в надбортовій зоні; Перетирання матеріалів бортової зони шини; Пошкоджена п'ята борту закрайної обода; Пошкоджена п'ята борту при некваліфікованому монтажі; Руйнування борту шини в слідстві перегріву; Пошкоджена п'ята борту від високої температури; Розрив бортового кільця і боковини; Розрив бортового кільця і боковини; Пошкодження надбортовій зони шини; Деформація бортового кільця; Пошкодження бортового кільця (скол гуми)).

Таким чином експерт може розглянути будь-який дефект та надати відповідний висновок. Спираючись на отримані результати, власник транспортного засобу у майбутньому може більш обґрунтовано підійти до вибору виробника, а також параметрів і характеристик пневматичних шин.

З вищевикладеного огляду нормативних документів та представлених дефектів, можна зазначити що більшість з цього матеріалу стосується пневматичних шин дорожніх транспортних засобів. Однак питання виходу з ладу великогабаритних шин, що призначені для кар'єрних автосамоскидів, які у свою чергу, є основним транспортом на гірничих підприємствах (у світі припадає до 75 % перевезень маси на відкритих розробках) і призначені для експлуатації поза дорогами загального користування [6] постає ще гостріше. Питання ускладнюється ще й тим, що для дорожніх транспортних засобів вибір шин можна проводити з більш ніж 70 виробників, а кількість виробників великогабаритних пневматичних шин значно менша. Тому вибір необхідної шини, спираючись на результати експертного висновку щодо встановленого дефекту, без врахування специфіки експлуатації на тому чи іншому родовищі дає неоднозначні результати [7].

Після того як в 1959 році компанія Michelin випустила першу радіальну шину для кар'єрних автосамоскидів розмірністю 18.00R25, вся видобувна промисловість стала з цікавістю стежити за досягненнями французьких інженерів. Сьогодні найбільші шини мають розмірність 59/80R63. Серійно їх випускають тільки два виробники – концерни Michelin і Bridgestone. Шина Michelin 59/80R63 XDR має надглибокий протектор, за рахунок чого виділяється значним терміном служби, але, відповідно, і високою ціною (близько \$ 60000). При цьому розробка нових великогабаритних шин здатних нести більше навантаження і мати більші розміри – в значній мірі обмежується існуючими матеріалами та технологіями виробництва.

Таким чином для кар'єрних автосамоскидів питання дефектів слід розглядати не з точки зору вибору виробника до умов експлуатації, а навпаки – створення відповідних умов для забезпечення відповідного ресурсу (ходи мості) великогабаритних пневматичних шин.

Одним з таких яскравих моментів є ймовірність появи дефектів залежно від напрямку транспортування вантажу – рух у завантаженому стані під час спуску чи підйому автосамоскиду (рис. 1 а, б) [8].

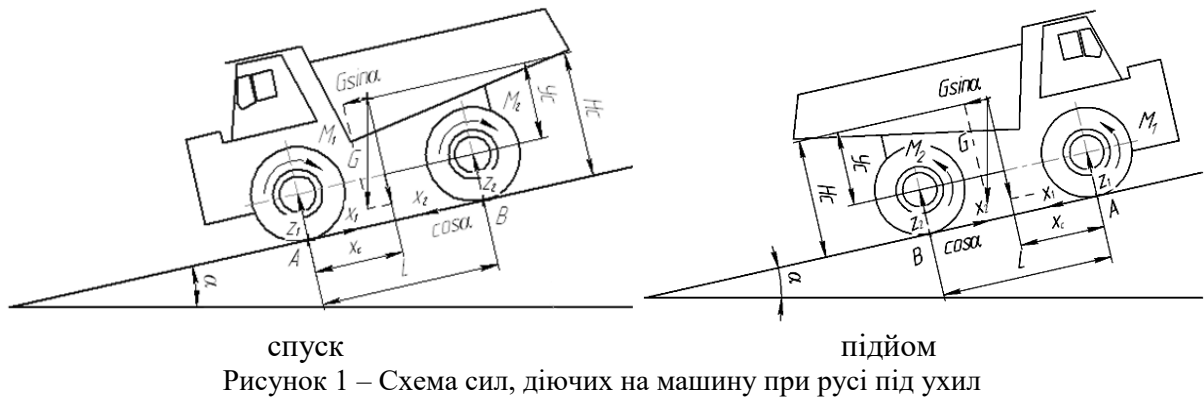


Рисунок 1 – Схема сил, діючих на машину при русі під ухил

Рівняння моментів відносно точки В (спуск) має вигляд:

$$z_1 \cdot L - G \cdot \sin \alpha \cdot H_c - G \cdot \cos \alpha \cdot (L - x_c) + M_1 + M_2 = 0, \quad (1)$$

Рівняння моментів відносно точки В (підйом):

$$-z_1 \cdot L + G \cdot \cos \alpha \cdot (L - x_c) - G \cdot \sin \alpha \cdot H_c + f \cdot G \cdot r_k = 0, \quad (2)$$

Рівняння моментів відносно точки А (спуск):

$$-z_2 \cdot L + G \cdot \sin \alpha \cdot H_c + G \cdot \cos \alpha \cdot x_c + M_1 + M_2 = 0, \quad (3)$$

Рівняння моментів відносно точки А (підйом):

$$z_2 \cdot L - G \cdot \cos \alpha \cdot x_c - G \cdot \sin \alpha \cdot H_c - M_1 - M_2 = 0, \quad (4)$$

Момент опору кочення визначається з виразу:

$$M = M_1 + M_2 = f \cdot G \cdot r_k \quad (5)$$

Провівши перетворення, отримали рівняння моментів відносно точки В

$$\text{спуск:} \quad z_1 = [9,8 \cdot G (\cos \alpha \cdot (L - x_c) - f \cdot r_k + \sin \alpha \cdot H_c)] / L, \quad (6)$$

$$\text{підйом:} \quad z_1 = [9,8 \cdot G (\cos \alpha \cdot (L - x_c) - \sin \alpha \cdot H_c + f \cdot r_k)] / L, \quad (7)$$

Рівняння моментів відносно точки А

$$\text{спуск:} \quad z_2 = [9,8 \cdot G (f \cdot r_k - \sin \alpha \cdot H_c + \cos \alpha \cdot x_c)] / L, \quad (8)$$

$$\text{підйом:} \quad z_2 = [9,8 \cdot G (\cos \alpha \cdot x_c + \sin \alpha \cdot H_c + f \cdot r_k)] / L, \quad (9)$$

де Z_1, Z_2 – навантаження на передню і задню вісь, кН; L – база, м; G – маса повна або власна кар’єрного самоскида, т; α – кут нахилу дороги, град; H_c – відстань від поверхні дороги до центру тяжіння, м; M_1, M_2 – моменти опору коченню коліс передньої і задньої осі, Нм; f – коефіцієнт опору коченню; r_k – радіус кочення колеса, м; x_c, y_c – координати центру тяжіння осі переднього (заднього) колеса самоскида, м. Коефіцієнт опору коченню постійних щелепневих доріг прийнято рівним 0,025.

На основі проведеного моделювання та аналізу результатів проведених досліджень [8] встановлено, що із збільшенням повздовжнього ухилу дороги від 0 до 10%, при русі завантаженого кар’єрного самоскида БелАЗ-75471 на підйом навантаження на задню вісь збільшується на 9,68%, порожнього – 10,62%, відповідно при русі униз перевантаження передньої осі становить відповідно 19,33 та 13,2%. Таким чином найбільше перевантаження сприймає саме передня вісь и відповідно шини передньої осі.

Такий розподіл зумовлений тим, що при русі порожнім, центр ваги зміщується уперед, і ззаду вісь розвантажується, а якщо врахувати, що там знаходиться 4 колеса, то на одне колесо припадає

навантаження значно менше від допустимого. Дані значення по перевантаженню будуть змінюватися в залежності від моделі самоскида, розміщенню центра ваги, значення коефіцієнта опору кочення. Крім того, слід враховувати, що саме передні колеса є керовані, а це безперечно збільшує навантаження на шини.

Однак питання ходимості великогабаритних шин залежить не лише від навантаження, сюди слід враховувати такі питання як:

1. температурний режим – залежить від швидкості руху, інтенсивності роботи, температури оточуючого середовища;

2. фракція та міцність матеріалу зовнішнього шару технологічних доріг.

На сьогодні зазначені питання не мають повного обсягу чітких математичних викладок і відповідно встановлених залежностей для створення належних інженерних рішень і тому потребують проведення подальших досліджень обов'язково в контексті комплексної системи «шина-умови експлуатації-ресурс/дефекти».

Висновки та подальші напрямки досліджень. З вищевикладеного матеріалу можна зробити наступний висновок, що експертне оцінювання пневматичних шин є вагомим інженерним досягненням та безумовно важливим з юридичної точки зору моментом під час спірних питань, які виникають у контексті виробник-споживач, водій-технічний відділ структурного підрозділу підприємства.

Однак всі ці результати не забезпечують вирішення одного з головних питань – забезпечення належної ходимості пневматичних шин. У зв'язку з цим доцільно розробити універсальну методику корегування режимів роботи (швидкість, відстань транспортування) або умов експлуатації (матеріал покриття, повздовжні ухили) кар'єрних самоскидів відносно технічних параметрів пневматичних шин.

1. Науково-технічна експертиза з питань втрати споживчих властивостей пневматичних шин. Міністерство інфраструктури України ДП «Державтотрансдипроєкт» http://www.insat.org.ua/phpfiles/services/vdipzste_dtz/4/ (дата звернення 26.09.2017). – Назва з екрану.

2. Техническая экспертиза шин и как она проводится?. – Режим доступу: <https://ascania-shina.com/articles/tehnikeskaja-ekspertiza-shin-i-kak-ona-provoditsja> (дата звернення 26.09.2017). – Назва з екрану.

3. Мариев П.Л. Карьерная техника ПО «БелАЗ»: Справочник / П.Л. Мариев, К.Ю. Анистратов. – М. : Горное дело, 2007. – 456 с.

4. Бакфиш К.П. Новая книга о шинах / К.П. Бакфиш, Х.С. Хайнц. - М.: 000 «Издательство Астрель» «:000 «Издательство АСТ», 2003. - 303 с.

5. Суворова О.Ф. Дефекты автомобильных шин / О.Ф. Суворова . - ООО «Ук «Татнефть – Нефтехим», ООО «НТЦ» «Кама», 2012. - 106с.

6. Почужевський О.Д. Доповнення класифікаційних ознак кар'єрних автосамоскидів як одного з типів гірничих машин / О.Д. Почужевський, Ю.Г. Горбачов // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 6. 2011. – С. 88–92.

7. Гигантские шины для карьерных самосвалов <http://maxi-exkavator.ru/articles/different/~id=1582> (дата звернення 26.09.2017). – Назва з екрану

8. Почужевський О.Д. Дослідження навантажень на великогабаритні шини колісних транспортних машин як пошук ресурсозберігаючих технологій на експлуатуючому підприємстві / О.Д. Почужевський // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» : зб. наук. пр. – Київ, 2015. – Вип. 2 (74). – С. 100–105.

REFERENCES

1. Scientific and technical expertise on the loss of consumer properties of pneumatic tires. Ministry of Infrastructure of Ukraine State Enterprise "State Automobile Transmission Project" Available at: http://www.insat.org.ua/phpfiles/services/vdipzste_dtz/4/ (accessed 26 September 2017).

2. Technical examination of tires and how is it conducted ? Available at: <https://ascania-shina.com/articles/tehnikeskaja-ekspertiza-shin-i-kak-ona-provoditsja> (accessed 26 September 2017).

3. Mariev P. & Anistratov K. (2007) Career engineering of PO "BelAZ": Reference book [Kar'ernaja tehnika PO «BelAZ»: Spravochnik]. Minsk, Gornoe delo. 456 p.

4. Bakfish K. & Heinz H. (2003) A new book about tires [Novaja kniga o shinah]. Moscow, 000 «Izdatel'stvo Astrel'» «:000 «Izdatel'stvo AСТ». 303 p.

5. Suvorova O. (2012) Defects of automobile tires [Defekty avtomobil'nyh shin]. ООО «Ук «Татнефть – Нефтехим», ООО «НТЦ» «Кама». 106 p.

6. Pochuzhevsky O. & Gorbachev Yu. (2011) Addition of classification marks of dump trucks as one of the types of mining machines [Dopovnennja klasifikacijnih oznak kar'ernih avtosamoskidiv jak odnogo z tipiv girnichih mashin]. Naukovij visnik Nacional'nogo gornichogo universitetu. Vol. 6. Dnipropetrovsk, pp. 88–92.

7. *Giant tires for quarry dumpers* Available at: <http://maxi-exkavator.ru/articles/different/~id=1582> (accessed 26 September 2017).

8. Pochuzhevsky O. (2015) *Investigation of loads on large-sized tires of wheeled vehicles as a search of resource-saving technologies at the operating enterprise* [Doslidzhennja navantazhen' na velikogabaritni shini kolisnih transportnih mashin jak poshuk resursozberigajuchih tehnologij na ekspluatujuchomu pidpriemstvi] Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu Ukraїni «Kiiivs'kij politehničnij institut». Vol. 2 (74). Kiiiv, pp. 100-105.

Почужевский О.Д., Веснин А.В., Кристопчук М.Е. Анализ вопроса экспертной оценки дефектов пневматических шин

Рассмотрены нормативные документы, которые являются основой для проведения экспертной оценки причин возникновения дефектов пневматических шин. Сформированы основные пять групп и подгрупп всех возможных неисправностей автотранспортных пневматических шин. Обоснована целесообразность проведения исследований ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов в плоскости рассмотрения комплексной системы «шина-условия эксплуатации ресурс/дефекты».

Ключевые слова: пневматические шины, дефекты, техническая экспертиза, нормативные документы, ресурс, крупногабаритные шины, карьерные автосамосвалы, нагрузки, условия эксплуатации.

O. Pochuzhevsky, A. Vesnin, M. Kristopchuk Analysis of questionnaire of experts evaluation of defects of pneumatic tires.

The normative documents, which are the basis for expert estimation of the cause of defects of pneumatic tires, are considered. The main five groups and subgroups of all possible malfunctions of motorized pneumatic tires have been formed. The expediency of conducting research of the resource of large-sized tires of dump trucks in the plane of consideration of the complex system «tire-conditions of exploitation-resource/defects» is substantiated.

Keywords: pneumatic tires, defects, technical expertise, regulatory documents, life, large tires, career dump trucks, loads, operating conditions.

АВТОРИ:

ПОЧУЖЕВСЬКИЙ Олег Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, ДВНЗ «Криворізький національний університет», e-mail: aaxforever@gmail.com

ВЕСНІН Артем Вячеславович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, ДВНЗ «Криворізький національний університет», e-mail: kaf.ptm@gmail.com

КРИСТОПЧУК Михайло Євгенович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу *Національний університет водного господарства та природокористування*, e-mail: km.transservice@gmail.com

АВТОРЫ:

ПОЧУЖЕВСКИЙ Олег Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, ДВНЗ «Криворожский национальный университет», e-mail: aaxforever@gmail.com

ВЕСНИН Артем Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта, ДВНЗ «Криворожский национальный университет», e-mail: kaf.ptm@gmail.com

КРИСТОПЧУК Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортных технологий и технического сервиса *Национальный университет водного хозяйства и природопользования*, e-mail: km.transservice@gmail.com

AUTHORS:

Oleg POCHUZHEVSKY, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Motor Transport, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», e-mail: aaxforever@gmail.com

Artem VESNIN, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Motor Transport, State institution of higher education «Kryvyi Rih National University», e-mail: kaf.ptm@gmail.com

Mikhail KRISTOPCHUK, Ph.D., Associate Professor, head of the department of transport technologies and technical services, National University of Water Management and Nature Management, e-mail: km.transservice@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 27.09.2017р.

Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Придюк В.М., Клак Ю.В.
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ЗРІВНОВАЖЕНИХ ДИСКРЕТНО ВИЗНАЧЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ПЛОСКИМ КРИВОЛІНІЙНИМ КОНТУРОМ

Задача створення моделей об'єктів машинобудування зі складною геометричною формою є одним із найбільш відповідальних етапів конструювання на виробництві, який погано піддається формалізації. Кожен конкретний випадок розробки криволінійної форми майбутнього виробу потребує від інженерів творчого підходу, обробки великої кількості можливих варіантів, залучення широкого кола висококваліфікованих спеціалістів, а прийняте рішення не завжди є оптимальним. Особливий практичний інтерес представляють моделі, сформовані на плоских опорних граничних контурах. Тому у даній роботі досліджено процеси дискретного формоутворення та розроблений метод дискретного геометричного моделювання зрівноважених криволінійних відсіків поверхонь на заданому плоскому криволінійному контурі за допомогою комплексу операцій над подвійними числовими послідовностями. Запропонована програмна реалізація розробленого методу та створено модуль автоматизованого проектування складних форм машинобудівних деталей.

Ключові слова: об'єкти машинобудування, складна геометрична форма, плоский опорний граничний контур, дискретне формоутворення, зрівноважений криволінійний відсік, комплекс операцій над подвійними числовими послідовностями, автоматизоване проектування.

Постановка проблеми. В умовах сучасного виробництва на підприємствах машинобудування різко зростають як складність, так і вимоги до зовнішніх форм проєктованих конструкторами промислових об'єктів. Маючи у своєму арсеналі цілий набір ефективних графічних пакетів, для інженерно-конструкторських служб заводів одним із основних завдань є і буде суттєве скорочення термінів підготовки виробництва, у тому числі за рахунок впровадження найсучасніших алгоритмів моделювання складних криволінійних форм [1].

Процес створення моделі зовнішньої геометричної форми будь-якого технічного виробу є одним із найбільш складних етапів, який погано піддається формалізації та аналогії. Тому кожен конкретний випадок розробки форм майбутнього виробу потребує творчого підходу, обробки великої кількості можливих варіантів, залучення широкого кола висококваліфікованих спеціалістів, а прийняте рішення не завжди є оптимальним.

Відтак, удосконалення існуючих методів моделювання, запровадження сучасних програмних продуктів для проектування просторових елементів машин, розробка швидкісних уніфікованих алгоритмів, які дозволяють враховувати різного роду вихідні умови та дають можливість ефективно коригувати як модель у цілому, так і окремі її ділянки є актуальним завданням для науковців.

Аналіз останніх досліджень. Процеси сучасного проектування криволінійних форм складних машинобудівних об'єктів вказують на те, що основною проблемою моделювання є відсутність простих, уніфікованих програмних модулів, які б забезпечували можливість ефективного врахування геометричних вимог до об'єктів, не були переобтяжені складним інтерфейсом, дозволяли просто генерувати сітку різної топології і щільності на поверхні деталі, давали можливість швидкого коригування геометрії потрібних ділянок за допомогою мінімальної кількості управляючих параметрів.

Вченими, що працюють у галузі прикладної геометрії, відпрацьовано цілу низку підходів до геометричного моделювання криволінійних двовимірних образів, які пов'язані або із неперервними, або із дискретними моделями об'єктів. На наш погляд, особливої уваги заслуговують методи дискретного геометричного моделювання, як найбільш прості та ефективні для алгоритмізації, для графічного представлення сформованих образів, для зручного управління їх геометрією.

Наприклад, розроблені у роботі [3] алгоритми дискретного моделювання зрівноважених сіток у тривимірному просторі статико-геометричним методом проф. С.М. Ковальова [2], підходи до раціональної дискретизації відсіків таких поверхонь із заданою точністю, дозволили створити програмний модуль для формування ескізних варіантів моделей на прикладі об'єктів машинобудування. Враховуючи і математичну простоту запропонованого підходу до формування дискретних сіток, і його уніфікованість, і нескладність комп'ютерної реалізації, і наявність можливостей для ефективного глобального та локального коригування моделі в процесі проектування, він має і ряд суттєвих недоліків: потреба у складанні та розв'язанні громіздких систем

лінійних рівнянь рівноваги, включення до моделі спеціальних алгоритмів раціональної дискретизації, потреба у використанні методів дискретної інтерполяції для згущення сітки каркасу.

Даних недоліків можна позбутися, якщо у якості моделюючого апарату застосувати адекватні статико-геометричному методу подвійні числові послідовності [5]. Відомо ряд робіт, у яких запропоновано алгоритми дискретного моделювання зрівноважених сіток із заданими граничними умовами апаратом числових послідовностей [6,7,10]. Моделі представлялися суперпозицією подвійних послідовностей, які інтерпретувалися як поверхні Кунса із лінійними або нелінійними функціями зміщення [8]. Саме завдяки ідеї застосування нелінійних функцій зміщення були отримані вільні геометричні параметри для ефективного управління формою сіток.

При практичній реалізації вищеназаних розроблених алгоритмів було виявлено, що вони не працюють, якщо опорний контур модельованих відсіків представлений у вигляді плоских зрівноважених кривих. Потрібний ще ряд додаткових операцій над подвійними числовими послідовностями для отримання дискретних моделей зрівноважених криволінійних поверхонь.

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є розробка методу дискретного геометричного моделювання криволінійних відсіків поверхонь на заданому плоскому криволінійному контурі за допомогою комплексу операцій над подвійними числовими послідовностями та програмна реалізація запропонованого методу для створення модуля проектування складних форм машинобудівних деталей.

Основна частина. Розроблений у роботах [4,9] спосіб формування зрівноважених замкнутих дискретно представлених кривих із заданими властивостями за допомогою системи одновимірних числових послідовностей виду:

$$\begin{cases} x_n = (1 - \frac{n}{N})x_0 + \frac{n}{N}x_N + \frac{n}{N} \sum_{v=1}^{N-1} \sum_{s=1}^v kP_s^x - \sum_{v=1}^{n-1} \sum_{s=1}^v kP_s^x, \\ y_n = (1 - \frac{n}{N})y_0 + \frac{n}{N}y_N + \frac{n}{N} \sum_{v=1}^{N-1} \sum_{s=1}^v kP_s^y - \sum_{v=1}^{n-1} \sum_{s=1}^v kP_s^y, \end{cases} \quad (1)$$

дав можливість отримати дискретні моделі 4 плоских кривих опорного контуру майбутньої криволінійної поверхні. У загальному вигляді кожен із дискретних моделей кривих, в залежності від кількості точок або членів одновимірних числових послідовностей у (1), можна подати виразом:

$$uk_{kk} = (1 - \frac{kk}{N})u_0 + \frac{kk}{N}u_N + \frac{kk}{N} \sum_{v=1}^{N-1} \sum_{s=1}^v (k \times P_s^u f(s)) - \sum_{v=1}^{kk-1} \sum_{s=1}^v (k \times P_s^u f(s)), \quad (2)$$

де u - узагальнена координатна змінна дискретної моделі кривої, k - номер кривої опорного контуру, kk - значення дискретної змінної у числовій послідовності, N - кількість членів одновимірної числової послідовності, u_0, u_N - крайові умови, $P_s^u f(s)$ - функціонально розподілене зовнішнє навантаження на вузли кривої.

Результатом обчислень є дискретна модель 4 плоских кривих майбутнього опорного контуру криволінійної поверхні (рис. 1).

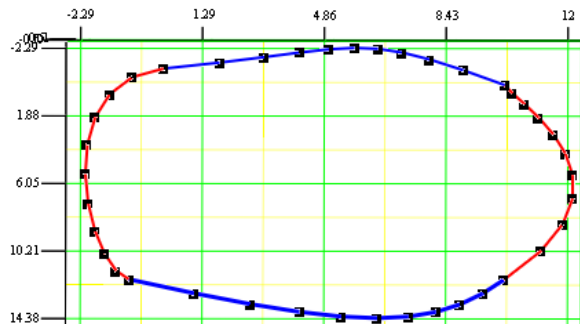


Рис. 1. Дискретна модель опорного контуру криволінійної поверхні

Другим етапом моделювання є формування для заданого опорного контуру плану сітки майбутньої криволінійної поверхні із нерівномірним кроком вузлів. Для цього формуємо по парі подвійних числових послідовностей для окремих координатних складових x і y , що описують дискретні моделі циліндроїдів побудованих на відповідних опорних контурах (2).

$$\begin{aligned} U1_{n,k} &= (u1_k) \left(1 - \frac{n}{(N-1)} \right) + (u3_k) \left(\frac{n}{(N-1)} \right), \\ U2_{n,k} &= (u2_n) \left(1 - \frac{k}{(N-1)} \right) + (u4_n) \left(\frac{k}{(N-1)} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

де U - узагальнена координатна складова вузлів циліндроїда, u - узагальнена координатна складова вузлів опорного контуру.

Ще одним необхідним елементом для побудови плану сітки є дискретна модель відсіку гіперболічного параболоїда, побудованого для кожної із координатних складових, у вигляді:

$$UG_{n,k} = (vg_0 + vg_1 \cdot \begin{pmatrix} \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{pmatrix}) \cdot \begin{pmatrix} \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де vg, ng - узагальнені координатні складові граничних вузлів опорних контурів гіперболічного параболоїда.

План сітки вузлів формованої криволінійної поверхні через окремі координатні складові можна подати у вигляді:

$$U_{n,k} = U1_{n,k} + U2_{n,k} - UG_{n,k}, \quad (5)$$

наочне зображення якої наведено на рис.2.

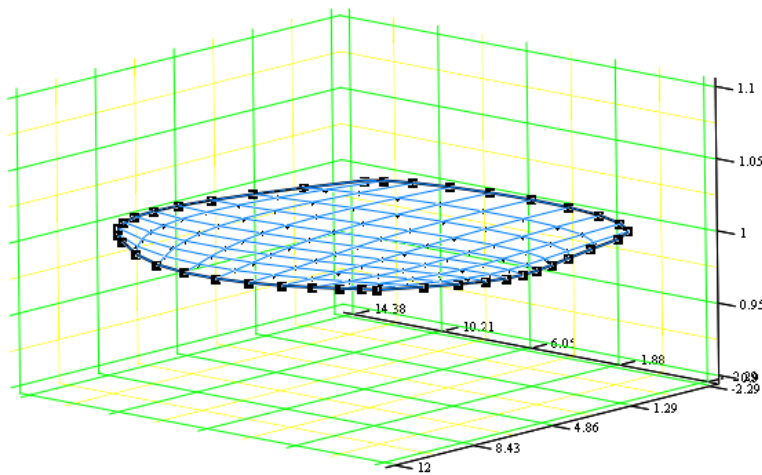


Рис. 2. Дискретна модель плану сітки із нерівномірним кроком вузлів

Третій етап – формування числової послідовності для координатної складової Z , тобто створення дискретної моделі криволінійної поверхні із заданими вихідними умовами. Цей етап специфічний, оскільки з одного боку його не можна проводити керуючись принципом формування криволінійних поверхонь за Кунсом із-за геометрії плоских опорних контурів поверхні, а з іншого боку - він пов'язаний із відсутністю вільних додаткових параметрів для управління процесу формування внутрішніх вузлів дискретної моделі поверхні. Відсутність вільних додаткових параметрів для керування геометрією формоутворення, як зазначалося у роботах [6,10,11], прямо зв'язана із підходом до комплексного використання операцій над подвійними числовими

послідовностями, де кожна із послідовностей геометрично інтерпретувалася як лінійчата поверхня виду:

$$ZS_{n,k} = (a_0 + a_1k + a_2k^2 + \dots + a_s k^s) \alpha_0(n) + (b_0 + b_1k + b_2k^2 + \dots + b_s k^s) \alpha_1(n), \quad (6)$$

де $\alpha_0(n)$ і $\alpha_1(n)$ - є лінійними функціями зміщення крайових умов, які не мають вільних параметрів для забезпечення можливостей врахування додаткових вихідних умов моделювання.

Якщо ж функції зміщення вибрати нелінійними, наприклад, у вигляді поліномів загального виду (7), то можна отримати множину вільних параметрів $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_p$ як для врахування різного роду вихідних умов, так і для забезпечення вимоги проходження дискретної моделі криволінійної поверхні через заданий плоский опорний контур.

$$\alpha_n^{0,1} = 1 - \frac{\beta_1 n}{(N-1)} - \frac{\beta_2 n^2}{(N-1)^2} \dots - \frac{\beta_p n^p}{(N-1)^p} \quad (7)$$

Процес формування подвійних числових послідовностей координатної складової Z із нелінійними функціями зміщення побудований наступним чином.

Будуємо дискретну модель криволінійної поверхні на кривих $z1, z3$ опорного контуру числовою послідовністю (8), наочне зображення якої наведено на рис.3:

$$Z1_{n,k} = (z3_k) \left(1 - \frac{\beta_1 n}{(N-1)} - \frac{\beta_2 n^2}{(N-1)^2} \dots - \frac{\beta_p n^p}{(N-1)^p} \right) + (z1_k) \left(\frac{n}{(N-1)} \right) \quad (8)$$

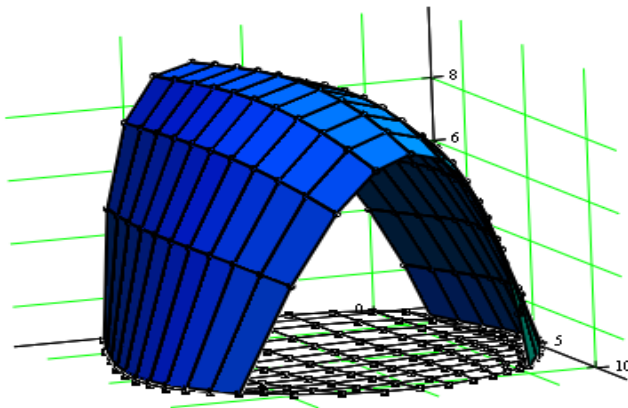


Рис. 3. Дискретна модель поверхні напрямку n

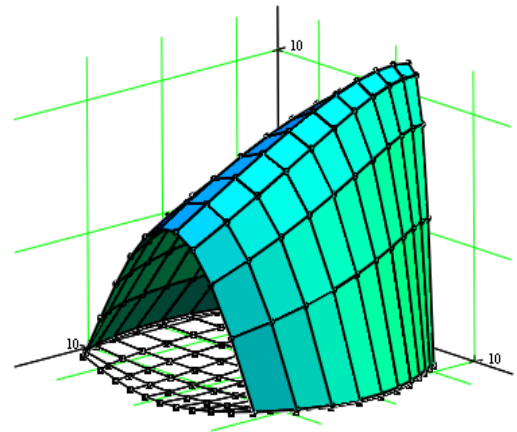


Рис. 4. Дискретна модель поверхні напрямку k

Для опорних кривих $z2, z4$ з нелінійною функцією зміщення $\alpha(k)$ подвійна числова послідовність (9) змодує дискретну модель криволінійної поверхні іншого напрямку (рис. 4).

$$Z2_{n,k} = (z4_n) \left(1 - \frac{\alpha_1 k}{(N-1)} - \frac{\alpha_2 k^2}{(N-1)^2} \dots - \frac{\alpha_p k^p}{(N-1)^p} \right) + (z2_n) \left(\frac{k}{(N-1)} \right) \quad (9)$$

Оскільки нелінійні функції зміщення у виразах (8) і (9), забезпечуючи виконання заданих відповідних протилежних крайових умов, вносять зміни до крайових умов іншого напрямку, необхідно стабілізувати їх вплив на формування кінцевої моделі. Таку стабілізацію можна забезпечити комплексом подвійних числових послідовностей. Перша пара подвійних числових послідовностей (10) є дискретними моделями криволінійних поверхонь із твірними, що на двох із трьох координатних площинах є прямими лініями:

$$Z1k_{n,k} = (z3_k) \left(1 - \frac{n}{(N-1)} \right) + (z1_k) \left(\frac{n}{(N-1)} \right)$$

$$Z2k_{n,k} = (z4_n) \left(1 - \frac{k}{(N-1)} \right) + (z2_n) \left(\frac{k}{(N-1)} \right) \tag{10}$$

наочне зображення яких наведено на рис. 5 та 6.

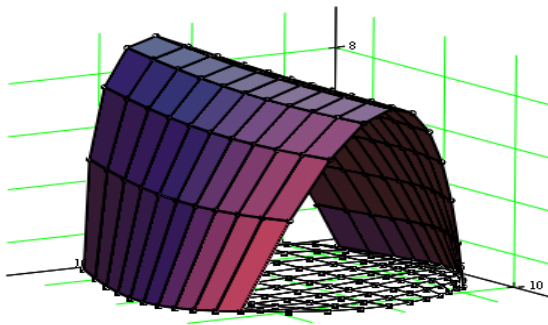


Рис. 5. 1-а стабілізуюча поверхня напрямку *n*

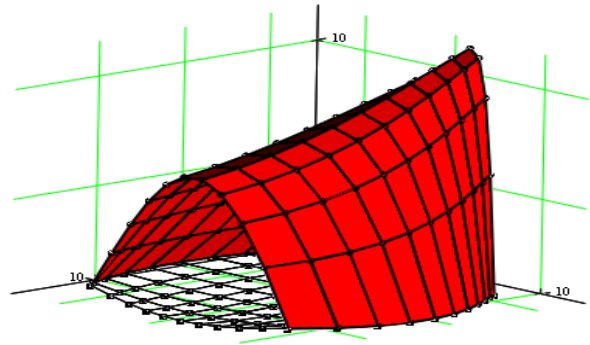


Рис. 6. 1-а стабілізуюча поверхня напрямку *k*

Друга пара подвійних числових послідовностей (11) є дискретними моделями криволінійних поверхонь, побудованих на базових кривих нелінійних функцій зміщення $\beta(n)$ і $\alpha(k)$.

$$Z11k_{n,k} = \left(1 - \frac{k}{(N-1)} \right) \left(1 - \frac{\beta_1 n}{(N-1)} - \dots - \frac{\beta_p n^p}{(N-1)^p} + \frac{n}{(N-1)} \right) + \left(\frac{k}{(N-1)} \right) \left(1 - \frac{\beta_1 n}{(N-1)} - \dots - \frac{\beta_p n^p}{(N-1)^p} + \frac{n}{(N-1)} \right)$$

$$Z22k_{n,k} = \left(1 - \frac{n}{(N-1)} \right) \left(1 - \frac{\alpha_1 k}{(N-1)} - \dots - \frac{\alpha_p k^p}{(N-1)^p} + \frac{k}{(N-1)} \right) + \left(\frac{n}{(N-1)} \right) \left(1 - \frac{\alpha_1 k}{(N-1)} - \dots - \frac{\alpha_p k^p}{(N-1)^p} + \frac{k}{(N-1)} \right) \tag{11}$$

Наочне зображення дискретних моделей наведено на рис. 7 та 8.

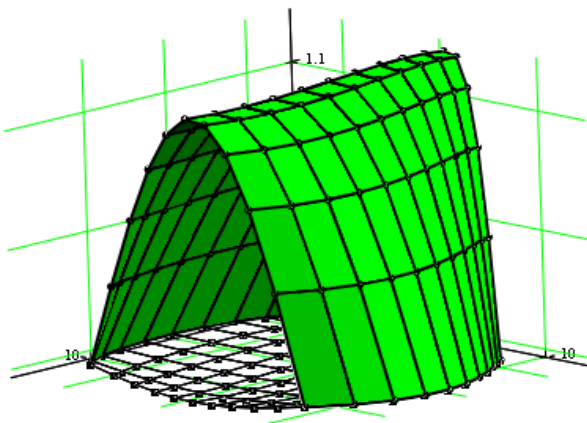


Рис. 7. 2-а стабілізуюча поверхня напрямку *n*

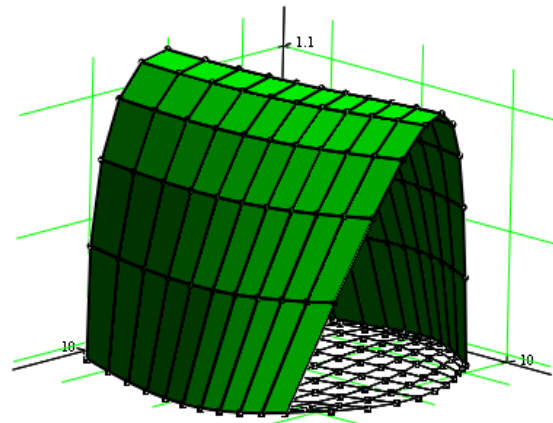


Рис. 8. 2-а стабілізуюча поверхня напрямку *k*

Оскільки у процесі моделювання координатної складової Z приймало участь три пари дискретно представлених поверхонь, описаних подвійними числовими послідовностями (8-11), ще одним обов'язковим елементом є послідовність, що представляє дискретну модель відсіку гіперболічного параболоїда, побудованого на базових граничних точках заданого опорного контуру.

В результаті дискретна модель поверхні координатної складової Z буде суперпозицією вище представлених подвійних числових послідовностей і матиме вигляд:

$$Z_{n,k} = Z1_{n,k} + Z2_{n,k} - Z1k_{n,k} - Z2k_{n,k} - Z11k_{n,k} - Z22k_{n,k} + 3 \bullet \quad (12)$$

А кінцеву дискретну модель шуканої криволінійної поверхні із заданим плоским криволінійним контуром можна представити системою подвійних числових послідовностей виду:

$$\begin{cases} X_{n,k} = X1_{n,k} + X2_{n,k} - XG_{n,k}, \\ Y_{n,k} = Y1_{n,k} + Y2_{n,k} - YG_{n,k}, \\ Z_{n,k} = Z1_{n,k} + Z2_{n,k} - Z1k_{n,k} - Z2k_{n,k} - Z11k_{n,k} - Z22k_{n,k} + 3 \bullet \end{cases} \quad (13)$$

наочна інтерпретація якої наведена на рис. 9 і геометрично представляється операціями над різними видами двовимірних сіток. У такій моделі вихідні умови процесу формування можна враховувати за рахунок вільних параметрів нелінійних функцій зміщення $\alpha(k)$ і $\beta(n)$.

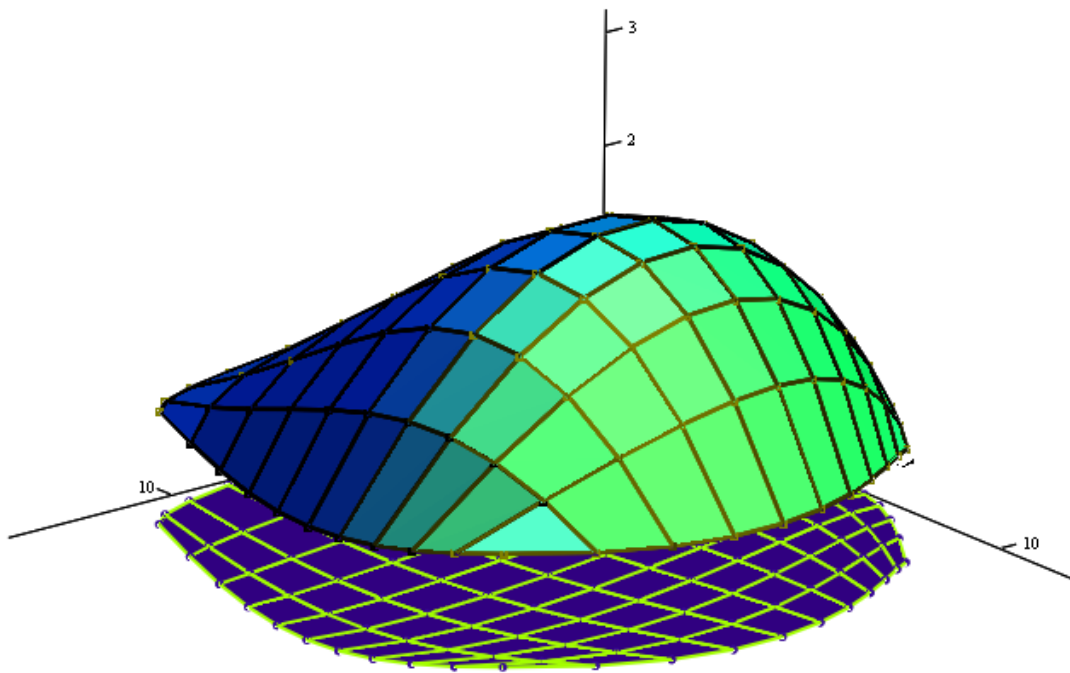


Рис. 9. Дискретна модель поверхні із заданою геометрією на плоскому опорному контурі

Ще однією важливою процедурою, у відповідності до основної вимоги статико-геометричного методу моделювання, є приведення вузлів сформованої дискретної сітки до рівноваги. У роботах [5,10] реалізація рівноваги вузлів дискретної моделі виконувалась на основі скінченно-різницевого оператора (14) і потребувала знаходження громіздких виразів подвійних числових послідовностей у околі центрального вузла апроксимаційної схеми відповідного диференційного рівняння.

$$\begin{cases} Px_{n,k} = 4X_{n,k} - X_{n-1,k} - X_{n+1,k} - X_{n,k-1} - X_{n,k+1}, \\ Py_{n,k} = 4Y_{n,k} - Y_{n-1,k} - Y_{n+1,k} - Y_{n,k-1} - Y_{n,k+1}, \\ Pz_{n,k} = 4Z_{n,k} - Z_{n-1,k} - Z_{n+1,k} - Z_{n,k-1} - Z_{n,k+1}. \end{cases} \quad (14)$$

Враховуючи взаємозв'язок між скінченно-різницевоими рівняннями статико-геометричного методу, складовими зусиль у вузлах формованих дискретних сіток та неперервним представленням відповідних обчислювальних шаблонів, виокремлення функцій координатних складових зовнішнього

формоутворюючого навантаження пропонується проводити шляхом подвійного диференціювання окремих рівнянь системи подвійних числових послідовностей (13).

Висновки. У представленій роботі досліджено процеси дискретного формоутворення та розроблений метод дискретного геометричного моделювання зрівноважених криволінійних відсіків поверхонь на заданому плоскому криволінійному контурі за допомогою комплексу операцій над подвійними числовими послідовностями. Запропонована програмна реалізація розробленого методу та створено модуль автоматизованого проектування складних форм машинобудівних деталей.

1. Лигун А. Асимптотические методы восстановления кривых. / А. Лигун, А. Шумейко ; Институт математики - Киев, 1997. – 357 с.
2. Ковалев С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций. Дисс. докт. техн. наук: 05.01.01 / Ковалев Сергей Николаевич; – Москва, 1986. – 348 с.
3. Пустюльга С.І. Дискретне визначення геометричних об'єктів числовими послідовностями. Дис. докт. техн. наук. 05.01.01. / Пустюльга Сергій Іванович; Київ: КНУБА, 2006. – 320с.
4. Пустюльга С.І. Дискретне геометричне моделювання зрівноважених замкнутих кривих числовими послідовностями. / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак, А.А. Хомич // Наукові нотатки ЛНТУ. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. Вип.31. - С. 295-298.
5. Пустюльга С.І. Формування подвійних числових послідовностей для моделювання ДВП при заданих початкових умовах. // Прикладна геометрія та інженерна графіка.- К., 2005, Вип.75, С. 146-151.
6. Пустюльга С.І. Вплив крайових умов на формування зрівноважених двовимірних образів числовими послідовностями / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян // Прикладна геометрія та інженерна графіка. - К., 2008, Вип.79, С. 57-62.
7. Пустюльга С.І. Моделювання зрівноважених дискретно представлених криволінійних поверхонь із заданими крайовими умовами числовими послідовностями. / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян // Прикладна геометрія та інженерна графіка: - К., 2009. - Вип. 82. – С. 208-214.
8. Пустюльга С.І. Дискретне моделювання зрівноважених сіток числовими послідовностями з нелінійними функціями зміщення. / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, А.А. Хомич // Прикладна геометрія та інженерна графіка: - К., 2010. - Вип. 86. – С. 316-320.
9. Пустюльга С.І. Формування дискретних моделей зрівноважених замкнутих кривих за заданими вимогами математичним апаратом числових послідовностей. / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, А.А. Хомич // Наукові нотатки ЛНТУ. – Луцьк: ЛНТУ, 2013. - Вип. 41. - С. 144-147.
10. Пустюльга С.І. Дискретне моделювання зрівноважених криволінійних сіток, з нерівномірним кроком вузлів, суперпозицією подвійних числових послідовностей. / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, А.А. Хомич // Прикладна геометрія та інженерна графіка: - К., 2013. - Вип. 91. – С. 219-225.
11. Пустюльга С.І. Дискретне моделювання криволінійних сіток із заданими крайовими умовами на трикутному плані суперпозицією числових послідовностей. / С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, А.А. Хомич // Науковий журнал “Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті” – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. - Вип. 3(7). - С. 109-116.

REFERENCES

1. Ligon A., & Shumejko A. (1997). Asimptoticheskie metody vosstanovleniya krivykh [Asymptotic methods for reconstructing curves]. Kiev Institut matematiki [in Ukrainian].
2. Kovalev S.N. (1986). Formirovanie diskretnykh modelej poverhnošej prostranstvennykh arhitekturnykh konstruksij [Formation of discrete models of surfaces of spatial architectural structures]. Doctor's thesis. Moskva [in Russia].
3. Pustyl'ga S.I. (2006). Diskretne viznachennya geometrichnih ob'ektiv chislovimi poslidovnostyami [Discrete viznachennya geometric ob'ektiv number of successions]. Doctor's thesis. Kii'v: KNUBA, [in Ukrainian].
4. Pustyl'ga S.I., Samostyan V.R., Klak Yu.V., & Homich A.A. (2011). Diskretne geometrichne modelyuvannya zrivnovazhenih zamknutih krivykh chislovimi poslidovnostyami [Discrete geometric modeling of equilibrium closed curves with numerical sequences]. *Naukovi notatki LNTU - scientific notes LNTU*. 31, 295-298, [in Ukrainian].
5. Pustyl'ga S.I. (2005). Formuvannya podvijnih chislovih poslidovnostey dlya modelyuvannya DVP pri zadanih pochatkovih umovah [Formation of double numerical sequences for FPD modeling under given initial conditions]. *Prikladna geometriya ta Inzhenerna grafika - Applied geometry and engineering graphics*. 75, 146-151, [in Ukrainian].
6. Pustyl'ga S.I. & Samostyan V.R. (2008). Vpliv krayovih umov na formuvannya zrivnovazhenih dvovimirnih obraziv chislovimi poslidovnostyami [Influence of boundary conditions on the formation of balanced two-dimensional images by numerical sequences]. *Prikladna geometriya ta Inzhenerna grafika - Applied geometry and engineering graphics*.79, 57-62, [in Ukrainian].
7. Pustyl'ga S.I. & Samostyan V.R. (2009). Modelyuvannya zrivnovazhenih diskretno predstavlenih krivoliniy nih poverhon iz zadanimi krayovimi umovami chislovimi poslidovnostyami [Simulation of equilibrium discretely presented curvilinear surfaces with given boundary conditions by numerical sequences]. *Prikladna geometriya ta Inzhenerna grafika - Applied geometry and engineering graphics*, 82, 208-214, [in Ukrainian].
8. Pustyl'ga S.I. Samostyan V.R. & Homich A.A.(2010). Diskretne modelyuvannya zrivnovazhenih sitok chislovimi poslidovnostyami z nelinijnimi funktsiyami zmischennya [Discrete simulation of equilibrium networks with numerical sequences with nonlinear displacement functions]. *Prikladna geometriya ta Inzhenerna grafika - Applied geometry and engineering graphics*. 86, 316-320, [in Ukrainian].

9. Pustyl'ga S.I. Samostyan V.R. & Homich A.A.(2013). Formuvannya diskretnih modeley zrivnovazhenih zamknutih krivih za zadanimi vimogami matematichnim aparatom chislovih poslidovnostey [Formation of discrete models of equilibrium closed curves according to the given requirements by mathematical apparatus of numerical sequences]. *Naukovi notatki LNTU - scientific notes LNTU*, 41, 144-147, [in Ukrainian].

10. Pustyl'ga S.I. Samostyan V.R. & Homich A.A.(2013). Diskretne modelyuvannya zrivnovazhenih krivolinylnih sitok, z nerivnomirnim krokom vuzliv, superpozitsiyu podviynih chislovih poslidovnostey [Discrete modeling of equilibrium curvilinear nets, with uneven step of knots, superposition of double numerical sequences]. *Prikladna geometriya ta Inzhenerna grafika - Applied geometry and engineering graphics*. 91, 219-225, [in Ukrainian].

11. Pustyl'ga S.I. Samostyan V.R. & Homich A.A.(2016). Diskretne modelyuvannya krivolinylnih sitok iz zadanimi krajovimi umovami na trikutnomu plani superpozitsiyu chislovih poslidovnostey [Discrete modeling of curvilinear nets with given boundary conditions on a triangular plan by a superposition of numerical sequences]. *Suchasni tehnologiyi v mashinobuduvanni ta transporti - Advances in Mechanical Engineering and Transport*. 3(7), 109-116, [in Ukrainian].

Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Придюк В.М., Клак Ю.В. Моделирование равновесных дискретно определенных поверхностей с плоским криволинейным контуром.

Задача создания моделей объектов машиностроения со сложной геометрической формой является одним из самых ответственных этапов конструирования на производстве, который плохо поддается формализации. Каждый конкретный случай разработки криволинейной формы будущего изделия требует от инженеров творческого подхода, обработки большого количества возможных вариантов, привлечения широкого круга высококвалифицированных специалистов, а принятое решение не всегда является оптимальным. Особый практический интерес представляют модели, сформированные на плоских опорных граничных контурах. Поэтому в данной работе исследованы процессы дискретного формообразования и разработан метод дискретного геометрического моделирования равновесных криволинейных отсеков поверхностей на заданном плоском криволинейном контуре с помощью комплекса операций над двойными числовыми последовательностями. Предложена программная реализация разработанного метода и создан модуль автоматизированного проектирования сложных форм машиностроительных деталей.

Ключевые слова: объекты машиностроения, сложная геометрическая форма, плоский опорный предельный контур, дискретное формообразование, равновесный криволинейный отсек, комплекс операций над двойными числовыми последовательностями, автоматизированное проектирование.

S. Pustyl'ha, V. Samostian., V. Prydiuk, Yu. Klak. Modeling of equilibrium discrete surfaces with a flat curvilinear contour.

The task of creating models of machine building objects with a complex geometric shape is one of the most crucial stages of designing in production, which is difficult to formalize. Each concrete case of development of the curvilinear form of the future product requires from the engineers a creative approach, processing a large number of possible options, attracting a wide range of highly qualified specialists, and the decision taken is not always optimal. Of particular practical interest are models formed on flat reference boundary contours. Therefore, in this paper we investigate the processes of discrete shape formation and develop a method for discrete geometric modeling of equilibrium curvilinear compartments of surfaces on a given plane curvilinear contour using a complex of operations on double numerical sequences. The program implementation of the developed method is offered and the module of the automated designing of complex forms of machine-building details is created.

Key words: mechanical engineering objects, complex geometric shape, flat reference limit contour, discrete shape formation, equilibrium curvilinear compartment, complex of operations on double numerical sequences, computer-aided design.

АВТОРИ:

ПУСТЮЛЬГА Сергій Іванович, доктор технічних наук, професор кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, декан МБФ, Луцький національний технічний університет e-mail: mbf.dec@gmail.ru.

САМОСТЯН Віктор Русланович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, Луцький національний технічний університет e-mail: cvmbf@ukr.net.

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет e-mail: pred.mbf@gmail.com.

КЛАК Юрій Володимирович, асистент кафедри інженерної та комп'ютерної графіки, Луцький національний технічний університет e-mail: uklak@i.ua

АВТОРЫ:

ПУСТЮЛЬГА Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры инженерной и компьютерной графики, декан МСФ, Луцкий национальный технический университет e-mail: mbf.dec@gmail.ru

САМОСТЯН Виктор Русланович, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, Луцкий национальный технический университет e-mail: cvmbf@ukr.net.

ПРИДЮК Валентин Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий национальный технический университет e-mail: pred.mbf@gmail.com.

КЛАК Юрий Владимирович, ассистент кафедры инженерной и компьютерной графики, Луцкий национальный технический университет e-mail: uklak@i.ua

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@gmail.ru

Viktor SAMOSTIAN, Ph.D in Engineering, associate professor of engineering and computer graphics department, Lutsk National Technical University e-mail: cvmbf@ukr.net.

Valentyn PRYDIUK, Ph.D in Engineering, associate professor of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: pred.mbf@gmail.com.

Yuri KLAК, assistant of engineering and computer graphics department, Lutsk National Technical University e-mail: uklak@i.ua

Стаття надійшла в редакцію 07.10.2017р.

Ройко Ю.Я., Бура Р.Р., Швець Б.В., Харчишин Т.Б.
Національний університет «Львівська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ЗАТРИМКИ В РУСІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ЗІ ЗНАЧНОЮ ЧАСТКОЮ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянуто питання формування затримки в русі транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міст зі щільною забудовою у складі яких є значна частка громадського транспорту (автобусів, тролейбусів та трамваїв) та можливі конфлікти, які виникають в межах зупинних пунктів. Особливу увагу зосереджено на таких питаннях, як низька технічна швидкість громадського транспорту, тривалість часу на посадку-висадку пасажирів, формування черги транспортних засобів в межах зупинних пунктів міського громадського транспорту та процес їх роз'їзду. Проаналізовано чинники, які впливають на виникнення та тривалість затримки, зокрема планувальні параметри проїзної частини, способи регулювання дорожнього руху, інтенсивність та склад транспортного потоку, психофізіологічні особливості водіїв тощо.

Ключові слова: транспортний потік, вулично-дорожня мережа, швидкість руху, міський громадський транспорт, затримка руху, інтенсивність транспортного потоку, склад транспортного потоку.

Постановка проблеми. Мінімізація затримки руху транспортних потоків є важливим завданням, що виникає перед організаторами руху поряд із проблематикою забезпечення безпеки руху, яка є однією із його (руху) цільових функцій. Другою цільовою функцією є швидкість, яка багато в чому залежить від затримки [1–4]. Затримка руху є показником, який має особливе значення під час оцінки стану дорожнього руху. До затримок слід відносити втрати часу на всі вимушені зупинки транспортних засобів не лише перед перехрестями, залізничними переїздами, під час заторів на перегонах, але також пониження швидкості транспортного потоку у порівнянні із середньою швидкістю вільного руху на ділянці вулиці або дороги за звичайних умов [1,2,4,10]. Затримка в русі залежить від рівня завантаження проїзної частини (визначається відношенням інтенсивності руху до пропускної здатності), складу транспортного потоку, геометричних та планувальних особливостей вулично-дорожньої мережі, способу регулювання руху, погодних умов та психофізіологічних особливостей поведінки водія [1,2,5–9].

Метою роботи є аналіз безпеки руху та затримки, яка виникає у транспортних потоках на вулично-дорожній мережі міст залежно від частки громадського транспорту, в тому числі врахування специфічного випадку, коли у загальній структурі автотранспортного потоку здійснюють рух трамваї.

Результати досліджень. У цій роботі проведено аналіз затримки руху на вулицях міста, де у складі транспортного потоку є велика частка громадського транспорту. Об'єктом дослідження є вулично-дорожня мережа міста Львова. Виділимо основні особливості цієї мережі, які мають значний вплив на затримку руху:

- невелика частка вулиць з багатосмуговою проїзною частиною від загальної протяжності транспортної мережі;
- понад 90% протяжності трамвайної мережі знаходиться в межах вулиць, де рухаються автотранспортні потоки;
- немає вулиць де передбачено рух лише громадського транспорту;
- горбистий рельєф у центральній частині міста;
- висока щільність вулично-дорожньої мережі у центральній частині міста;
- радіальна схема вулично-дорожньої мережі із слабо розвинутими кільцями.

Проведемо аналіз наведених особливостей. За відсутності багатосмуговості затримка в русі транспортних потоків спричинена низькою середньою технічною швидкістю автобусів та тролейбусів (30–35 км/год). Така її величина зумовлена незадовільним технічним станом рухомого складу, а також тим, що водії здійснюють продаж квитків під час руху. Транспортні засоби, які рухаються за автобусом, тролейбусом або трамваем за відсутності багатосмуговості та високої інтенсивності транспортного потоку зустрічного напрямку часто не мають можливості здійснити обгін. У результаті цього утворюється колона автомобілів. Такі транспортні потоки характеризуються відомою теорією “руху за лідером”, яка використовується для дослідження локальної та асимптотичної стійкості руху потоків автомобілів після внесення збурення в нього (сповільнення або прискорення) та для оцінки безпеки руху. Також дуже часто за багатосмуговою проїзною частини крайні праві смуги є запаркованими, що змушує транспортні потоки виконувати маневр зміни смуги

руху, за якого часто виникає так званий інтервал слідування при накладанні динамічних габаритів автомобілів.

Суттєвий вплив на стан транспортного потоку мають трамваї. Вони є позавуличним транспортним засобом, проте у місті Львові, за винятком кількох ділянок, рухаються у загальній структурі транспортного потоку. За результатами досліджень середня технічна швидкість трамвая становить 20–25 км/год, що зумовлено його динамічними габаритами та поганим станом трамвайних колій. Враховуючи рельєф місцевості при цьому, затримка в русі транспортних потоків збільшується.

Часто шляхом зменшення затримки в русі транспортних потоків є виокремлення окремих вулиць або напрямків на них, де передбачено рух лише громадського транспорту. Для цього необхідні багатосмугові вулиці (виділяються окремі смуги громадського транспорту) та висока щільність транспортної мережі, що у місті Львові, де вулично-дорожня мережа склалася історично, є рідкістю.

Багато міських вулиць, в тому числі магістральних, мають ухили, що збільшує затримки руху, особливо в зонах перехресть, пішохідних переходів та зупинок громадського транспорту.

Висока щільність вулично-дорожньої мережі у центральній частині міста сприяє утворенню затримок в межах перехресть та пішохідних переходів.

Рух за головним напрямком на нерегульованих перехрестях забезпечується практично без зупинок. На другорядному напрямку водій, який немає пріоритетного права проїзду, вимушений очікувати появи прийнятної для нього інтервалу часу між транспортними засобами на головному напрямку. У діапазоні мінімальних значень прийнятних інтервалів знаходиться граничний інтервал часу, який визначається з умови, що він з однаковою ймовірністю може бути прийнятий або знехтуваний водієм. Граничний інтервал залежить від багатьох чинників (тип та стан дорожнього покриття, ухил перед перехрестям, динамічних особливостей транспортного засобу, часу реакції водія), але передусім від виду маневру, який здійснює автомобіль, що виїжджає на перехрестя з другорядного напрямку. За даними досліджень під час перетину двосмугової вулиці такий граничний інтервал знаходиться в межах 6–8 с, під час повороту ліворуч 10–13 с, під час повороту праворуч 4–7 с.

Динаміка руху транспортного потоку в межах нерегульованих пішохідних переходів залежить від інтенсивності пішоходів через перехід та відстані між нерегульованими пішохідними переходами, або переходом і найближчим перехрестям.

Затримка на регульованих перехрестях та пішохідних переходах залежить від режиму роботи світлофорної сигналізації і виникає у результаті дії заборонного сигналу. Її величина визначається трьома складовими. Перша – визначає затримку під час регулярного прибуття автомобілів до перехрестя; друга – враховує випадковий характер прибуття і отримана на основі теорії масового обслуговування, що дозволяє визначити середню затримку в певному напрямку, який є одноканальною системою обслуговування, куди підходить потік заявок з постійною інтенсивністю; третя є коректуючим членом який дозволяє врахувати похибку під час розрахунку затримки за першими двома складовими і визначається експериментально, враховуючи відношення транспортних засобів, які були зупинені на стоп лінії під час горіння заборонного сигналу, до кількості транспортних засобів, які проїхали перехрестя за час горіння дозволяючого сигналу, що рівний за тривалістю заборонному.

Радіальна схема вулично-дорожньої мережі, радіани (магістральні вулиці) якої не зв'язані між собою повними кільцями, сприяє концентрації транспортних потоків у центральній частині міста, яка є своєрідним трансферним вузлом, зменшенню середніх швидкостей руху транспортних засобів, виникненню затримок та заторів у русі.

Наявність і характер цих особливостей набувають ускладнення зі збільшенням неоднорідності транспортного потоку, яка у місті зумовлена збільшенням частки громадського транспорту в загальній структурі потоку та під час здійснення ним технологічних зупинок, зумовлених посадкою-висадкою пасажирів на зупинках, як облаштованих заїзними кишнями, так і на необлаштованих. Виникають ділянки сповільнення та затримки транспортного потоку, де відбуваються значні втрати часу та виникають конфліктні зони та точки. Графічна інтерпретація таких ділянок та зон наведена на рис. 1.

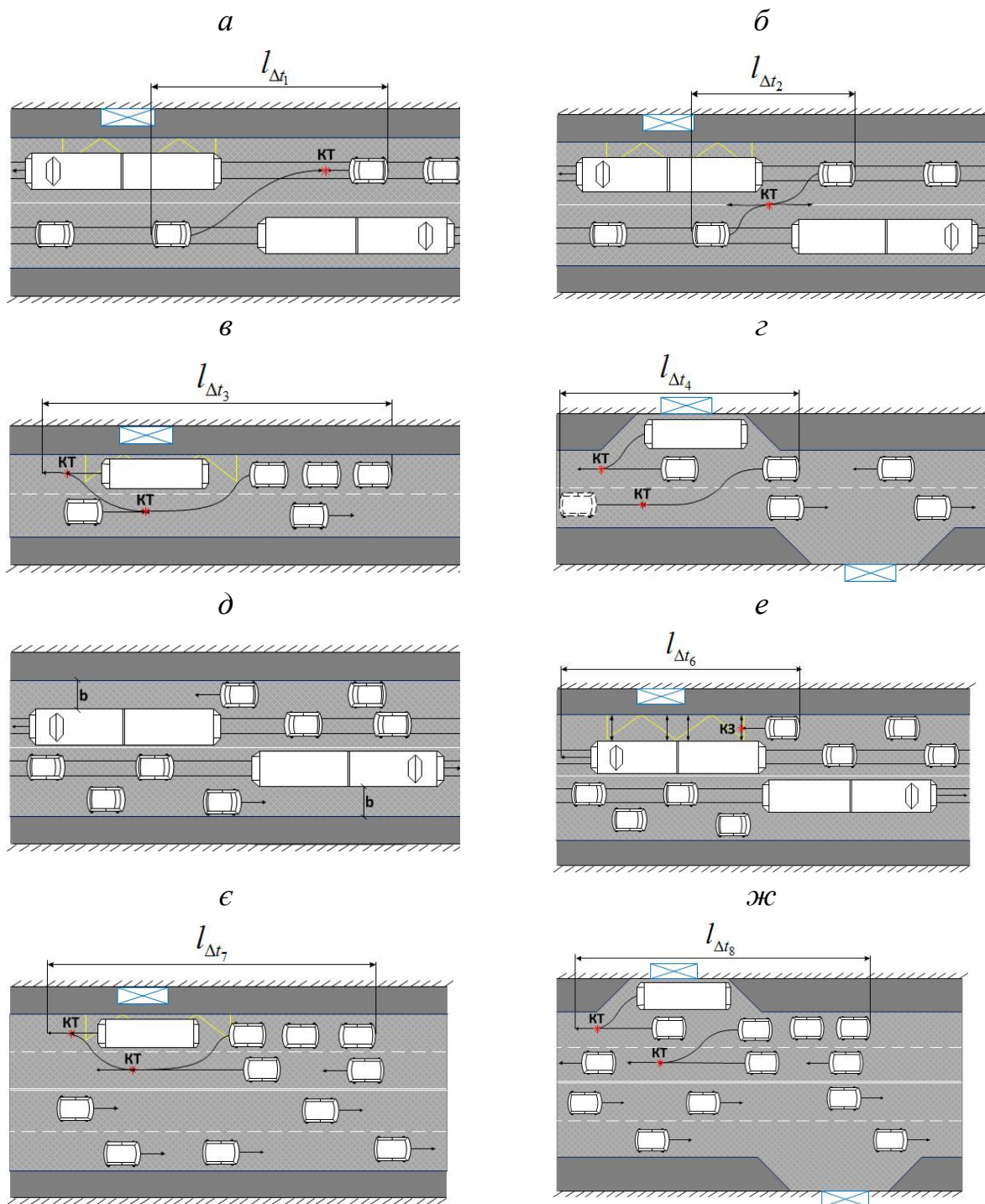


Рис. 1. Зони затримки та конфліктних ситуацій, які можуть виникати під час руху громадського транспорту в межах зупинних пунктів: b – відстань від бордюрного каменя до трамвая; l_{Δ_i} – ділянка, на якій розглядається затримка руху; i – номер ділянки; КТ – конфліктна точка (місце потенційної зустрічі транспортних засобів); КЗ – конфліктна зона (місце потенційної зустрічі транспортних засобів та пішоходів)

У першу чергу розглянемо утворення ділянок затримки руху та конфліктних зон на вулицях з 1х1 смугами руху. На рис. 1 *а, б* зображено утворення затримки в русі ($V_a = 0$) транспортного потоку який слідує за трамваем, коли останній зупинився для посадки-висадки пасажирів. Відповідно до правил дорожнього руху водії не можуть виконати маневр обгону, що спричиняє накопичення та ущільнення черги. Щодо конфліктних точок, то у варіанті *а* вона виникає, коли водій з порушенням правил приймає рішення обгону трамвая і здійснює виїзд на смугу зустрічного руху. У варіанті *б* типова ситуація, коли обидва водії приймають рішення здійснити обгін трамвая, утворюючи конфлікт на осі проїзної частини (в умовах недостатньої видимості або наявності кривої в плані). На рис. 1 *в* зображено момент зупинки

автобуса на необладнаному зупинному пункті. Затримка в русі транспортного потоку тут є меншою ніж у варіантах *a* та *б* оскільки інші учасники руху мають можливість здійснити обгін автобуса за умови наявності достатнього розриву між транспортними засобами зустрічного напрямку. При цьому, виникають дві потенційні конфліктні точки, одна з яких утворена на смузі зустрічного руху, а інша може виникнути на початку руху автобуса. Дещо менша затримка транспортного потоку може виникнути за умови заїзду автобуса на обладнаний зупинний пункт та виїзду з нього (рис. 1 *з*), оскільки водії проявляють обережність та надають перевагу автобусу відповідно до правил дорожнього руху. Тут також виникають дві конфліктні точки, одна з яких – зустрічного зіткнення, а інша – злиття.

Дещо меншою затримка в русі є на багатосмугових ділянках вулиць. Під час досліджень було вивчено затримки в русі транспортного потоку на вулицях з 2x2 смугами руху. За умови прокладення трамвайної колії біля осі проїзної частини транспортний потік може правою смугою випереджати трамвай або ж слідувати за ним у лівій смузі. Тут потік дещо сповільнюється під час випередження трамвая, що може пояснюватись зоною обмеження видимості, спричиненою його габаритами, або ж наявністю кривої в плані, коли відстань *b* може здаватись водію недостатньою для безпечного виконання маневру. Результати експериментальних вимірювань показали, що за ширини $b < 2,1$ м водії не здійснюють маневру випередження трамвая; за ширини $2,1 \leq b \leq 2,7$ м водії легкових автомобілів виконують цей маневр попередньо різко зменшивши швидкість; за ширини $b \geq 2,8$ м водії легкових автомобілів вільно випереджатимуть трамвай практично без сповільнення перед виконанням маневру.

Значно більші затримки виникають під час зупинки трамвая для посадки-висадки пасажирів (рис. 1 *е*), коли водії всіх транспортних засобів повинні зупинитися. За такого випадку також виникає доволі небезпечна конфліктна зона, де можливий наїзд на пішохода, який вийшов із салону трамвая безпосередньо на проїзну частину. Її виникнення спричинене тим, що деякі водії наважуються здійснити маневр до того, як відчиняться двері трамвая. Крім цього, враховуючи можливий поганий стан дорожнього покриття, водій може не встигнути вчасно зупинити автомобіль перед зупиненим на зупинці трамваем.

Типово іншим є характер затримки, який виникає під час зупинки автобуса на необладнаному зупинному пункті (рис. 1 *є*), коли автомобілі, які слідує за ним, здійснюють випередження шляхом виконання маневру зміни смуги руху, заставляючи потік лівої смуги пригальмовувати. При цьому виникає конфліктна зона переплетення потоків. Дещо меншою є затримка на багато смуговій вулиці, коли автобус здійснює посадку висадку пасажирів на обладнаному зупинному пункті (рис. 1 *ж*). Сповільнення виникає, коли автобус здійснює маневр заїзду на зупинний пункт та під час виїзду з нього. При цьому, також утворюються дві конфліктні точки злиття.

З метою визначення величини затримки за різних схем, зображених на рис. 1, у програмному середовищі VISSIM було промодельовано рух транспортного потоку з інтенсивністю 700 од./год за різної частки у ньому громадського транспорту (5–25 %), результати якого зображено на рис. 2.

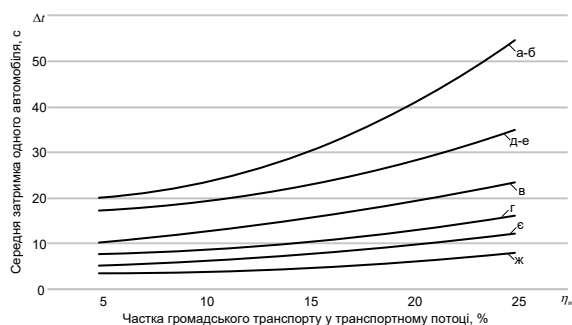


Рис. 2. Результати моделювання середньої затримки одного автомобіля у транспортному потоці з інтенсивністю 700 од./год від зміни частки громадського транспорту у ньому

Результати моделювання показують, що на вулицях з 1x1 смугу руху (рис. 1, *a – з*) затримка в русі одного транспортного засобу відрізняється від близько 10 с за частки громадського транспорту 5 % до майже 30 с за 25 %, якщо порівнювати особливості руху трамвая з автобусом, що зумовлено заборонаю виїзду на трамвайні колії зустрічного руху (рис. 2, криві *a – г*). Якщо ж порівнювати затримки коли громадський транспорт складається лише з автобусів та тролейбусів, а зупинні пункти необлаштовані та облаштовані заїзними кишнями, то у другому випадку затримка одного транспортного засобу зменшується на 3–8 с за зміни частки громадського транспорту від 5 до 25 % (рис. 2, криві *в та г*). Під час визначення цих затримок не враховувалися втрати часу автобусів, тролейбусів та трамваїв, які здійснювали посадку-висадку пасажирів. На багатосмуговій проїзній

частині тенденція є схожою, проте середні часові затримки одного транспортного засобу є меншими на 3–20 с за зміни частки громадського транспорту від 5 до 25 %, якщо порівнювати виключно рух трамваїв за двосмугової та багатосмугової проїзної частини та на 10–15 с за такої ж неоднорідності потоку в умовах багатосмуговості, якщо порівнювати рух трамваїв з автобусами і троллейбусами. Слід також зазначити дещо меншу втрату часу з розрахунку на один автомобіль, якщо порівнювати варіанти з необлаштованим та облаштованим зупинним пунктом, коли моделюється рух лише автобусів і троллейбусів.

Висновок. Погіршення безпеки руху та збільшення втрат часу (затримки) у транспортних потоках, де є значна частка громадського транспорту, безпосередньо пов'язані із особливостями схеми організації руху в межах зупинних пунктів та інтенсивністю руху. Особливо складного характеру ця проблема набуває, коли у транспортному потоці збільшується частка трамваїв, а проїзна частина є двосмуговою, що часто зустрічається на вулично-дорожній мережі міста Львова.

1. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; за ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2007. – 452 с. – (5 кн./ Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; кн. 4).
2. Врубель Ю. А. Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.
3. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К. : Знання України, 2008. – 175 с.
4. Васильєва Г. Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» / Г. Ю. Васильєва. – К., 2007. – 21 с.
5. Клеббельсберг Д., Транспортная психология: Пер. С нем./Под ред. / В. Б. Мазуркевича. – М.: Транспорт, 1989 – 367 с.
6. Transport planning and traffic engineering / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p.
7. Moughtin C. Urban design: street and square / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p.
8. Marshall S. Streets and patterns: The structure of urban geometry / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.
9. Buttazzo G. Optimal urban networks via mass transportation / [G. Buttazzo, A. Pratelli, S. Solimini, E. Stepanov]. – Heidelberg : Springer, 2009. – 156 p.
10. Єрмак О. М. Розташування зупиночних пунктів міського пасажирського транспорту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / О. М. Єрмак. – Х., 2010. – 22 с.

REFERENCES

1. Havrylov, E. & Dmytrychenko, M. & Dolya, V. & others (2007). *Systemology on transport. Traffic organization. [Systemolohiia na transporti. Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu]*. Kyiv, Znannya Ukrainy Publ. 452 p.
2. Vrubel, Yu. (2003). *Traffic losses. [Poteri v dorozhnom dvizhenii]*. Minsk, BNTU Publ. 380 p.
3. Polishchuk, V. & Dziuba, O. (2008). *Traffic flow theory: methods and models of traffic organization. [Teoriia transportnoho potoku : metody ta modeli orhanizatsii dorozhnoho rukhu]* Kyiv, Znannya Ukrainy Publ. 175 p.
4. Vasileva, H. (2007). *Methods of minimization of traffic delays on highway road network of Ukrainian cities. [Metody minimizatsii zatrymok transportu na mahistralnii vulychno-dorozhnii merezhi mist Ukrainy]*. The dissertation author's abstract for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.23.20 "Town building and territorial planning", Kyiv. 21 p.
5. Klebersberg, D. (1989). *Transport psychology. [Transportnaya psikhologiya]*. Moscow, Transport Publ. 367 p.
6. O'Flaherty, C. (2006). *Transport planning and traffic engineering*. Oxford, Butterworth-Heinemann Publ. 544 p.
7. Moughtin, C. (2003). *Urban design: street and square*. Oxford, Architectural Press Publ. 320 p.
8. Marshall, S. (2005). *Streets and patterns: The structure of urban geometry*. New York, Spon Press Publ. 318 p.
9. Buttazzo, G. & Pratelli, A. & Solimini, S. & Stepanov, E. (2009). *Optimal urban networks via mass transportation*. Springer Publ. 156 p.
10. Yermak, O. (2010). *Location of stopping points of urban public transport. [Roztashuvannia zupynochnykh punktiv miskoho pasazhyrskoho transportu]*. The dissertation author's abstract for the degree of candidate of technical sciences specialty 05.22.01 "Transport systems", Kharkiv. 22 p.

Ройко Ю.Я., Бура Р.Р., Швець Б.В., Харчишин Т.Б. Особенности задержки в движении транспортных потоков со значительной долей общественного транспорта.

Рассмотрено вопросы формирования задержки в движении транспортных потоков на улично-дорожной сети городов с плотной застройкой, в составе которых есть значительная доля общественного транспорта (автобусов, троллейбусов и трамваев) и возможные конфликты, которые возникают в пределах остановочных пунктов. Особое внимание сосредоточено на таких вопросах, как низкая техническая скорость общественного транспорта, продолжительность времени на посадку-высадку пассажиров, формирование очереди транспортных средств в пределах остановочных пунктов городского общественного транспорта и процесс их разъезда. Проанализировано факторы, которые влияют на возникновение и длительность задержки, в том числе планировочные параметры проезжей части, способы регулирования дорожного движения,

интенсивность и состав транспортного потока, психофизиологические особенности водителей и тому подобное.

Ключевые слова: транспортный поток, улично-дорожная сеть, скорость движения, городской общественный транспорт, задержка движения, интенсивность транспортного потока, состав транспортного потока.

Yu. Royko, R. Bura, B. Shvets, T. Harchyshyn. Features of traffic flow delays with significant part of public transport.

There is reviewed question of forming delays in traffic motion on road network of cities with dense buildings in the composition of which is significant proportion of public transport (buses, trolleybuses and trams) and possible conflicts that appear within stopping points. Special attention is concentrated on such questions as low technical speed of public transport, duration of time on landing and disembarkation of passengers, forming of queue of vehicles within stopping points of urban public transport and process of their separation. Analyzed factors influencing on appearance and duration of delay, in particular planning parameters of road, ways of traffic regulation, intensity and composition of traffic flow, psychophysiological features of drivers etc. Should be noted that delay may also occur during stoppage of buses, trolleybuses or trams, and also during their motion appears limited visibility zone. In this case drivers of other vehicles significantly reduce the speed of movement to avoid ride on the pedestrian or conflict with other vehicles. Delay behind public transport is also increases when there is no possibility to make ahead or overtake because of significant intensity in passing or oncoming direction. In general it is necessary to note that within stopping points exists such negative phenomenon as great difference of vehicles speed of movement that often is cause of occurrence of heavy road transport situations.

Keywords: traffic flow, road network, speed of movement, urban public transport, traffic delay, intensity of traffic flow, composition of traffic flow.

АВТОРИ:

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

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

ШВЕЦЬ Богдан Васильович, магістрант кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: bohdanshvets2517@gmail.com

ХАРЧИШИН Тарас Богданович, магістрант кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: taras.harchyshyn@gmail.com

АВТОРЫ:

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

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

ШВЕЦЬ Богдан Васильович, магистрант кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: bohdanshvets2517@gmail.com

ХАРЧИШИН Тарас Богданович, магистрант кафедры «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: taras.harchyshyn@gmail.com

AUTHORS:

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

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

Bohdan SHVETS, magistrate of Transport Technologies Department, Lviv Politechnic National University, e-mail: bohdanshvets2517@gmail.com

Taras HARCHYSHYN, magistrate of Transport Technologies Department, Lviv Politechnic National University, e-mail: taras.harchyshyn@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 26.09.2017

Рубан¹ Д.П., Крайник² Л.В.¹ ПАТ «Черкаський автобус»² Національний університет «Львівська політехніка»**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛУ
ЛОНЖЕРОНІВ КАРКАСУ КУЗОВА АВТОБУСА В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Представлено результати експериментальних досліджень зміни структури матеріалу зразка лонжерона каркасу основи кузова поширеного автобуса «Богдан А-092» 2006 року випуску з пробігом 950 тис. км. Для досліджень використано металографічний мікроскоп. Виявлено осередки утворення корозійного розтріскування, що непомітні при огляді неозброєним оком. Доведено, що такі осередки з часом перетворюються у втомні тріщини, що призводять до поломки труб каркасу кузова автобуса.

Ключові слова: автобус, каркас кузова, корозійне розтріскування, металографічний мікроскоп, структура матеріалу.

Постановка проблеми. В Україні значна частка автобусів (понад 44 %) відпрацювали свій регламентний пробіг [1]. Відповідно при пробігу 800 тис. км – 1 млн. км на автотранспортних підприємствах (АТП) проводиться капітальний ремонт (КР) автобусів. При цьому виконується його мийка, повне розбирання та дефектація. В свою чергу підлягає і ремонту сам кузов. На основі дефектації визначаються візуально пошкоджені труби каркасу кузова котрі підлягають вирізанню та заміні. Після заміни вражених корозією деталей проводять підготовку до антикорозійного захисту, покривають грунтом, наносять відповідні лакофарбові матеріали, обробляють скриті порожнини антикорозійними засобами («Мовіль», «Резистин» тощо). І в результаті виконують повне збирання автобуса, в результаті якого автобус має досить пристойний зовнішній вигляд. Таким чином фахівці АТП стверджують про подальшу безпечну і тривалу експлуатацію відремонтованих автобусів. Однак такий КР не передбачає заміну інших деталей кузова із накопиченими осередками втомної міцності та корозійного розтріскування. Можна припустити, що такі відремонтовані кузова не забезпечать автобусам відповідність норм щодо пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66 та № 107 [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для перевірки значень фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова було проведено дослідження на розрив семи зразків із деталей, які візуально не мають пошкоджень. Методика та результати досліджень наведені в праці [3]. Новий матеріал має наступні механічні властивості: Сталь 10 ($\sigma_T=206$ МПа; $\sigma_B=321$ МПа; $\delta=31$ %); Сталь 20 ($\sigma_T=245$ МПа; $\sigma_B=412$ МПа; $\delta=25$ %) [4].

В результаті такого експерименту встановлено, що у всіх зразках (табл. 1) спостерігається погіршення механічних властивостей, тільки у зразка № 1 на 20 % зросла границя текучості σ_T , можливо в результаті наклепу матеріалу під дією циклічних знакозмінних навантажень.

Таблиця 1 – Механічні властивості елементів каркасу кузова

Показники	Властивості нового матеріалу [4]		Властивості старих елементів кузова						
			№ випробуваного зразка						
	Сталь 10	Сталь 20	1	2	3	4	5	6	7
σ_T , МПа	206	245	293	-	-	-	-	37	143
σ_B , МПа	321	412	373	191	102	175	249	299	294
δ , %	31	25	15	2	1	5	13	16	6

Зменшення границі міцності σ_B всіх зразків на 7 – 68 % можна пояснити накопиченням втомних тріщин та осередків корозійного розтріскування, котрі візуально непомітні. Крім того у зразків № 2 - № 5 неможливо відслідкувати границю текучості. Про що і свідчить зменшення відносного подовження δ в 1,7 – 31 разів!

Враховуючи погіршення фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова, необхідно підтвердити припущення щодо накопичення втомних тріщин та осередків корозійного розтріскування, котрі візуально не можна побачити.

Тому **метою роботи** є дослідження структури матеріалу лонжеронів каркасу кузова автобуса з використанням металографічного мікроскопа для виявлення осередків втомних тріщин та корозійного розтріскування, котрі непомітні неозброєним оком.

Результати досліджень. Для проведення експериментальних досліджень застосовується металографічний мікроскоп марки ММР-2Р (рис. 1), характеристики якого наведено в [5].



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд металографічного мікроскопа ММР-2Р з допоміжним обладнанням під час експериментальних досліджень

Конструкція мікроскопа дозволяє здійснювати безпосередній перегляд зразків через оглядовий окуляр. При переключенні положення, картина спостереження виводиться на екран ПК Lenovo Z580, на якому встановлене спеціальне ліцензійне програмне забезпечення. До ПК сигнал передається за допомогою камери марки Sven ПС-960 (2 Megapixel).

Експериментальні дослідження проводились в два етапи. На першому етапі дослідний зразок було підготовлено відповідно до вимог [5] без травлення та проведено перегляд під мікроскопом при 80-ти та 300-кратному збільшенні. На другому етапі зразок протравлено 4 % розчином азотної кислоти згідно [5].

Враховуючи те, що автобуси малого класу «Богдан» займають на ринку України близько 50 % [1], для проведення експериментальних досліджень обрано міський автобус «Богдан А-092» 2006 р. випуску та пробігом 950 тис. км. Каркас кузова цього автобуса – несівний, ферменної конструкції виконаної із сталевих профілів замкнутого прямокутного перерізу (140x60x3, 60x40x3, 40x40x2, 40x28x1,5 28x25x1,5 мм), з'єднаних між собою електродуговим зварюванням. Матеріал труб профілем 140x60x3 мм – Сталь 20, всіх інших труб каркасу – Сталь 10. Каркас кузова складається із каркасу основи (труби профілем 140x60x3 мм), каркасів лівої і правої боковин, каркасу даху, а також каркасів передньої і задньої частин автобуса [6].

Основа каркасу кузова сприймає основну частину навантажень та є однією із відповідальних складових кузова, що забезпечують довговічність автобуса в цілому.

Для проведення експериментальних досліджень вирізано зразок, в області втомної тріщини, із лонжерона основи каркасу кузова поблизу пневматичної подушки задньої підвіски (рис. 2).



Рисунок 2 – Частина лонжерона основи каркасу кузова обраного для досліджень

В цьому місці під час експлуатації автобуса постійно виникають знакомінні навантаження, що призводять до накопичення втомних тріщин та корозійного розтріскування. Зразок вирізано таким чином, що можна оглядати і утворену втомну тріщину та частину матеріалу, котрий візуально взагалі непошкоджений.

На рис. 3 показано місце, звідки вирізано зразок у збільшеному вигляді.

Вирізаний зразок згідно до вимог [5] було підготовлено до першої серії експерименту (очищений від іржі, прошліфований і відполірований) (рис. 3 а). Після першої серії експерименту зразок було протравлено згідно до вимог [5] (рис. 3 б).

Під час проведення експерименту було оглянуто всю площу поверхні досліджуваного зразка розмірами 60x50x3 мм. При цьому зроблено понад 100 фотознімків.



Рисунок 3 – Місце на лонжероні, звідки вирізаний зразок (у збільшеному вигляді)

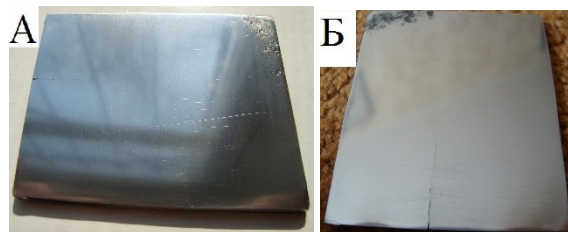


Рисунок 4 – Підготовлений зразок:

А - до першої серії експерименту (без травлення); Б - до другої серії експерименту (протравлений).

На основі експериментальних досліджень при огляді непротравленого зразка встановлено наступне.

1. Поблизу видимої втомної тріщини спостерігаються, непомітні неозброєним оком, розгалуження втомних тріщин (рис. 5).

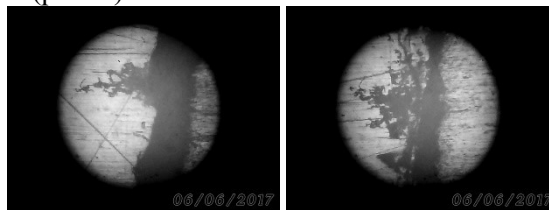


Рисунок 5 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 80 разів та виявлено розгалуження втомних тріщин, що візуально непомітні)

2. На поверхні де візуально відсутні пошкодження спостерігаються осередки утворення втомних тріщин по всій поверхні матеріалу. Спостерігається збільшення періодичності повторювання осередків до видимої втомної тріщини (рис. 6).

3. Візуально непомітне продовження тріщини чітко спостерігається при 80-кратному збільшенні. При цьому видно, що тріщина з однієї розгалужується в декілька (рис. 7).

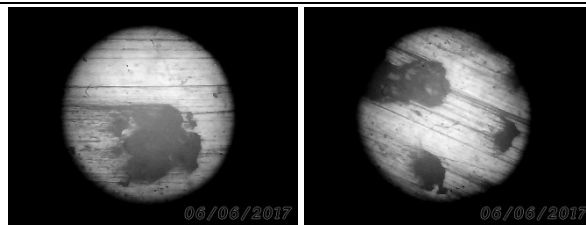


Рисунок 6 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 80 разів та виявлено осередки утворення втомних тріщин, що візуально непомітні)

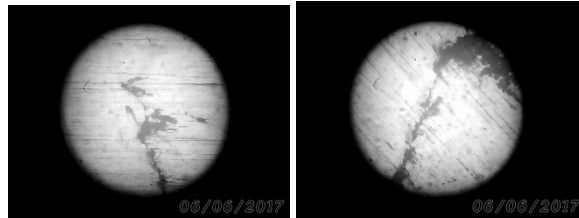


Рисунок 7 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 80 разів та виявлено продовження втомної тріщини, яке непомітне без мікроскопа)

Після протравлення зразка стало можливим спостерігати його структуру. Таким чином встановлено наступне.

1. Спостерігається періодичне змінання включень матеріалу (рис. 8).

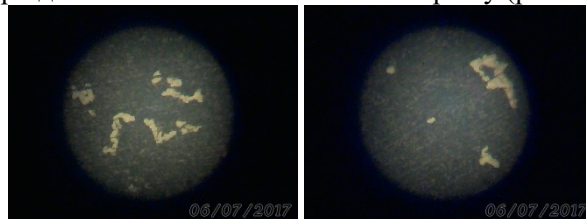


Рисунок 8 – Знімки зразка під мікроскопом (збільшено у 300 разів та виявлено змінання включень матеріалу)

2. Повторюваність зміни структури спостерігається по всій поверхні матеріалу та має максимальні значення поблизу утворення втомної тріщини.

3. Спотворення структури матеріалу дозволяє спрогнозувати утворення та подальший розвиток втомних тріщин.

Висновки. Дослідження зразків за допомогою металографічного мікроскопа пояснюють погіршення механічних властивостей елементів каркасу кузова.

Враховуючи погіршення фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова та утворення (візуально непомітних осередків накопичення корозійного розтріскування) такий «капітальний ремонт» не забезпечить повноцінне відновлення міцності каркасу кузова. І, як результат, такий автобус не буде відповідати нормам пасивної безпеки згідно Правил ЄЕК ООН № 66 та № 107.

Доцільною буде заміна всіх елементів кузова нижче віконних брусів із застосуванням сучасних технологій антикорозійного захисту та полімерних матеріалів. Така заміна потребує більших капіталовкладень, які окупляться більшими термінами експлуатації в порівнянні з «латковим» ремонтом, а також буде забезпечена відповідність нормам пасивної безпеки.

1. Рубан Д. П. Структура парку автобусів громадського транспорту України та аналіз ситуації / Д. П. Рубан, Г. Я. Рубан // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». – Луцьк, 2016. – № 55. С. 338 – 340.

2. Горбай О.З. Міцність та пасивна безпека автобусних кузовів: монографія / О.З. Горбай, К.Е. Голенко, Л.В. Крайник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 276 с.

3. Крайник Л.В. Оцінка фізико-механічних властивостей елементів каркасу кузова автобуса залежно від терміну експлуатації / Л.В. Крайник, Д. П. Рубан, Г. Я. Рубан // Матеріали V міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції: Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. – Вінниця. – 2017. – с. 60 – 64.

4. Мотовилин Г. В. Автомобильные материалы: справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г. В. Мотовилин, М. А. Масино, О. М. Суворов. – М. : Транспорт, 1989. – 464 с.

5. Канашевич Г.В. Дослідження макро- та мікроструктури матеріалів за допомогою металографічного мікроскопа ММР-2Р: Лабораторний практикум / Г.В. Канашевич, П.П. Дмитренко, М.В. Голуб, С.М. Мацепа – Черкаси: ЧДТУ, 2017. – 62 с.

6. Богдан А-064 / А-091 / А-09201 / А-09202 / А-09211 / А-09212 / А-092КВ / А-92 Н / А-30141 / А-301.71 / А-301.72 / С-09211 / А-092 / А-0921. Дизельные двигатели: 4.4/4.6/4.8 л. Руководство по ремонту и эксплуатации. Каталог деталей и сборочных единиц. Цветные электросхемы. – Д.: Издательство Монолит, 2009. – 370 с.

REFERENCES

1. Ruban, D. & Ruban, H. (2016) Structure of park of buses of public transport of Ukraine and analysis of situation. [Between institutions of higher learning collection the «Scientific notes»]. Lutsk, pp. 338 - 340.
2. Horbaj, O. & Holenko, K. & Kraynyk, L. (2013) Durability and passive safety of bus baskets. [Monograph. Publishing House of Lviv polytechnyk]. Lviv, 276 p.
3. Kraynyk, L. & Ruban, D. & Ruban, H. (2017) Estimation of physical-mechanical properties of elements to framework of basket of buses depending on the term of exploitation. [Materials of V of international research and practice Internet-conference : Modern technologies and prospects of development of car transport]. Vinnytsya, pp. 60 – 64.
4. Motovilin, G. & Masino, M. & Suvurov, O. (1989) Motor-car materials. [Reference book]. Moscow, Transport Publ. 464 p.
5. Kanashevich, G. & Dmitrenko, P. & Golub, M. & Macepa, S. (2017) Research macro and microstructures of materials by means of metallography microscope of MMP-2P. [Laboratory practical work]. Tcherkasy, 62 p.
6. (2009) Bogdan A- 064 / A- 091 / A- 09201 / A- 09202 / A- 09211 / A- 09212 / A-092КВ / А- 92 Н / А- 30141 / А- 301.71 / А-301.72 / С-09211 / А-092 / А-0921. Diesel engines: 4.4/4.6/4.8 л. Guidance on repair and exploitation. [Catalogue of details and frame-clamping units. Coloured electro-charts]. Publishing House Monolith, 370 p.

Рубан Д.П., Крайник Л.В. Исследование изменения структуры материала лонжеронов каркаса кузова автобуса в условиях эксплуатации.

Представлены результаты экспериментальных исследований изменения структуры материала образца лонжерона каркаса основы кузова распространенного автобуса «Богдан А-092» 2006 года выпуска с пробегом 950 тыс. км. Для исследований использован металлографический микроскоп. Обнаружены ячейки образования коррозионного растрескивания, которые незаметны при обзоре невооруженным глазом. Доказано, что такие ячейки со временем превращаются в усталостные трещины, которые приводят к поломке труб каркаса кузова автобуса.

Ключевые слова: автобус, каркас кузова, коррозионное растрескивание, металлографический микроскоп, структура материала.

D. Ruban, L. Kraynyk. Research of change of structure of material longerons to framework of basket of bus in the conditions of exploitation.

The results of experimental researches of change of structure of material of standard of longer on are presented to framework of basis of basket of widespread bus "Bohdan A-092" in 2006 with a run 950 thousand kilometres. For researches metallography microscope. The cells of formation of the corrosive spalling are reduced, that unnoticeable at a review with naked eye. It is well proven that such cells in course of time grow into fatigue cracks that result in breakage of pipes to framework of basket of bus.

Keywords: bus, framework of basket, corrosive spalling, metallography microscope, structure of material.

АВТОРИ:

РУБАН Дмитро Петрович, кандидат технічних наук, доцент, інженер з якості, ПАТ «Черкаський автобус», e-mail: ruban_dimon@ukr.net

КРАЙНИК Любомир Васильович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автомобілебудування», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: l.kraynyk@gmail.com

АВТОРЫ:

РУБАН Дмитрий Петрович, к.т.н., доцент, инженер по качеству, ПАО «Черкасский автобус», e-mail: ruban_dimon@ukr.net

КРАЙНИК Любомир Васильевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автомобилестроения», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail: l.kraynyk@gmail.com

AUTHORS:

Dmytro RUBAN, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, engineer from quality, PJK «Tcherkasy bus», e-mail: ruban_dimon@ukr.net

Lubomyr KRAYNYK, Doctor of Science in Engineering, Professor, Professor Department of automobiles construction, National University "Lvivska Politehnika", e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 30.09.2017р.

Сахно¹ В.П., Жаров¹ К.С., Мурований² І.С., Шарай¹ С.М.

¹ Національний транспортний університет
² Луцький національний технічний університет

ДО ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ АВТОПОЇЗДІВ З ТЯГАЧАМИ КАТЕГОРІЇ N3 ТА НАПІВПРИЧЕПАМИ КАТЕГОРІЇ O4 ЗА ПАЛИВНОЮ ЕКОНОМІЧНІСТЮ

Встановлено, що за показниками тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автопоїзди з тягачами DAF, MAN, IVECO, SCANIA і Volvo за обраних параметрів потужності двигуна і передаточних відношень трансмісії майже однакові. Поліпшення показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності слід шукати в оптимізації параметрів системи «двигун-трансмісія» тягачів для експлуатації в умовах України.

Ключові слова: автопоїзд, тягово-швидкісні властивості, паливна економічність

Постанова проблеми. У найближчій перспективі основні напрямки розвитку галузі вантажних перевезень автомобільним транспортом будуть визначатися перш за все необхідністю збільшення обсягів перевезень вантажів за рахунок інтенсифікації використання рухомого складу при одночасному зменшенні витрат на перевезення, зокрема витрати палива.

Стосовно автомобіля або автопоїзда паливна економічність означає ефективність процесу перетворення хімічної потенційної енергії палива у кінетичну енергію або роботу двигуна.

За останні десятиріччя у більшості розвинутих країн спостерігається певне покращення показників споживання палива вантажними автомобілями та автопоїздами (енергії, витраченої на перевезення однієї тони вантажу на відстань в один кілометр). Діапазон інтенсивностей споживання енергії у галузях вантажних перевезень розвинутих країн є досить широким. Зокрема, вантажний автомобільний транспорт Японії та Норвегії витрачає більшу ніж удвічі кількість енергії для перевезення тонни вантажу у порівнянні з Фінляндією та Францією – двома країнами з найбільш ефективними галузями вантажних перевезень. Але переважно, у загальносвітовому масштабі, тенденція інтенсивності споживання енергії у цьому секторі залишається майже незмінною протягом останніх 20 років [1].

При оцінюванні можливих варіантів застосування альтернативних видів палив важливо брати до уваги весь життєвий цикл таких палив – від виробництва до споживання – з огляду на викиди парникових газів за умови використання таких палив. Це стосується як вибору альтернативних джерел енергії, так і виробничих процесів. Використання електричної енергії та водню в якості джерел енергії ніби-то сприяють зменшенню вуглецевих викидів. Однак комплексно оцінити ступінь цього зменшення можна лише з урахуванням аналізування способу виробництва цих джерел енергії. Оцінка потенційного пом'якшення у транспортному секторі, пов'язаного з використанням альтернативних джерел енергії до 2030 року, є невизначеною через те, що такий потенціал залежить від світового видобутку нафти та його впливу на ціну палива, економічної життєздатності альтернативних палив, а також науково-дослідних висновків у багатьох сферах, особливо у технології виробництва палив з біомаси та його стійкості у широких масштабах, а також терміну роботи батарей, їхньої вартості та специфіки. Іншою проблемою достовірної оцінки ефекту використання інших видів палив є обмежена кількість та сфера доступних знань стосовно потенційного пом'якшення та вартості.

Огляд літературних джерел. Основним оціночним показником паливної економічності автомобіля у більшості країн є шляхова витрата палива – витрата палива, що вимірюється у літрах на 100 км пройденого шляху (л/100 км). В якості узагальнюючих (інтегральних) показників при оцінці паливної економічності автомобіля використовують середню витрату палива на шляху та питому витрату палива.

Середня витрата палива на шляху – це витрата палива у літрах на 100 км, яка визначається за нормального експлуатаційного режиму руху у найбільш типових для даного автомобіля дорожніх умовах. Ефективність використання палива для вантажних автомобілів оцінюють його витратою, віднесеною до одиниці виконаної корисної роботи з перевезення вантажів:

$$Q_{\text{шт}} = \frac{Q_{\text{ср}}}{100 \cdot m_{\text{в}}}, \text{ л/(т} \cdot \text{км)}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{ср}}$ – середня витрата палива на шляху, л/100 км,
 $m_{\text{в}}$ – маса вантажу, що перевозиться, тонн.

Стандартом ГОСТ 20306-90 [2] встановлені такі показники та характеристики паливної економічності КТЗ: контрольна витрата палива; витрата палива в магістральному їздовому циклі на дорозі; витрата палива у міському їздовому циклі на дорозі; витрата палива у міському їздовому циклі на стенді; паливна характеристика усталеного руху; паливна швидкісна характеристика на магістрально-горбкуватій дорозі.

Для визначення паливної економічності автопоїздів можуть бути застосовані їздові цикли, визначені ГОСТ 20306-90 та настановах U.S.Environmental Protection Agency (EPA) [3]. Магістральний цикл є модифікацією їздового циклу для визначення токсичності автопоїздів, розробленого California Air Resources Board з використанням даних 171 дослідження та застосуванням випадкового вибору об'єктів дослідження. Ця модифікація розроблена Southwest Research Institute для проведення стендових випробувань та для її застосування при моделюванні. Розроблена вона з урахуванням пропозицій зацікавлених організацій, включаючи EPA, Northeastern States for Coordinated Air Use Management (NESCAUM), ряду виробників вантажних автомобілів та двигунів, державних організацій, та ін. Тривалість циклу – 1 година.

Паливна економічність також може бути оцінена за середньою витратою палива при русі автопоїзда по заданому експлуатаційному маршруту, який складається з окремих ділянок заданої довжини s_i з постійними значеннями ухилів i_i [4]. Витрата палива визначатиметься за формулою:

$$Q = \frac{\sum Q_i}{\sum S_i} \cdot 100, \quad (2)$$

де Q – середня витрата палива на шляху, л/100 км,
 Q_i – повна витрата палива на i -й ділянці, л,
 S_i – довжина i -ї ділянки, м.

Серед значної кількості показників, що визначаються паливну економічність автомобіля, та зважаючи на порівняльний аналіз тягачів категорії N3 за показниками паливної економічності, у якості оціночного у подальшому прийнята витрата палива у їздовому циклі на дорозі, що і є метою даної роботи.

Результати досліджень. Сумарна витрата палива на заданому маршруті, що виражена у л/100 км, є показником, який надає найбільш точне уявлення про паливну економічність КТЗ – як правило, одну з найбільш важливих його експлуатаційних властивостей. Вона визначається за двома методиками.

Сумарна витрата палива на маршруті, відповідно до методики I, визначається за характеристикою питомої витрати палива двигуна як сума витрат палива на кожній з ділянок маршруту. При повному навантаженні двигуна (режими розгону, рух зі сталою максимальною швидкістю при рівності динамічного фактора коефіцієнту опору дороги) питомі витрати палива визначаються безпосередньо як відліки зовнішньої характеристики витрати палива.

При частковому використанні потужності двигуна (при русі зі швидкістю меншою максимальної або при коефіцієнті опору дороги меншому значення динамічного фактора при обраній швидкості) для визначення паливної економічності необхідно знати характеристику, яка встановлює зв'язок між годинними витратами палива при повному та частковому навантаженні двигуна. Для цілей порівняльного аналізу цілком застосовним може вважатися спосіб визначення цієї характеристики, запропонований А. С. Литвиновим [5]:

$$\frac{Q}{Q_0} = 0,475 \left(\frac{M}{M_0} \right)^2 + 0,4275 \left(\frac{M}{M_0} \right) + 0,0975. \quad (3)$$

У цій залежності Q та Q_0 – годинні витрати палива відповідно при частковому та максимальному використанні потужності двигуна, M та M_0 – крутні моменти на валу двигуна у режимах відповідно часткового та повного навантаження.

Сумарна витрата палива на маршруті, відповідно до методики II, визначається на основі математичної моделі двигуна, яка дозволяє встановити значення годинної витрати палива двигуна в залежності від режиму його роботи – за відомих частоти обертання та крутного моменту на валу двигуна (або коефіцієнта використання потужності двигуна). Така залежність може бути побудована на основі дванадцяти відомих (опорних) значень годинної витрати палива двигуна, вимірених при випробуваннях двигуна за Правилами ЄЕК ООН № 49 [6] в умовах випробувального циклу ESC. Даний випробувальний цикл складають 13 режимів роботи двигуна, один з яких – режим холостого ходу, решта 12 режимів «перекривають» робочий діапазон частот обертання та навантажень двигуна (площина s на рис.1). При визначенні витрати палива на експлуатаційному маршруті режим холостого ходу не використовується. Опорні значення годинних витрат палива, визначених для решти 12 режимів, формують поверхню s' (рис.1), яка складається з точок, що визначають годинну витрату палива для будь-якого режиму роботи двигуна.

Аналітична інтерпретація зазначеної математичної моделі базується на розв'язанні системи з 12 умов:

$$\begin{aligned}
 G(n_A, M_{100A}) &= G_{100}^A, & G(n_B, M_{50B}) &= G_{50}^B, & G(n_B, M_{75B}) &= G_{75}^B, \\
 G(n_A, M_{50A}) &= G_{50}^A, & G(n_A, M_{75A}) &= G_{75}^A, & G(n_A, M_{25A}) &= G_{25}^A, \\
 G(n_B, M_{100B}) &= G_{100}^B, & G(n_B, M_{25B}) &= G_{25}^B, & G(n_C, M_{100C}) &= G_{100}^C, \\
 G(n_C, M_{25C}) &= G_{25}^C, & G(n_C, M_{75C}) &= G_{75}^C, & G(n_C, M_{50C}) &= G_{50}^C,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де $G(n_i, M_j)$ – значення годинної витрати палива, визначене за допомогою математичної моделі для режиму роботи двигуна, який характеризується частотою обертання n_i та крутним моментом M_j ;
 G_X^Y - годинна витрата палива, виміряна при випробуваннях двигуна в режимі циклу ESC, за якого встановлені крутний момент – X, а частота обертання – Y.

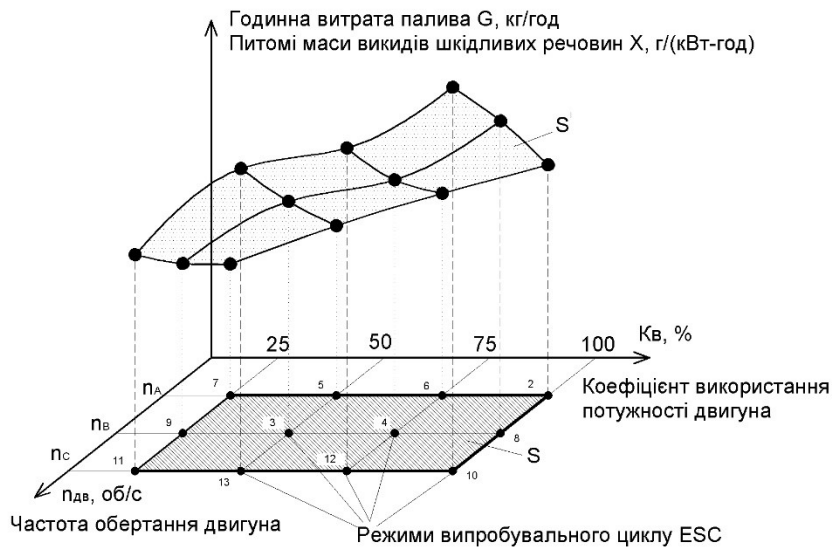


Рисунок 1 – До визначення годинної витрати палива та питомої маси викидів шкідливих речовин за методикою II

Математична модель двигуна для визначення витрати палива згідно з методикою II задається наступними формулами.

Годинна витрата палива визначається за двовимірною функцією виду:

$$G(n, M) = A(M) \cdot n^2 + B(M) \cdot n + C(M), \text{ кг/год.}$$

Коефіцієнти $A(M)$, $B(M)$, $C(M)$ залежать лише від поточного крутного моменту та опорних частот обертання:

$$A(M) = K_{a1} \cdot X_1(M) + K_{a2} \cdot X_2(M) + K_{a3} \cdot X_3(M), \text{ (кг} \cdot \text{с}^2/\text{год)} / [\text{кг} \cdot \text{с}^2/(\text{кВт} \cdot \text{год})],$$

$$B(M) = K_{b1} \cdot X_1(M) + K_{b2} \cdot X_2(M) + K_{b3} \cdot X_3(M), \text{ (кг} \cdot \text{с/год) / [кг} \cdot \text{с/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

$$C(M) = K_{c1} \cdot X_1(M) + K_{c2} \cdot X_2(M) + K_{c3} \cdot X_3(M), \text{ (кг/год) / [кг/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

де

$$K_{a1} = \frac{(n_B - n_C)}{(n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)}, c^2,$$

$$K_{a2} = \frac{(n_C - n_A)}{(n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)}, c^2,$$

$$K_{a3} = \frac{(n_A - n_B)}{(n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)}, c^2,$$

$$K_{b1} = \frac{n_A n_B^2 - n_B^2 n_C - n_A n_C^2 + n_C^3}{(n_C - n_A) \cdot (n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)}, c,$$

$$K_{b2} = \frac{n_A^2 n_C - n_C^3 - n_A^3 + n_C^3 + n_A n_C^2}{(n_C - n_A) \cdot (n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)}, c,$$

$$K_{b3} = \frac{n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^3}{(n_C - n_A) \cdot (n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)}, c,$$

$$K_{c1} = \frac{n_B^2 n_C^2 - n_A n_B^2 n_C - n_B n_C^3 + n_A n_B n_C^2}{(n_C - n_A) \cdot (n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)},$$

$$K_{c2} = \frac{n_A^3 n_C - n_A n_C^3 - 2n_A^2 n_C^2}{(n_C - n_A) \cdot (n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)},$$

$$K_{c3} = \frac{n_A^2 n_B n_C - n_A^3 n_B - n_A n_B^2 n_C + n_A^2 n_B^2}{(n_C - n_A) \cdot (n_B^2 n_C - n_A n_B^2 - n_A^2 n_C + n_A^2 n_B - n_B n_C^2 + n_A n_C^2)},$$

$$X_1(M) = a_1 \left(\frac{M}{M_0} \right)^3 + b_1 \left(\frac{M}{M_0} \right)^2 + c_1 \left(\frac{M}{M_0} \right) + d_1, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

$$X_2(M) = a_2 \left(\frac{M}{M_0} \right)^3 + b_2 \left(\frac{M}{M_0} \right)^2 + c_2 \left(\frac{M}{M_0} \right) + d_2, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

$$X_3(M) = a_3 \left(\frac{M}{M_0} \right)^3 + b_3 \left(\frac{M}{M_0} \right)^2 + c_3 \left(\frac{M}{M_0} \right) + d_3, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

де M_0 – крутний момент на валу двигуна в режимі повного навантаження.

Коефіцієнти при поточних значеннях крутних моментів:

$$a_1 = -10,667X_{25}^A + 32X_{50}^A - 32X_{75}^A + 10,667X_{100}^A, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

$$a_2 = -10,667X_{25}^B + 32X_{50}^B - 32X_{75}^B + 10,667X_{100}^B, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт} \cdot \text{год)]},$$

$$a_3 = -10,667X_{25}^C + 32X_{50}^C - 32X_{75}^C + 10,667X_{100}^C, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$b_1 = 24X_{25}^A - 64X_{50}^A + 56X_{75}^A - 16X_{100}^A, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$b_2 = 24X_{25}^B - 64X_{50}^B + 56X_{75}^B - 16X_{100}^B, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$b_3 = 24X_{25}^C - 64X_{50}^C + 56X_{75}^C - 16X_{100}^C, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$c_1 = -17,333X_{25}^A + 38X_{50}^A - 28X_{75}^A + 7,333X_{100}^A, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$c_2 = -17,333X_{25}^B + 38X_{50}^B - 28X_{75}^B + 7,333X_{100}^B, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$c_3 = -17,333X_{25}^C + 38X_{50}^C - 28X_{75}^C + 7,333X_{100}^C, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$d_1 = 4X_{25}^A - 6X_{50}^A + 4X_{75}^A - X_{100}^A, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$d_2 = 4X_{25}^B - 6X_{50}^B + 4X_{75}^B - X_{100}^B, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]},$$

$$d_3 = 4X_{25}^C - 6X_{50}^C + 4X_{75}^C - X_{100}^C, \text{ (кг/год) / [кг/(кВт·год)]}.$$

Для визначення паливної економічності КТЗ застосовані іздові цикли, визначені ГОСТ 20306-90 та настановами U.S.Environmental Protection Agency (EPA) [2].

Моделювання виконується різних режимів руху, визначених раніше.

У вимогах до виконання іздових циклів (п.3.1.4 ГОСТ 20306-90) зокрема зазначена настанова, згідно з якою, якщо інтенсивність розгону дорожнього транспортного засобу є такою, що цей засіб не може досягнути заданої швидкості на заданому відрізку шляху (а у випадку іздового циклу EPA – на заданому інтервалі часу), то рух слід продовжувати із дотриманням подальшого графіка заданих швидкостей.

При застосуванні методики II для визначення паливної економічності при русі КТЗ по маршруту, який складається з послідовних ділянок з різними ухилами поздовжнього профілю дороги, є спосіб визначення годинної витрати палива для певного режиму роботи двигуна. Відмінність між оціночними показниками у різних режимах руху полягає у способі визначення послідовності режимів роботи двигуна, яка залежить від умов руху КТЗ.

Порівняльний аналіз проведемо на прикладі сідельних автопоїздів з тягачами п'яти марок та моделей: DAF XF105, MAN TGA 70-157, Iveco Magirus, Scania R-series, Volvo FH 16 при їх роботі на одному і тому маршруті. У табл. 1 наведена характеристика експлуатаційного маршруту.

Таблиця 1 – Характеристика експлуатаційного маршруту.

Довжина ділянки L, км	1,00	2,00	0,90	1,00	2,00	1,00	2,00	1,50	2,00	3,00	3,00
Ухил дороги	0,01	0,03	0,02	0,03	0,01	0	0,05	0,01	0,015	0,02	0,005

Вхідними даними для розрахунків окремих та комплексних оціночних показників у цьому випадку є:

- маса автопоїзда $m=40000$ кг;
- фактор обтічності автопоїзда «сідельний тягач – напівпричіп» $W=1,00 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$;
- коефіцієнт корисної дії трансмісії $\eta_{\text{тр}}=0,9$;
- коефіцієнт опору коченню $-f=0,01$.

Зовнішні швидкісні характеристики, характеристика питомої витрати палива двигуна RASCAR MX 375, а також відповідні математичні моделі зображені на рис.5.1. Математичні моделі

для інших двигунів – MAN D2876LF13, Cursor 13, Scania DC1605 Volvo D16C610 – задаються аналогічно.

Технічні характеристики сідельного тягача DAF XF 105 наведені у [7].

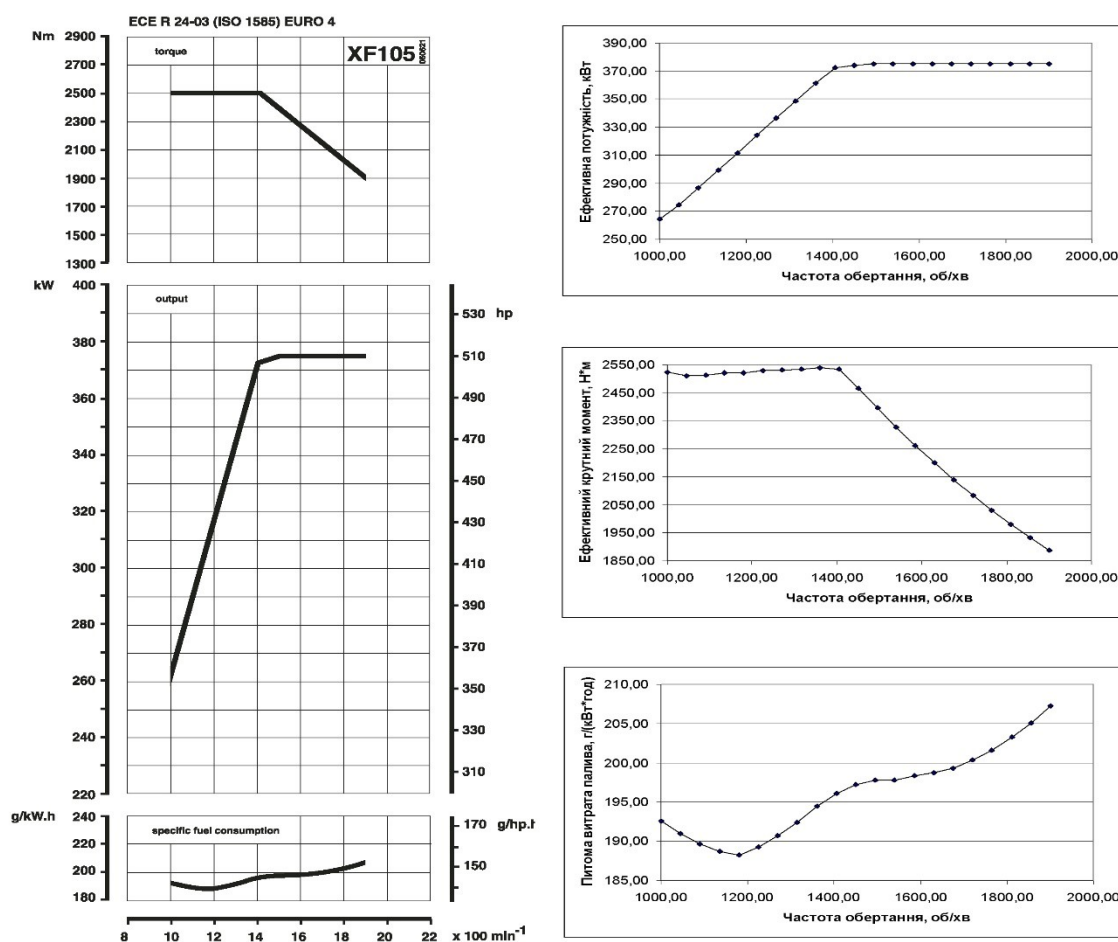


Рисунок 2 – Зовнішні характеристики та їх зображення у математичних моделях двигуна PACCAR MX 375

Технічні характеристики сідельного тягача MAN TGA 70.157 наведені у [8], тягача Iveco Magirus - у [9], сідельного тягача Scania R-series - у [10], сідельного тягача Volvo FH 16 - в [11].

Для усіх автопоїздів були визначені показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності, табл. 1. У цій таблиці поряд з абсолютним значенням показника наведено і його відносне значення щодо еталонного тягача, показники якого є кращими серед тягачів, що розглядаються.

Таблиця 1. Показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автопоїздів з тягачами, що розглядаються

п/п	Назва показника відносного показника	Торгові назви виробників; абсолютні і відносні значення оціночних показників					
		DAF	MAN	IVECO	SCANIA	Volvo	Еталон
1	Швидкість при розгоні на 400 м, м/с	<u>15,53</u> 0,97	<u>15,6</u> 0,97	<u>15,34</u> 0,96	<u>15,65</u> 0,98	<u>16,04</u> 1,00	16,04
2	Швидкість при розгоні на 1000 м, м/с	<u>21,24</u> 0,95	<u>21,44</u> 0,96	<u>21,27</u> 0,95	<u>21,6</u> 0,97	<u>22,25</u> 1,00	22,25
3	Швидкість при розгоні на 2000 м, м/с	<u>26,12</u> 0,95	<u>26,36</u> 0,95	<u>26,43</u> 0,96	<u>26,83</u> 0,97	<u>27,64</u> 1,00	27,64
4	Час розгону до 400 м, с	<u>48,14</u> 1,00	<u>48,54</u> 0,99	<u>53,53</u> 0,90	<u>50,58</u> 0,95	<u>50,12</u> 0,96	48,14
5	Час розгону до 1000 м, с	<u>80,27</u> 1,00	<u>80,54</u> 0,99	<u>86,01</u> 0,93	<u>82,36</u> 0,97	<u>81,05</u> 0,99	80,27

п/п	Назва показника відносного показника	Торгові назви виробників; абсолютні і відносні значення оціночних показників					
		DAF	MAN	IVECO	SCANIA	Volvo	Еталон
6	Час розгону до 2000 м, с	<u>122,27</u> 0,99	<u>122,10</u> 0,99	<u>127,68</u> 0,95	<u>123,27</u> 0,98	<u>120,76</u> 1,00	120,76
7	Шлях розгону на вищій передачі, м	<u>2581</u> 1,00	<u>3068,1</u> 0,84	<u>3020,5</u> 0,85	<u>3903,6</u> 0,66	<u>3485,36</u> 0,74	2581
8	Час розгону на вищій передачі, с	<u>113,28</u> 1,00	<u>130,1</u> 0,87	<u>110,37</u> 0,97	<u>140,99</u> 0,80	<u>126,72</u> 0,89	113,28
9	Шлях розгону на передостанній передачі	<u>1004,8</u> 1,00	<u>1174,7</u> 0,86	<u>1366,7</u> 0,74	<u>1558,3</u> 0,65	<u>1360,5</u> 0,74	1004,8
10	Час розгону на передостанній передачі	<u>57,07</u> 1,00	<u>64,41</u> 0,89	<u>58,83</u> 0,98	<u>71,07</u> 0,80	<u>61,27</u> 0,93	57,07
11	Максимальна швидкість, м/с	<u>28,77</u> 0,86	<u>30,05</u> 0,90	<u>31,91</u> 0,95	<u>33,5</u> 1,00	<u>33,47</u> 1,00	33,5
12	Час розгону до швидкості 100 км/год, с	<u>140,8</u> 0,87	<u>137,0</u> 0,89	<u>142,47</u> 0,86	<u>132,6</u> 0,92	<u>122,12</u> 1,00	122,12
13	Шлях розгону до швидкості 100 км/год, м	<u>2500,1</u> 0,82	<u>2403,5</u> 0,85	<u>2401,2</u> 0,85	<u>2255,3</u> 0,90	<u>2037,5</u> 1,00	2037,5
14	Максимальна крутизна підйому, %	<u>42,31</u> 1,00	<u>39,03</u> 0,92	<u>38,20</u> 0,90	<u>40,77</u> 0,96	<u>37,20</u> 0,88	42,31
15	Середня швидкість без урахування неусталених режимів руху, м/с	<u>18,87</u> 0,85	<u>19,26</u> 0,86	<u>19,96</u> 0,89	<u>20,61</u> 0,92	<u>22,31</u> 1,00	22,31
16	Середня швидкість з урахуванням неусталених режимів руху, м/с	<u>17,97</u> 0,89	<u>18,37</u> 0,91	<u>18,65</u> 0,92	<u>19,25</u> 0,95	<u>20,24</u> 1,00	20,24
17	Сумарний відносний показник тягово-швидкісних властивостей	15,15	14,64	14,56	14,38	15,13	
18	Витрата палива на експлуатаційному маршруті, л/100 км	<u>133,71</u> 1,00	<u>136,92</u> 0,98	<u>134,6</u> 0,99	<u>134,27</u> 0,99	<u>133,6</u> 1,00	133,71
19	Витрата палива в їздовому циклі ГОСТ 20306, л/100 км	<u>64,15</u> 0,96	<u>63,85</u> 0,96	<u>61,44</u> 1,00	<u>64,20</u> 0,96	<u>64,93</u> 0,95	61,44
20	Витрата палива в їздовому циклі ЕРА, л/100 км	<u>48,46</u> 0,88	<u>49,10</u> 0,87	<u>42,50</u> 1,00	<u>44,31</u> 0,96	<u>44,16</u> 0,96	42,5
21	Сумарний відносний показник паливної економічності	2,84	2,81	2,99	2,91	2,91	
22	Сумарний відносний показник	17,99	17,45	17,55	17,29	18,04	

Аналіз даних табл. 2 показує, що як показники тягово-швидкісних властивостей, так і паливної економічності автопоїздів з тягачами DAF, MAN, IVECO, SCANIA і Volvo за обраних параметрів потужності двигуна і передаточних відношень трансмісії майже однакові. Розбіжність між показниками тягово-швидкісних властивостей не перевищує 5%, а паливної економічності – 6%.

Поліпшення показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності слід шукати в оптимізації параметрів системи «двигун-трансмісія» тягачів для експлуатації в умовах України.

Висновки. Встановлено, що за показниками тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автопоїзди з тягачами DAF, MAN, IVECO, SCANIA і Volvo за обраних параметрів потужності двигуна і передаточних відношень трансмісії майже однакові. Поліпшення показників

тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності слід шукати в оптимізації параметрів системи «двигун-трансмiсія» тягачів для експлуатації в умовах України.

1. Heavy-duty Vehicle Emissions and Fuel Consumption Improvement Project. Northeast States Center for a Clean Air Future. 04-2006. // www.nescaum.org/documents/heavy-duty-rfp.pdf.
2. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.
3. SmartWay Fuel Efficiency Test Protocol for Medium and Heavy Duty Vehicles. Working Draft. Transportation and Regional Programs Division. Office of Transportation and Air Quality. U.S. Environmental Protection Agency №EPA420-P-07-003. 11-2007. // www.epa.gov/smartway/documents/420p07003.pdf.
4. Фаробин Я.Е., Шупляков В.С. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок.-М.: Транспорт, 1983.-200 с.
5. Литвинов А.С. Теория эксплуатационных свойств автотранспортных средств. Ч.І. М.: Изд. МАДИ, 1978. 121 с.
6. Правило ЕЭК ООН № 49 Единые предписания, касающиеся подлежащих принятию мер по ограничению выбросов загрязняющих газообразных веществ и твердых частиц из двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей с принудительным зажиганием, предназначенных для использования на транспортных средствах.
7. DAF XF 105. The new standard [Электронный ресурс] / DAF Trucks N.V., Eindhoven. – 2007. – № DW 142030/HQ-GB: 0806. – 28 с. – Режим доступа до журн.: http://www.paccar.com/paccint/daf/daf_brochure_xf.pdf.
8. The MAN TGA high performance [Электронный ресурс] / MAN Automotive Imports Ply Ltd., Wacol. – 2005. – 16 с. – Режим доступа до журн.: http://www.heavytrucks.co.nz/assets/pdf/TGA_Brochure_07_07.pdf.
9. Iveco Motors product range / Iveco Motors C.O. Mkt. Advertising & Promotion, Torino. – 2004. – № 2. – 16 с.
10. Lars Tegnелиus. Scania : Technical Product Data / Lars Tegnелиus, Henn Moistlik // Scania CV AB, Sodertalje. – 2005. – № 1755191. – 27 с.
11. Volvo FH 16 Product Facts [Электронный ресурс] / Volvo Truck Corporation, Goteborg. – 2005. – 34 с. – Режим доступа до журн.: <http://ava.mecatronics.org.br/claroline/claroline/backends/download.php?url=L1Byb3TzdGlwby9UcnVja19GSDE2TWfbi5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=FMA>.

REFERENCES

1. Heavy-duty Vehicle Emissions and Fuel Consumption Improvement Project. Northeast States Center for a Clean Air Future. 04-2006. // www.nescaum.org/documents/heavy-duty-rfp.pdf.
2. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.
3. SmartWay Fuel Efficiency Test Protocol for Medium and Heavy Duty Vehicles. Working Draft. Transportation and Regional Programs Division. Office of Transportation and Air Quality. U.S. Environmental Protection Agency №EPA420-P-07-003. 11-2007. // www.epa.gov/smartway/documents/420p07003.pdf.
4. Фаробин Я.Е., Шупляков В.С. (1983). Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок. М.: Транспорт Publ. 200p .
5. Litvinov A.S.(1978) Teorija jekspluatacionnyh svojstv avtotransportnyh sredstv. Ch.I. M.: Izd. MADI Publ. 121 p.
6. Правило ЕЭК ООН № 49 Единые предписания, касающиеся подлежащих принятию мер по ограничению выбросов загрязняющих газообразных веществ и твердых частиц из двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей с принудительным зажиганием, предназначенных для использования на транспортных средствах.
7. DAF XF 105. The new standard [Электронный ресурс] / DAF Trucks N.V., Eindhoven. – 2007. – № DW 142030/HQ-GB: 0806. – 28 p. – Режим доступа до журн.: http://www.paccar.com/paccint/daf/daf_brochure_xf.pdf.
8. The MAN TGA high performance [Электронный ресурс] / MAN Automotive Imports Ply Ltd., Wacol. – 2005. – 16 p. – Режим доступа до журн.: http://www.heavytrucks.co.nz/assets/pdf/TGA_Brochure_07_07.pdf.
9. Iveco Motors product range / Iveco Motors C.O. Mkt. Advertising & Promotion, Torino. – 2004. – № 2. – 16 p.
10. Lars Tegnелиus. Scania : Technical Product Data / Lars Tegnелиus, Henn Moistlik // Scania CV AB, Sodertalje. – 2005. – № 1755191. – 27 с.
11. Volvo FH 16 Product Facts [Электронный ресурс] / Volvo Truck Corporation, Goteborg. – 2005. – 34 p. – Режим доступа до журн.: <http://ava.mecatronics.org.br/claroline/claroline/backends/download.php?url=L1Byb3TzdGlwby9UcnVja19GSDE2TWfbi5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=FMA>.

Сахно В.П., Жаров К.С., Мурований І. С., Шарай С. М. К сравнительной оценке автопоезда с тягачами категории N3 и полуприцепов категории O4 за топливной экономичностью

Установлено, что по показателям тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автопоезда с тягачами DAF, MAN, IVECO, SCANIA и Volvo за выбранных параметров мощности двигателя и передаточных отношений трансмиссии почти одинаковы. Улучшение показателей тягово-скоростных свойств и топливной экономичности следует искать в оптимизации параметров системы «двигатель-трансмиссия» тягачей для эксплуатации в условиях Украины.

Ключевые слова: автопоезд, тягово-скоростные свойства, топливная экономичность

V. Sakhno, K. Zharov, I. Murovanyj, S. Sharay. To a comparative evaluation of a road train with tractors of category N3 and semi-trailers of category O4 for fuel efficiency

It is established that according to the indicators of traction-speed properties and fuel efficiency, road trains with DAF, MAN, IVECO, SCANIA and Volvo tractors are almost identical for the chosen engine power settings and transmission ratios. Improvement of traction-speed properties and fuel efficiency should be sought in optimizing the parameters of the "engine-transmission" system of tractors for operation in Ukraine.

Key words: road train, traction-speed properties, fuel efficiency

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Жаров Костянтин Сергійович, кандидат технічних наук, завідувач відділу реєстрації, інформаційного забезпечення та контролю ДП «ДержавтотрансНДІпроект» e-mail: szharov@insat.org.ua

МУРОВАННИЙ Ігор Сергійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ШАРАЙ Світлана Михайлівна, кандидат технічних наук, професор кафедри «Транспортні технології» Національний транспортний університет, e-mail: Sharay_svoliacabl.com

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

ЖАРОВ Константин Сергеевич, кандидат технических наук, заведующий отделом регистрации, информационного обеспечения и контроля ГП «ГосавтотрансНИИпроект» e-mail: szharov@insat.org.ua

МУРОВАННЫЙ Игорь Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и транспортные технологии», Луцкий НТУ, e-mail: igor_lntu@ukr.net

ШАРАЙ Светлана Михайловна, кандидат технических наук, профессор кафедры «Транспортные технологии» Национальный транспортный университет, e-mail: Sharay_svoliacabl.com

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Konstantin ZHAROV, PhD. in Engineering, Head of the Department of Registration, Information Support and Control of SE "GosavtotransNIIproekt"

Igor MUROVANYJ, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: igor_lntu@ukr.net

Svetlana SHARAY, PhD. in Engineering, Professor of Transport Technologies Department, National Transport University, e-mail: Sharay_svoliacabl.com

Стаття надійшла в редакцію 8.10.2017 р.

УДК 656 + 625.7(075.8)
UDK 656 + 625.7(075.8)

Скочук М.П.

Національний університет водного господарства та природокористування

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЩІЛЬНОСТІ МЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

В статті досліджується вплив щільності мережі автомобільних доріг на ефективність використання транспортних засобів і соціально-економічний розвиток території, обґрунтовується метод дослідження на основі коефіцієнта непрямої лінійності дорожньої мережі. Розрахунки показують, що за нинішньої щільності мережі автомобільних доріг, неефективна робота автотранспорту становить майже 20 відсотків.

Ключові слова: щільність автомобільних доріг, мережа автомобільних доріг, автомобільний транспорт, коефіцієнт непрямої лінійності дорожньої мережі, ефективність функціонування транспортних систем.

Постановка проблеми. Рівень розвитку мережі автомобільних шляхів оцінюється протяжністю та щільністю [1,2]. Чим вища щільність, тим вищий рівень задоволення транспортного попиту. Щільність автомобільних доріг оцінюють різними коефіцієнтами. Зазвичай використовують коефіцієнт щільності, що визначається відношення протяжності автомобільної мережі загального користування до площі території. Часто щільність автодоріг оцінюють на основі їх довжини та чисельності населення. Узагальнюючим показником, що поєднує площу території та чисельність населення є коефіцієнт Енгеля [3]. Похідними від нього є коефіцієнти Успенського та Гольца, які крім площі та чисельності населення включати обсяги валової продукції виробничих підприємств на даній території, і вони є настільки архаїчними та суперечливими, що майже не використовуються на практиці [4]. Оскільки коефіцієнт Енгеля, який було запропоновано в 1899р., то на сьогодні є необхідність по новому оцінити вплив протяжності дорожньої мережі на ефективність роботи транспорту і соціально-економічний розвиток регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує доволі велика кількість публікацій щодо дослідження щільності та протяжності вулично-дорожньої мережі. Так, у роботі [1] наведено інформацію щодо співвідношення щільності населення, щільності та протяжності вулично-дорожньої мережі міст. В роботі [2] даються рекомендації щодо рівня розвитку транспортних мереж міст за показником щільності, а також проведено аналіз показників ефективності різних планувальних структур міст. В «Транспортній стратегії України на період до 2020 року» констатується, що протягом останніх двадцяти років протяжність автомобільних доріг практично не збільшувалася, їх щільність значно менша, ніж у розвинутих країнах. Незадовільним є стан автомобільних доріг, зокрема 51,1 відсотка доріг не відповідають вимогам до рівності, 39,2 відсотка - до міцності. Середня швидкість руху на автомобільних дорогах у 2-3 рази нижча, ніж у західноєвропейських державах. Серед пріоритетів розвитку автомобільних доріг перевага надається дорогам загального користування державного значення. В стратегії навіть не ставиться питання щодо розвитку мережі автомобільних доріг на рівні адміністративних районів, а як в минулі часи, пріоритет віддається лише під'їзними дорогами з твердим покриттям [5]. За такого сценарію розвитку автомобільних доріг місцевого значення практично йде консервація нинішнього стану справ з просторовими зв'язками та їх раціоналізацією, тобто і надалі буде зростати транспортність національної економіки.

В роботі [6] встановлено характер залежності між щільністю автомобільних доріг і середньою відстанню доїзду автотракторної техніки до дороги з твердим покриттям. В цій роботі встановлено, що найбільший ефект зі зростання щільності досягається при двократному збільшенні протяжності автомобільних доріг.

Питанням збільшення щільності мережі вулиць і доріг у містах також приділяється багато уваги. Тут, в основному, проблема стоїть з підвищення категорії умов експлуатації автотранспортних засобів. Проте малодослідженим є питання впливу щільності мережі автомобільних доріг в адміністративних районах на ефективність використання транспортних засобів та в цілому на соціально-економічний розвиток району. Як би там не було, а мережа автомобільних доріг в міжобласному і міжрайонному сполученні на території областей існує. Ми ж піднімаємо питання про забезпеченість дорогами на рівні адміністративних районів і визначення втрат, яке несе суспільство, за низького показника коефіцієнта щільності автомобільних доріг.

Для розбудови транспортної інфраструктури, як основи соціально-економічного розвитку та інтеграційних процесів, розроблено проект EuropeAid / 114674/C/ SV/ VA “ Сприяння регіональному

розвитку в Україні” [7]. В проекті взагалі не приділяється уваги дорогам місцевого значення, а лише автомобільним дорогам, по яких проходять міжнародні транспортні коридори і дороги, які забезпечують міжрегіональні транспортні зв'язки.

Разом з тим, інвестиційна привабливість території залежить від наявності інфраструктури та її якості. При розрахунку індексу кількісна оцінка інфраструктури зроблена на основі аналізу статистичних індикаторів, тоді як якісна сторона описана на основі результатів опитування інвесторів. При цьому особлива увага була приділена саме автомобільним дорогам та залізниці, оскільки вони відіграють головну роль у перевезеннях вантажів та пасажирів в Україні.

Автомобільним транспортом перевозяться більшість споживчих товарів, багато товарів промислового призначення. Тому наявність автомобільних доріг та якість їхнього покриття є важливим елементом, який беруть до уваги інвестори. За показником щільності автомобільних доріг порівнюються регіони за рівнем розвитку цієї складової інфраструктури. При визначенні щільності автомобільних доріг у цьому дослідженні враховуються дороги загального користування з твердим покриттям [8].

Особливо актуальною проблема забезпеченості автомобільними дорогами стала з здобуттям Україною незалежності. Це пов'язано з інтеграційними процесами, формуванням ринкової економіки, переходом на світові ціни на енергоносії, підвищенням соціальних стандартів. Стан інфраструктури повинен не заважати, а сприяти економічному зростанню і підвищенню якості життя громадян.

Метою статті є визначення впливу щільності мережі автомобільних доріг на величину транспортних витрат і на соціально-економічний розвиток адміністративного району. В процесі досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі: проведено порівняльний аналіз щільності автодоріг України і деяких країн ЄС, визначено коефіцієнт непрямої лінійності існуючої мережі автомобільних доріг Березнівського району Рівненської області, досліджено виробничий потенціал району, чисельність та структуру парку, і на цій основі проведено розрахунок надмірних транспортних витрат.

Матеріали і результати досліджень. Розвиток мережі автомобільних доріг повинен забезпечувати автомобільному транспорту умови найбільш ефективного використання рухомого складу і ефективного виконання перевезень всіх видів вантажів і пасажирів. Висока щільність мережі забезпечує мінімальну відстань пішохідних підходів до магістральних вулиць, але при цьому необхідні значні капітальні вкладення в побудову мережі, великі експлуатаційні витрати на її утримання. Навпаки, надмірно низька щільність вулично-дорожньої мережі, характеризується значною довжиною пішохідних підходів, що приводить до великих витрат часу на пересування, суттєвого зростання експлуатаційних витрат на транспорт, і є фактором стримування соціально-економічного розвитку і вдосконалення форм організації виробництва.

В офіційній статистиці забезпеченість автомобільними дорогами в Україні становить майже 100% при середній щільності автодоріг в 280 км на 1000 кв.км. Для порівняння з європейськими країнами: в Угорщині та Польщі на 1000 кв. км території припадає 1400 км автомобільних доріг, в Італії – 1600 км, а у ФРН цей показник становить близько 1800 км [9]. При вивченні протяжності і щільності автомобільних доріг встановлено певну колізію: як за низької щільності автомобільних доріг маємо 100% забезпеченість дорогами районів України?

Так сталося, що ще в 70-80-х роках минулого століття була розроблена оптимальна мережа автомобільних доріг в областях, якою передбачалось забезпечення зв'язку з центральними садибами колгоспів і радгоспів. Існуюча мережа автомобільних доріг практично на 100% відповідає оптимальній. Але ця мережа за коефіцієнтом щільності в п'ять – сім разів нижча, ніж в розвинених країнах. Автомобільний транспорт загального користування особливо не страдає від низької щільності автомобільних доріг, оскільки він переносить свої витрати на споживачів. Суспільство в цілому збіднюється, так як виконує непотрібну роботу, а надмірно затрачені ресурси можна було б використати на накопичення і споживання.

Великим резервом в підвищенні ефективності роботи автотранспортних засобів є покращення умов експлуатації, що включають в себе дорожні умови, умови руху, природньо-кліматичні і сезонні умови, транспортні умови [10]. Кожна з цих умов визначається системою факторів. Так скажімо дорожні умови, серед множини факторів, якими вони характеризуються, визначальним є категорія дороги. Автомобільні дороги місцевого значення відносяться в основному до четвертої категорії. За такої категорії доріг практично буде п'ята, найзатратніша, категорія умов експлуатації автотранспортних засобів. Як основну класифікаційну ознаку, що дає змогу оцінити умови експлуатації рухомого складу, беруть середню технічну швидкість [11]. Втрати економіки України

від неякісних доріг пов'язані з перевитратами пального, загальному зростанні витрат на перевезення через зменшення швидкості, а також через додаткові витрати на підтримання автотранспорту в роботоздатному стані у 2001 році становили 20 млрд. грн. на рік (3,5 % ВВП), то у 2013 році зросли до 55 млрд. на рік (3,7 % ВВП). Через поганий стан доріг значна частина транзитного потенціалу направляється в обхід України, внаслідок чого втрачається ще 2,5 – 3 млрд. дол. США [12].

В якості об'єкта дослідження, на предмет впливу щільності автомобільних доріг на величину транспортних витрат і на соціально-економічний розвиток, взято Березнівський район, що розташований у східній частині Рівненської області. Площа району становить 1,71 тис.км² (8,8% площі Рівненської області). Відстань від м. Березне до обласного центру становить 66 км. На території Березнівського району розміщено 55 населених пунктів, з них: міст – 1, селищ міського типу – 1, сільських населених пунктів – 53. Населення району у 2015 році становило 63,3 тис. осіб, у тому числі з них: міського – 24 %, сільського – 76 %. Середня щільність населення становить 36,5 осіб на км кв. Галузева структура промисловості району характеризується виробництвом харчової продукції, сірників, швейних виробів, паперу, цегли будівельної, покрівельних матеріалів, обробленням деревини. Основними напрямками розвитку сільського господарства є виробництво зерна, картоплі, продукції тваринництва. Кількість транспортних засобів в даному районі по видах транспорту наведена в табл.1.

Таблиця 1

Чисельність автотранспортних засобів Березнівського району

Район	Всього						
	Автомобілі	У тому числі				Причепи та напів-причепи	Мото-транспорт
		Легкові	Вантажні	Автобуси	Інші		
Березнівський	5226	3953	752	118	403	566	862

Мережа доріг загального користування Березнівського району станом на початок 2015р. складає 295,6 км, з яких дороги з твердим покриттям – 293,6 км. Коефіцієнт щільності доріг Рівненської області становить – 255 км/1000 кв.км, а для Березнівського району – 172,9 км/1000 кв.км. Важливим чинником, який у перспективі стимулюватиме розвиток автомобільних доріг, є рівень автомобілізації. Також необхідно пам'ятати, що в сільській місцевості проживає майже половину населення області. З початку економічних реформ парк легкового автомобільного транспорту виріс у три рази, зростають обсяги вантажних і пасажирських перевезень.

Основним показником який характеризує ефективність вулично-дорожньої мережі автомобільних доріг є коефіцієнт непрямої лінійності:

$$K_{непр} = \frac{l}{l_0}, \quad (1)$$

де: l – довжина шляху між двома населеними пунктами, км;

l_0 – довжина повітряної лінії, км.

Для визначення середньозваженого значення коефіцієнта непрямої лінійності для Березнівського району використовуємо формулу:

$$\bar{K}_{непр}^p = \frac{\sum_{i=1}^n K_{непр} \cdot l_i}{\sum l_i}, \quad (2)$$

де: l_i – довжина шляху між двома населеними пунктами, км.

Таким чином, отримане середньозважене значення коефіцієнта непрямої лінійності для досліджуваного району впливає із наявної слабо розвинутої мережі автошляхів, що звичайно відображається на експлуатаційних показниках транспортних засобів.

Аналізуючи структуру мережі автомобільних доріг різних районів, можна спостерігати взаємозв'язок між коефіцієнтом щільності та непрямої лінійності: чим більша щільність автомобільних доріг, тим менший коефіцієнт непрямої лінійності. Дослідження мережі автошляхів Березнівського району Рівненської області показують, що при щільності даного району – 172,9 км / 1000 км², коефіцієнт непрямої лінійності коливається від 1,03 – 7,50. Значення таких показників ведуть до надмірних перевитрат народного господарства та погіршення соціальних стандартів.

За існуючої щільності мережі автомобільних доріг Березнівського району, було виконано такі обсяги перевезення вантажів і пасажирів, та пробіги легкового автотранспорту:

- вантажообіг автомобільного транспорту - $Q = 8,6$ млн. ткм;

- пасажирообіг автобусів загального використання - $W = 109,6$ млн. пас.км;
- пробіг легкових автомобілів - $L_p = 39,53$ млн.км.

Приріст коефіцієнта непрямої лінійності визначаємо за формулою:

$$\Delta \bar{K}_{непр} = \frac{\bar{K}_{непр}^p - \bar{K}_{непр}}{\bar{K}_{непр}} \quad (3)$$

де $\bar{K}_{непр}^p$ - розраховане середньозважене значення непрямої лінійності для Березнівського району ($\bar{K}_{непр}^p = 1,60$);

$\bar{K}_{непр}$ - значення коефіцієнта непрямої лінійності оптимальної мережі, коливається від 1,0 до 1,3.

Приймаємо $\bar{K}_{непр} = 1,25$

$$\Delta \bar{K}_{непр} = \frac{1,60 - 1,25}{1,25} = 0,28 \quad (4)$$

Як видно з розрахунків, за нинішньої щільності мережі автомобільних доріг, неефективна робота автотранспорт району становить майже 20 відсотків. Основні об'ємні і економічні показники роботи автотранспорту Березнівського району, а також надмірну його роботу і пов'язані з цим втрати наведені в табл.2.

Таблиця 2

Показники роботи автотранспорту Березнівського району за наявної щільності мережі автомобільних доріг

Показники	Умовні позначення	Одиниці вимірювання	Числові значення
1. Обсяги річної транспортної роботи за видами транспорту: - вантажні автомобілі - пасажирські автобуси - легкові автомобілі	$Q_{річ}$ $W_{річ}$ $L_{річ}$	млн.ткм млн.паскм млн.км	8,6 109,6 39,5
2. Неефективна робота автотранспорту: - вантажні автомобілі - пасажирські автобуси - легкові автомобілі	$Q_{пер.вант}$ $W_{пер.пас.}$ $L_{пер.ла.}$	млн.ткм млн.паскм млн.км	2,4 30,7 11,1
3. Собівартість транспортної роботи: - вантажні автомобілі - пасажирські автобуси - легкові автомобілі	$S_{ткм}$ $S_{паскм}$ $S_{км}$	грн.ткм грн.паскм грн.км	4,7 0,8 4,1
4. Річні перевитрати автотранспорту: - вантажні автомобілі - пасажирські автобуси - легкові автомобілі	$S_{ва.}^p$ $S_{па.}^p$ $S_{ла.}^p$	млн.грн. млн.грн. млн.грн.	11,3 24,6 45,5
5. Сумарні перевитрати автотранспорту за рік експлуатації	$\Sigma S_{пер.тр.}^p$	млн.грн.	81,4
6. Надмірні транспортні витрати в розрахунку на одного жителя району	$V_{тран.}$	грн.	1280

В представлених розрахунках відсутні такі елементи транспортної системи як, спеціальний транспорт, автобуси для перевезення школярів, технологічний транспорт. А це ще додаткові мільйонні втрати щорічно, за низької щільності автомобільних доріг.

Розрахунки показують, що при існуючій щільності мережі автомобільних шляхів в Березнівському районі наявні значні втрати при експлуатації автомобільного транспорту, що погіршує соціально-економічну ситуацію, формує негативний інвестиційний клімат.

Висновки. В теорії і на практиці недостатньо приділяється уваги впливу щільності мережі автомобільних доріг на ефективність використання транспортних засобів і соціально-економічний розвиток території. Існуючі методи оцінки впливу є застарілими, що не враховують зміни в структурі транспортної системи, а також не визначають втрат, яке несе суспільство в натуральній і грошовій формі.

Запропонований метод визначення впливу щільності мережі автомобільних доріг на ефективність використання транспортних засобів і соціально-економічний розвиток території, що базується на основі коефіцієнта непрямої лінійності дорожньої мережі. Рациональне і фактичне значення коефіцієнта, з врахуванням роботи і пробігів всіх елементів транспортної системи, дає можливість визначити неефективну транспортну роботу. Так зокрема, лише по одному з адміністративних районів області втрати сягають понад 81 млн. грн. в рік, в розрахунку на одного жителя – 1280 грн. Екстраполюючи таку тенденцію на національні масштаби, втрати можуть становити понад 15 млрд. грн. щорічно.

Крім того, інвестиційна привабливість території залежить від інфраструктури, і зокрема від одного з її елементів – наявності автомобільних доріг, що визначається показником щільності автомобільних доріг. За цим показником порівнюються регіони за рівнем розвитку цієї складової інфраструктури.

1. Рэнкин В.У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: Справочник. Пер. с англ. / В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М.: Транспорт, 1981. – 592с..

2. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов: учеб. пособие для студ. авт.-дор спец. вузов / М.С. Фишельсон. - М.: Высш. шк., 1985.- 239 с.

3. Сотниченко Л. Л. Дослідження стану інфраструктурного забезпечення регіонів України / Л.Л. Сотниченко // Економіка і організація управління. – 2014. – № 1 (17) – 2 (18). – с. 255 – 263.

4. Дорошенко В.І., Діденко К.Д. Основні показники та індикатори функціонування пасажирської автотранспортної системи / В.І. Дорошенко, К.Д. Діденко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2005. – № 51, – с.35-36.

5. Кабінет Міністрів України. Стратегія розвитку транспорту 2020. Розпорядження від 20 жовтня 2010 р. N 2174-р.

[Електронний ресурс]. Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-p

6. Скочук М.П. Методика трансформування показника щільності автомобільних доріг / М.П. Скочук // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ, ТАУ. – 2005р. – Вип.2. – с. 227-230.

7. Vincenzo С., Скочук М., Ярош С. Транспортний план Волинської області. Звіт по пілотному проекту. Проект Європейського Союзу ЕuropeAid /114674/C/SV/VA «Сприяння регіональному розвитку в Україні» / Vincenzo С., Скочук М., Ярош С. // Волинська обласна державна адміністрація. Відділення «Київський центр Інституту досліджень Схід – Захід». - 2006. – 82с.

8. Рейтинг інвестиційної привабливості регіонів [Електронний ресурс] // Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. – Київ, - 2014. – 389с. - Режим доступу: www.ier.com.ua/files/Projects/2012/Рейтинг%20інвестиційної...

9. Редакційна стаття. Мінтранс: зелене світло реформам // Урядовий кур'єр. – 2001. – 20 березня.

10. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / [Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др.]; Под ред. Е.С. Кузнецова. – 3-изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 413с.

11. Канарчук В.Є. Виробничі системи на транспорті: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.Є. Канарчук, І.П. Курніков. – К.: Вища шк., 1997. – 359с.

12. Собкевич О. В., Михайличенко К. М., Ємельянова О. Ю. Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України / Собкевич О. В., Михайличенко К. М., Ємельянова О. Ю. - Національний інститут стратегічних досліджень. Аналітична доповідь. – К.: НІСД, 2014.– 60с.

REFERENCES

1. Rankine V.U., Клафи Р., & Hulbert С. (1981). *Avtomobilnyie perevozki i organizatsiya dorozhnogo dvizheniya* [Motor-car transportations and organization of travelling motion]. Moscow: Transport [in Russian].

2. Fyshelson M.S. (1985). *Transportnaia planirovka horodov* [Transport planning of cities]. Moscow: Higher school [in Russian].

3. Sotnichenko L. L. (2014). Doslidzhennia stanu infrastruktornoho zabezpechennia rehioniv Ukrainy [Research of the state of the infrastructural providing of regions of Ukraine]. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia - Economy and organization of management*, 2(18), 255- 263 [in Ukrainian].

4. Doroshenko V.I., & Didenko K.D. (2000). Osnovni pokaznyky ta indykatory funktsionuvannia pasazhyrskoi avtotransportnoi systemy [The Basic indexes and indicators of functioning of the passenger motor transport system]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka - Announcer the Kievan national university of the name of Tarasa Shevchenko*, 51, 35-36. [in Ukrainian].

5. Cabinet of Ministers of Ukraine. Stratehiiia rozvytku transportu 2020. [Strategy for the development of transport 2020]. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-r> [in Ukrainian].

6. Skochuk M.P. (2005). Metodyka transformuvannia pokaznyka shchilnosti avtomobilnykh dorih [Method of transformation of index of closeness of highways]. *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka – Management projects, analysis of the systems and logistic*, 2, 227-230 [in Ukrainian].

7. Vincenzo C., Skchuk M., & Yarosh S. (2006). *Transportnyi plan Volynskoi oblasti. Zvit po pilotnomu proektu. Proekt Yevropeiskoho Soiuzu EuropeAid /114674/C/SV/VA «Spryiannia rehionalnomu rozvytku v Ukraini» [Transport plan of the Volyn region. Pilot project report. European Union project EuropeAid / 114674 / C / SV / VA «Promoting Regional Development in Ukraine»]*. Volyn Regional State Administration. Department «Kiev Center of the East-West Research Institute»: [in Ukrainian].

8. Reitynh investytsiinoi pryvabyvosti rehioniv [Rating of investment attractiveness of regions]. *Institute for Economic Research and Policy Consulting*. Retrieved from <http://www.ier.com.ua/files/Projects/2012/Rating%20Investment...>

9. Editorial article. (2001). Mintrans: zelene svitlo reformam [Ministry of Transport: green light for reforms]. *Uriadovi kurier - Uryadovy Courier*. [in Ukrainian].

10. Kuznetsov E.S., Voronov V.P., & Boldyn A.P. (1991). *Tekhnicheskaiia ekspluatatsiia avtomobylei [Technical exploitation of cars]*. Moscow: Transport [in Russian].

11. Kanarchuk V.Ie., & I.P. Kurnikov I.P. (1997). *Vyrobnychi systemy na transporti [Productive systems on a transport]*. Kyiv: Higher school [in Ukrainian].

12. Sobkevych O. V., Mykhailychenko K. M., & Yemelianova O. Yu. (2014) *Mekhanizmy efektyvnoho vykorystannia ta rozvytku potentsialu transportno-dorozhnoho kompleksu Ukrainy [Mechanisms of the effective use and development of potential of transport-travelling complex of Ukraine]*. Kyiv: NISD [in Ukrainian].

Сковчук М.П. Дослідження щільності мережі автомобільних доріг на ефективність функціонування транспортних систем.

В статті досліджується вплив щільності мережі автомобільних доріг на ефективність використання транспортних засобів і соціально-економічний розвиток адміністративного району. В процесі досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі: проведено порівняльний аналіз щільності автодоріг України і деяких країн ЄС, визначено коефіцієнт непрямолінійності існуючої мережі автомобільних доріг Березнівського району Рівненської області, досліджено виробничий потенціал району, чисельність та структуру парку, і на цій основі проведено розрахунок надмірних транспортних витрат.

Рівень розвитку мережі автомобільних шляхів оцінюється протяжністю та щільністю. Щільність автомобільних доріг оцінюють різними коефіцієнтами. В статті обґрунтовується метод дослідження на основі коефіцієнта непрямолінійності дорожньої мережі. Встановлено, що коефіцієнт щільності автомобільних доріг в Україні в п'ять – сім разів нижчий, ніж в розвинених країнах. Автомобільний транспорт загального користування особливо не страдає від низької щільності автомобільних доріг, оскільки він переносить свої витрати на споживачів. Суспільство в цілому збіднюється, так як виконує непотрібну роботу, а надмірно затратені ресурси можна було б використати на накопичення і споживання.

Аналізуючи структуру мережі автомобільних доріг різних районів, можна спостерігати взаємозв'язок між коефіцієнтом щільності та непрямолінійності: чим більша щільність автомобільних доріг, тим менший коефіцієнт непрямолінійності. Розраховано середньозважене значення коефіцієнта непрямолінійності для Березнівського району, який становить 1,6, що на третину вищий, ніж середньозважений нормативний. Рациональне і фактичне значення коефіцієнта, з врахуванням роботи і пробігів всіх елементів транспортної системи, дає можливість визначити неефективну транспортну роботу. Так зокрема, лише по одному з адміністративних районів області втрати сягають понад 81 млн. грн. в рік, в розрахунок на одного жителя – 1280 грн. Екстраполюючи таку тенденцію на національні масштаби, втрати можуть становити понад 15 млрд. грн. щорічно.

Ключові слова: щільність автомобільних доріг, мережа автомобільних доріг, автомобільний транспорт, коефіцієнт непрямолінійності дорожньої мережі, ефективність функціонування транспортних систем.

Skochuk M.P. Investigation of the density of the network of highways on the efficiency of the operation of transport systems.

The article investigates the impact of the density of the road network on the efficiency of the use of vehicles and the socio-economic development of the administrative district. In the process of achieving this goal, the following tasks were solved: a comparative analysis of the density of roads of Ukraine and some EU countries was conducted, the coefficient of indirectity of the existing network of highways of Berезnovsky district of Rivne region was determined, the production potential of the rayon, the size and structure of the park were investigated, and on this basis the calculation of excessive transport costs.

The level of development of the network of roads is estimated by length and density. Density of motor roads is estimated by different coefficients. The article substantiates the method of research based on the coefficient of non-directorality of the road network. It is established that the coefficient of density of highways in Ukraine is five to seven times lower than in developed countries. Public transport is not particularly afflicted by the low density of roads, as it carries its costs to consumers. The society as a whole is impoverished, as it performs unnecessary work, and excessively spent resources could be used for accumulation and consumption.

Analyzing the structure of the network of highways in different regions, one can observe the relationship between the density factor and the non-directorality: the higher the density of roads, the lower the coefficient of non-directorality. The weighted average of the non-directorality coefficient for the Bereznovsky rayon is calculated, which is 1.6, which is one third higher than the weighted average normative. The rational and actual value of the coefficient, taking into account the work and mileage of all elements of the transport system, makes it possible to determine inefficient transport work. So in particular, only one of the administrative districts of the oblast loses over 81 million UAH. per year, per capita - 1280 UAH. Extrapolating such a tendency on a national scale, the losses can amount to more than 15 billion UAH. annually.

Key words: density of highways, network of highways, road transport, coefficient of non-directness of road network, efficiency of functioning of transport systems.

АВТОР:

СКОЧУК Микола Пилипович, кандидат економічних наук, доцент кафедри «Автомобілів та автомобільного господарства», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: m.p.skochuk@nuwm.edu.ua.

AUTORS:

M.P. Skochuk, PhD in Economic Sciences, Associate Professor of Automobiles and Vehicles Fleet, the National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine, e-mail: m.p.skochuk@nuwm.edu.ua.

Стаття надійшла в редакцію 9.10.2017 р.

Таран И.А., Литвин В.В.
Национальный горный университет

ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PTV VISION VISUM

В работе представлены основные виды исходных данных необходимых для создания транспортной модели города. Проанализированы основные причины трудности (а также возможные источники) их получения от представителей органов власти и различных юридических лиц. Разработаны оригинальные методики для определения базовых атрибутов транспортных районов, таких как общая численность населения, численность трудящегося населения, количество рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг на основе имеющихся укрупненных данных. Представлены результаты расчетов основных исходных статистических данных необходимых для создания модели спроса транспортной модели г. Павлоград в программном комплексе PTV VISION VISUM.

Ключевые слова: модель транспортного спроса, количество трудящегося населения, рабочие места в сфере услуг, модель распределения, дифференцирование населения, генеральный план города.

Постановка проблемы. В работе [1] доказано, что создание транспортных моделей позволяет качественно и количественно оценить последствия реализации тех или иных сценариев развития транспортных систем городов и регионов. Моделирование позволяет учесть различные гипотезы развития транспортных систем и является гибким инструментом при решении задач транспортного планирования и организации дорожного движения. Одним из лидеров в мире среди разработчиков программного обеспечения для моделирования транспортных систем является немецкая компания PTV AG. Разработанный данной компанией программный комплекс PTV VISION VISUM представляет собой обширную, гибкую программу для моделирования транспортных потоков, расчета спроса на транспорт, анализа транспортной сети, расчета себестоимости общественного транспорта и прогноза запланированных мероприятий и их последствий.

Однако любая математическая модель функционирования транспортной сети основывается на большом объеме разнообразных (зачастую специфических) исходных данных, получение которых вызывает серьезные затруднения. Данная ситуация объясняется тем, что в настоящее время в Украине нет налаженного механизма получения статистической информации для целей транспортного планирования и моделирования от государственных органов. Часто проблема заключается в том, что предоставление необходимых (с требуемой для целей транспортного планирования дискретностью) данных даже в обезличенном виде сотрудниками органов власти трактуются как нарушение Закона Украины «О защите персональных данных». И это, в первую очередь, является основной трудностью на пути создания транспортных моделей крупных городов. Таким образом, сбор исходных данных представляет собой наиболее трудоемкий и продолжительный по времени этап при построении транспортных моделей с использованием программного комплекса PTV VISION VISUM.

Цель работы. Для моделирования сценариев развития транспортной системы необходим ряд исходных данных, классификация которых представлена на рисунке 1. Анализ информации, представленной на рисунке 1, позволяет сделать вывод, что все данные для моделирования сценариев можно условно разбить на две группы: исходные данные для изменения *транспортного предложения* и исходные данные для изменения *транспортного спроса*.

Исходные данные для прогнозирования транспортного спроса обычно вызывают наибольшие затруднения при получении их от заказчика работ. Это связано с тем, что некоторые необходимые данные очень специфичны и используются только в транспортном моделировании и не применяются в других сферах [2]. Например, проектировщики крупных коммерческих объектов (торговых центров, офисных зданий) при проектировании обычно не закладывают планируемое количество рабочих мест, а используют только параметры площадей – общая площадь, торговая площадь и т.д. В этом случае необходимо или адаптировать коэффициенты процедуры генерации спроса для слов спроса к площадям, или попытаться с помощью заказчика оценить возможный объем рабочих мест и долю рабочих мест в сфере услуг из общего объема для данных площадей. В свою очередь при работе с государственными и муниципальными заказчиками не всегда возможно однозначно определить изменения в распределении жителей, рабочих мест и т.д. по территории города для

долгосрочного прогноза, т.к. планы по развитию территорий постоянно корректируются, и Генеральные планы редко исполняются по графику.

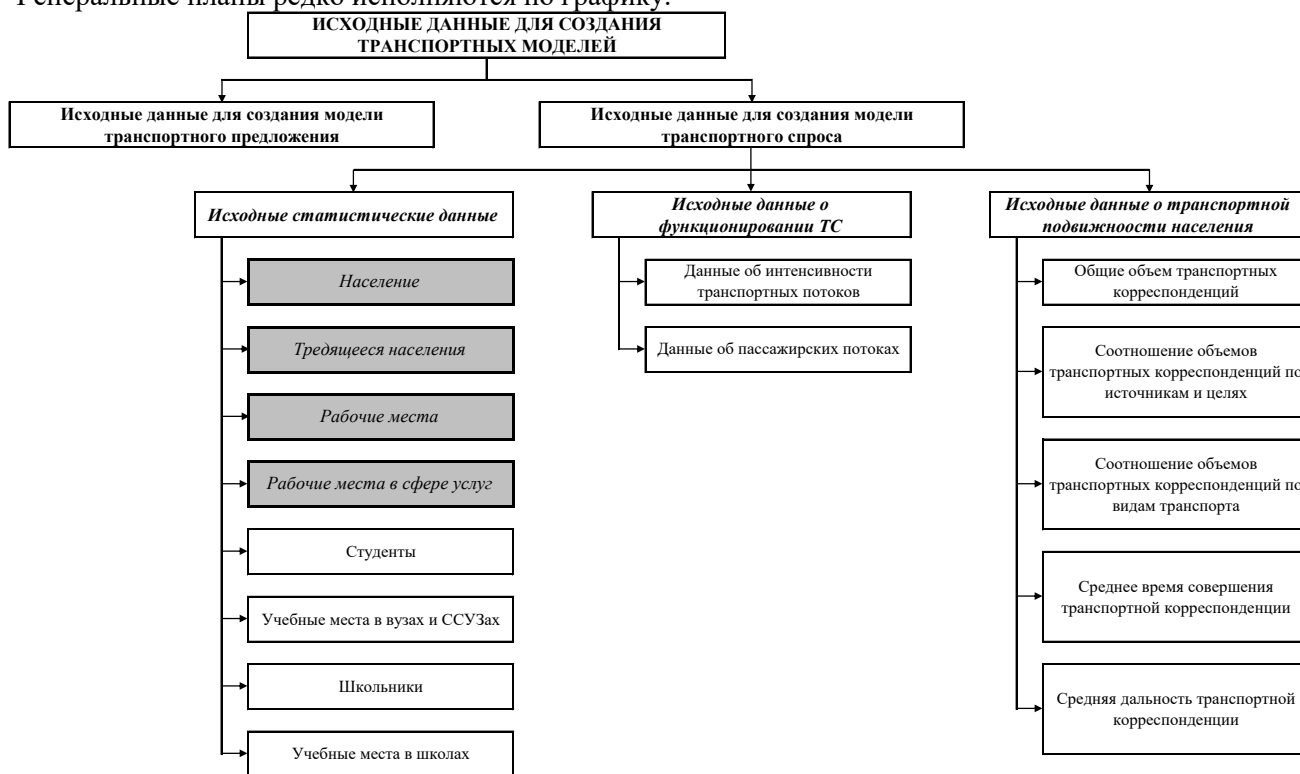


Рисунок 1 – Классификация необходимых исходных данных для создания транспортной модели

Таким образом, для некоторых видов статистических исходных данных приходится разрабатывать специальные методики их расчета на основе имеющихся укрупненных данных, а также данных других типов. Целью работы является разработка оригинальных методик для определения базовых атрибутов транспортных районов, таких как *общая численность населения, численность трудящегося населения, количество рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг* на основе имеющихся общедоступных сведений. А также расчет основных исходных статистических данных необходимых для создания модели спроса транспортной модели г. Павлоград в программном комплексе PTV VISION VISUM.

Материал и результаты исследований. В работе [1] был подробно описан алгоритм и основные этапы создания действующей транспортной модели г. Павлоград в программном комплексе PTV VISION VISUM. Разработанная модель состоит из *модели сети города, модели спроса на транспорт и различных моделей воздействия.*

Модель сети города должна отображать пространственную структуру предложения транспортных услуг. Модель сети состоит из большого количества объектов, которые содержат все релевантные данные (связи) о сети транспортных путей, маршрутов, расписаний и транспортных районов. В рамках разработки транспортной модели г. Павлоград была создана *модель транспортного предложения*, которая состоит из 440 узлов; 1200 отрезков; 74 остановочных пунктов; 23 маршрутов общественного транспорта и 13 транспортных районов. Каждый из этих объектов сети описывается входными (или выходными) атрибутами.

Для построения модели спроса в первую очередь необходимо задать базовые атрибуты транспортных районов. Методика построения модели транспортного спроса не предполагает учета школьников в транспортном спросе. Обоснованием данного допущения служат градостроительные нормы. Согласно этим нормам каждый район города, а соответственно и транспортный район, должен быть обеспечен местами в детских школьных и дошкольных учреждениях. Исходя из этого, было сделано предположение о том, что учащиеся средних общеобразовательных учреждений (школ) проживают в условиях пешеходной доступности от своих мест обучения и не пользуются услугами общественного транспорта при осуществлении учебных передвижений [3]. Таким образом, для разработки транспортной модели г. Павлоград необходимо было для каждого района города определить и задать следующие статистические данные (рисунок 2):

- общая численность населения;

- количество трудящегося населения;
- количество рабочих мест;
- количество рабочих мест в сфере услуг.

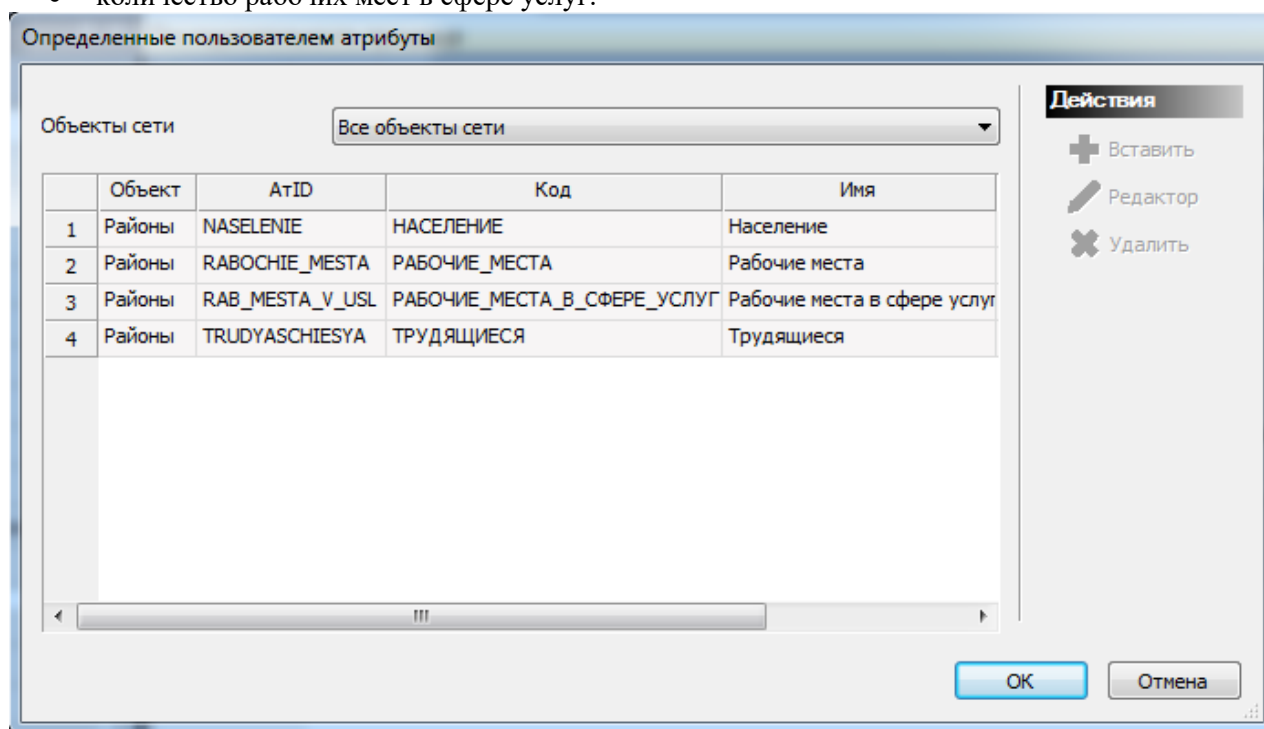


Рисунок 2 – Определение пользовательских атрибутов транспортных районов г. Павлоград

Основным источником достоверной информации об *общей численности населения* являются избирательные комиссии населенных пунктов. Данные избирательных комиссий регулярно обновляются и проверяются. Однако следует учитывать, что этот источник имеет ряд особенностей. Во-первых, избирательные комиссии содержат данные только о населении, имеющем право голоса, то есть о совершеннолетних жителях населенного пункта (района). А при моделировании работы общественного транспорта бывает важно учесть также и несовершеннолетних жителей. Во-вторых, информация, имеющаяся в их распоряжении, основана на данных о месте регистрации населения, в то время как в современных реалиях люди все чаще проживают не по месту своей регистрации.

Для расчета численности населения транспортных районов были использованы сведения о количестве избирателей в г. Павлоград на региональных выборах, которые прошли 25 октября 2015 года. Авторами было принято допущение, что количество жителей районов пропорционально количеству избирателей в нем. А количество несовершеннолетних жителей можно учесть на основании следующего корректировочного коэффициента:

$$K_k = \frac{N_{общ}^{нас}}{N_{общ}^{изб}}, \quad (1)$$

где $N_{общ}^{нас}$ - общее количество жителей г. Павлоград, ($N_{общ}^{нас}=109\,453$ чел.);

$N_{общ}^{изб}$ - общее количество избирателей г. Павлоград ($N_{общ}^{изб}=90\,416$ чел.).

Таким образом, общая численность населения $N_i^{нас}$ в транспортных районах г. Павлоград может быть рассчитана по следующей зависимости:

$$N_i^{нас} = K_k \cdot N_i^{изб}, \text{ чел.} \quad (2)$$

где $N_i^{изб}$ - количество избирателей в i -м транспортном районе города, чел.

Сведения о количестве избирателей $N_i^{изб}$ в транспортных районах г. Павлоград, а также результаты расчетов корректировочного коэффициента K_k и общей численности населения $N_i^{нас}$ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура и результаты расчетов численности населения транспортных районов г. Павлоград

№	Транспортный район	Количество избирателей $N_i^{изб}$, чел.	Корректировочный коэффициент K_k	Общая численность населения $N_i^{нас}$, чел.
1	з-д Литмаш	2 022	1,211	2 448
2	40 лет	6 536		7 912
3	ПЗТО	16 331		19 769
4	ПМЗ	6 887		8 337
5	Сосновка	5 161		6 248
6	РТС	3 003		3 635
7	Сельмаг	2 372		2 871
8	Калинина	3 047		3 689
9	Городище	2 286		2 767
10	Шахтострой	6 360		7 699
11	Химзавод	9 740		11 791
12	Центр	24 581		29 757
13	Химмаш	2 090		2 530
ВСЕГО		90 416		109 453

Для определения количества трудящегося населения было принято допущение, что градация жителей г. Павлоград по возрастным группам, соответствует средним значениям по Днепропетровской области. Согласно сведениям Главного управления статистики в Днепропетровской области, распределение населения по возрастным группам имеет следующий вид [4]:

- от 0 до 6 лет – 6,26%;
- от 7 до 16 лет – 9,39%;
- от 17 до 19 лет – 3,52%;
- от 20 до 60 лет – 58,45%;
- более 60 лет – 22,38%.

Дифференцирование общей численности населения транспортных районов г. Павлоград (таблица 1) по возрастным группам представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределения населения транспортных районов г. Павлоград по возрастным группам

№	Транспортный район	Возраст жителей города, лет					
		0 - 6	7 - 16	17 - 19	20 - 39	40 - 60	более 60
1	з-д Литмаш	153	230	86	787	644	548
2	40 лет	495	743	279	2 543	2 081	1 771
3	ПЗТО	1 238	1 857	696	6 355	5 200	4 424
4	ПМЗ	522	783	294	2 680	2 193	1 866
5	Сосновка	391	587	220	2 009	1 643	1 398
6	РТС	228	341	128	1 169	956	814
7	Сельмаг	180	270	101	923	755	643
8	Калинина	231	346	130	1 186	970	825
9	Городище	173	260	97	889	728	619
10	Шахтострой	482	723	271	2 475	2 025	1 723
11	Химзавод	738	1 107	415	3 790	3 101	2 639
12	Центр	1 863	2 795	1 048	9 566	7 826	6 659
13	Химмаш	158	238	89	813	666	566
ВСЕГО		6 853	10 280	3 854	35 185	28 788	24 493

Авторами было принято допущение, что в качестве *трудящегося населения* необходимо принимать население в возрасте от 20 до 60 лет с учетом уровня занятости (или безработицы) региона. Согласно данных статистики уровень занятости населения в Днепропетровской области за 2016 год составил 64,7 % [4].

Таким образом, количество трудящегося населения $N_i^{нас. раб}$ в транспортных районах г. Павлоград может быть рассчитано по следующей зависимости:

$$N_i^{нас. труд} = K_{занятости} \cdot N_i^{20-60}, \quad (3)$$

где $K_{занятости}$ - коэффициент учитывающий уровень занятости населения;
 N_i^{20-60} - количество жителей трудоспособного возраста в i -м транспортном районе, чел.

Сведения о количество избирателей $N_i^{изб}$, а также Результаты расчетов количества жителей трудоспособного возраста и количества трудящегося населения в транспортных районах г. Павлоград представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Структура и результаты расчетов количества трудящегося населения районов г. Павлоград

№	Транспортный район	Количество жителей трудоспособного возраста, N_i^{20-60} , чел.	Коэффициент, учитывающий уровень занятости $K_{занятости}$	Количество трудящегося населения $N_i^{нас. труд}$, чел
1	з-д Литмаш	1 431	0,67	926
2	40 лет	4 624		2 992
3	ПЗТО	11 555		7 476
4	ПМЗ	4 873		3 153
5	Сосновка	3 652		2 363
6	РТС	2 125		1 375
7	Селмаг	1 678		1 086
8	Калинина	2 156		1 395
9	Городище	1 617		1 046
10	Шахтострой	4 500		2 911
11	Химзавод	6 891		4 459
12	Центр	17 392		11 252
13	Химмаш	1 479		957
ВСЕГО		90 416		109 453

Одним из ключевых параметров, определяющих транспортный спрос, выступает количество рабочих мест и степень их концентрации в пространстве города [5]. Для создания качественной модели транспортного спроса необходима информация о распределении рабочих мест по территории города. В реальных условиях данную информацию можно получить из следующих источников:

1) данные пенсионного фонда о зарегистрированных работниках в организациях города и их юридические адреса;

2) базы данных открытых источников, которые содержат адреса организаций и их филиалов: печатные справочники, интернет-ресурсы, компьютерные программы.

Следует отметить, что при моделировании транспортного спроса отдельным элементом модели принимаются рабочие места в сфере услуг. *Рабочие места в сфере услуг* – это рабочие места, которые в течение дня привлекают не только людей, трудящихся на этих рабочих местах, но и их посетителей. К сфере услуг относятся предприятия и организации, которые оказывают все виды коммерческих и некоммерческих услуг. Таким образом, рабочие места в сфере услуг формируют дополнительные слои транспортного спроса, так как являются целью совершения транспортных корреспонденций для населения, которое пользуется оказываемыми услугами, и источником для возвратных корреспонденций. В качестве рабочих мест в сфере услуг обычно выступают магазины, кафе, торгово-развлекательные центры, медицинские учреждения, детские сады и т.д.

Рабочие места в сфере услуг характеризуются тем, что привлекают остальных жителей города, не занятых в данной сфере, различными услугами, такими как продажа товаров народного потребления, оказание медицинских, образовательных и прочих видов услуг. Однако необходимо учитывать и тот факт, что существуют офисные организации, где сотрудники прибывают на место работы и остаются на рабочем месте в течение рабочего дня, выполняя текущую работу без привлечения большого количества клиентов. Таким образом, не для каждой сферы деятельности будут заданы рабочие места в сфере услуг.

Обычно для каждой организации из открытых источников (средства массовой информации, справочная периодика, интернет ресурсы) известна сфера его деятельности. В зависимости от этой сферы деятельности производится выборка, и на основе запросов определяется количество рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг для каждой организации.

Для определения количества рабочих мест и количества рабочих мест в сфере услуг в транспортных районах города на основании Генерального плана г. Павлоград (рисунок 3) было установлено местоположение 450 действующих предприятий и учреждений города. Их перечень с привязкой к транспортным районам и сферам деятельности представлен в таблице 4 (фрагмент).

Не имея реальных сведений о количестве рабочих мест (в том числе и в сфере услуг) на данных предприятиях, авторами для их определения было принято решение применить «закон больших чисел». Под законом больших чисел в широком смысле понимается общий принцип, согласно которому, по формулировке академика А.Н. Колмогорова, совокупное действие большого числа случайных факторов приводит (при некоторых общих условиях) к результату, почти не зависящему от случая. Другими словами, при большом количестве случайных величин их средний результат перестает быть случайным и может быть предсказан с большой степенью определенности [6].

Сущность предлагаемой методики заключается в том, что каждой организации, путем экспертной оценки, присваивается ориентировочное число рабочих мест исходя из общих представлений о специфике ее работы. Учитывая, что в качестве экспертов были привлечены сотрудники, работающие на аналогичных предприятиях г. Днепр и имея достаточно большую выборку (450 организаций), можно с большой долей вероятности предположить, что данный способ расчета позволит обеспечить допустимую степень погрешности итоговых результатов. Общее количество рабочих мест для i -го транспортного района г. Павлоград может быть рассчитано по следующей зависимости:

$$PM_i = PM_{г. Павлоград}^{2016} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс}}, \quad (4)$$

где $PM_{г. Павлоград}^{2016}$ - общее количество рабочих мест в г. Павлоград по данным на 2016 г. ($PM_{г. Павлоград}^{2016} = 24\ 815$ мест) [7];

$PM_{ij}^{экс}$ - экспертная оценка количества рабочих мест в j -й организации, расположенной в i -м транспортном районе;

n - количество транспортных районов в г. Павлоград ($n=13$);

m - количество организаций, расположенных в i -м транспортном районе (таблица 4).

Для определения количества рабочих мест в сфере услуг можно воспользоваться зависимостью (4) заменив часть формулы $\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс}$ на $\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс(CV)}$. Необходимые данные для расчета последней составляющей также представлены в таблице 4. Таким образом, в результате реализации предлагаемых методик были рассчитаны необходимые исходные статистические данные для создания модели спроса транспортной модели г. Павлоград в программном комплексе PTV VISION VISUM. Транспортные районы г. Павлоград с заданными атрибутами представлены на рисунке 3.

Выводы. Любая математическая модель функционирования транспортной сети основывается на большом количестве разнообразных исходных данных, получение которых в реальных условиях вызывает серьезные затруднения. Наибольшие трудности возникают при подготовке исходных статистических данных для создания модели транспортного спроса. Это связано с тем, что во-первых

большинство из них очень специфичны и используются только в транспортном моделировании и не применяются в других сферах; а во-вторых представляют коммерческую тайну или подпадает под действие Закона Украины «О защите персональных данных». Таким образом, для некоторых видов статистических исходных данных приходится разрабатывать специальные методики их расчета на основе имеющихся укрупненных данных, а также данных других типов.

В работе представлены и реализованы оригинальные методики для определения базовых атрибутов транспортных районов, таких как общая численность населения, численность трудящегося населения, количество рабочих мест и рабочих мест в сфере услуг.

Для расчета этих показателей авторами предлагается использование следующей информации, как правило, находящейся в открытом доступе: списки избирательных комиссий, общее количество жителей города, градация населения по возрастным группам, уровня занятости (или безработицы) региона, перечень действующих предприятий и учреждений, генеральный план города и т.д.

В результате реализации предлагаемых методик были рассчитаны необходимые исходные статистические данные для создания модели спроса транспортной модели г. Павлоград в программном комплексе PTV VISION VISUM. Моделирование работы маршрутной транспортной сети города (при помощи разработанной модели) позволит формулировать и обосновать различные управленческие решения по повышению эффективности работы городского пассажирского транспорта г. Павлоград.

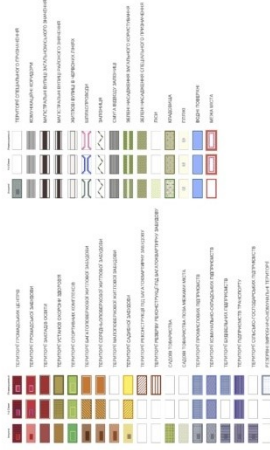
ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН г. ПАВЛОГРАД



ПАВЛОГРАД ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ГРОМАДСЬКИХ СЛУХАНЬ
ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН (СХЕМАТИЧНЕ КРЕПЛЕННЯ)

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ



ЕКСПЛІКАЦІЯ

- 1. ПАРКОВА ЗОНА
- 2. ПАРКОВА ЗОНА
- 3. ПАРКОВА ЗОНА
- 4. ПАРКОВА ЗОНА
- 5. ПАРКОВА ЗОНА
- 6. ПАРКОВА ЗОНА
- 7. ПАРКОВА ЗОНА
- 8. ПАРКОВА ЗОНА
- 9. ПАРКОВА ЗОНА
- 10. ПАРКОВА ЗОНА
- 11. ПАРКОВА ЗОНА
- 12. ПАРКОВА ЗОНА
- 13. ПАРКОВА ЗОНА
- 14. ПАРКОВА ЗОНА
- 15. ПАРКОВА ЗОНА
- 16. ПАРКОВА ЗОНА
- 17. ПАРКОВА ЗОНА
- 18. ПАРКОВА ЗОНА
- 19. ПАРКОВА ЗОНА
- 20. ПАРКОВА ЗОНА
- 21. ПАРКОВА ЗОНА
- 22. ПАРКОВА ЗОНА
- 23. ПАРКОВА ЗОНА
- 24. ПАРКОВА ЗОНА
- 25. ПАРКОВА ЗОНА
- 26. ПАРКОВА ЗОНА
- 27. ПАРКОВА ЗОНА
- 28. ПАРКОВА ЗОНА
- 29. ПАРКОВА ЗОНА
- 30. ПАРКОВА ЗОНА
- 31. ПАРКОВА ЗОНА
- 32. ПАРКОВА ЗОНА
- 33. ПАРКОВА ЗОНА
- 34. ПАРКОВА ЗОНА
- 35. ПАРКОВА ЗОНА
- 36. ПАРКОВА ЗОНА
- 37. ПАРКОВА ЗОНА
- 38. ПАРКОВА ЗОНА
- 39. ПАРКОВА ЗОНА
- 40. ПАРКОВА ЗОНА
- 41. ПАРКОВА ЗОНА
- 42. ПАРКОВА ЗОНА
- 43. ПАРКОВА ЗОНА
- 44. ПАРКОВА ЗОНА
- 45. ПАРКОВА ЗОНА
- 46. ПАРКОВА ЗОНА
- 47. ПАРКОВА ЗОНА
- 48. ПАРКОВА ЗОНА
- 49. ПАРКОВА ЗОНА
- 50. ПАРКОВА ЗОНА
- 51. ПАРКОВА ЗОНА
- 52. ПАРКОВА ЗОНА
- 53. ПАРКОВА ЗОНА
- 54. ПАРКОВА ЗОНА
- 55. ПАРКОВА ЗОНА
- 56. ПАРКОВА ЗОНА
- 57. ПАРКОВА ЗОНА
- 58. ПАРКОВА ЗОНА
- 59. ПАРКОВА ЗОНА
- 60. ПАРКОВА ЗОНА
- 61. ПАРКОВА ЗОНА
- 62. ПАРКОВА ЗОНА
- 63. ПАРКОВА ЗОНА
- 64. ПАРКОВА ЗОНА
- 65. ПАРКОВА ЗОНА
- 66. ПАРКОВА ЗОНА
- 67. ПАРКОВА ЗОНА
- 68. ПАРКОВА ЗОНА
- 69. ПАРКОВА ЗОНА
- 70. ПАРКОВА ЗОНА
- 71. ПАРКОВА ЗОНА
- 72. ПАРКОВА ЗОНА
- 73. ПАРКОВА ЗОНА
- 74. ПАРКОВА ЗОНА
- 75. ПАРКОВА ЗОНА
- 76. ПАРКОВА ЗОНА
- 77. ПАРКОВА ЗОНА
- 78. ПАРКОВА ЗОНА
- 79. ПАРКОВА ЗОНА
- 80. ПАРКОВА ЗОНА
- 81. ПАРКОВА ЗОНА
- 82. ПАРКОВА ЗОНА
- 83. ПАРКОВА ЗОНА
- 84. ПАРКОВА ЗОНА
- 85. ПАРКОВА ЗОНА
- 86. ПАРКОВА ЗОНА
- 87. ПАРКОВА ЗОНА
- 88. ПАРКОВА ЗОНА
- 89. ПАРКОВА ЗОНА
- 90. ПАРКОВА ЗОНА
- 91. ПАРКОВА ЗОНА
- 92. ПАРКОВА ЗОНА
- 93. ПАРКОВА ЗОНА
- 94. ПАРКОВА ЗОНА
- 95. ПАРКОВА ЗОНА
- 96. ПАРКОВА ЗОНА
- 97. ПАРКОВА ЗОНА
- 98. ПАРКОВА ЗОНА
- 99. ПАРКОВА ЗОНА
- 100. ПАРКОВА ЗОНА

М 1 : 10 000

Рисунок 3 – Генеральний план г. Павлоград

Таблица 4 – Экспертная оценка количества рабочих мест на предприятиях и учреждениях г. Павлоград (фрагмент) с учетом их сферы деятельности территориального расположения

№	Инд. №	Перечень предприятий и учреждений г. Павлоград	$PM_{ij}^{экс}$, чел.	Сфера услуг, чел.		Промышленность, чел.		PM_i чел.
				$\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс(СУ)}$	$PM_i^{(СУ)}$	$\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс(П)}$	$PM_i^{(П)}$	
2		40 Лет (16 Организаций)	560					
	204	ГАРАЖИ, СТОЯНКИ (4)	20 (СУ)	560	804	0	0	804
58	241	КОТЕЛЬНАЯ	10 (СУ)					
59	82	МАГАЗИН (8)	40 (СУ)					
60	31	ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА	50 (СУ)					
61	29	ДОШКОЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ	30 (СУ)					
62	37	МАУП	50 (СУ)					
63	78	ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР	50 (СУ)					
64	238	КНС	20 (СУ)					
65	60	БОЛЬНИЦА, ПОЛИКЛИНИКА	50 (СУ)					
66	66	АПТЕКА	10 (СУ)					
67	80	ТРЦ	50 (СУ)					
68	49	ДОМ КУЛЬТУРЫ, КЛУБ	20 (СУ)					
69	72	СТАДИОН	20 (СУ)					
70	33	ЗАПАДНО-ДОНБАССКАЯ ЛИЦЕЙ	50 (СУ)					
71	34	ШКОЛА ИНТЕРНАТ	50 (СУ)					
72	46	ЦЕНТР ДЕТСКОГО ТВОРЧЕСТВА	40 (СУ)					
3		ПЗТО (32 организации)	1 785					
73	31	ШКОЛА (2)	100 (СУ)	1 225	1 760	560	805	2 565
74	7	НАЛОГОВАЯ ИНСПЕКЦИЯ	20 (СУ)					
75	29	ДОШКОЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ (3)	90 (СУ)					
76	104	МЕЛЬНИЦА	100 (П)					
77	24	АДМИНЗДАНИЯ	20 (СУ)					
78	82	МАГАЗИН (10)	50 (СУ)					
79	83	ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕПИТА (3)	30 (СУ)					
80	78	ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР (4)	200 (СУ)					
81	56	ВАЛЕОЦЕНТР	40 (СУ)					
82	76	РЫНОК	30 (СУ)					
83	242	МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ 3-Д	30 (П)					
84	49	ДОМ КУЛЬТУРЫ, КЛУБ	20 (СУ)					
85	204	ГАРАЖИ, СТОЯНКИ (2)	10 (СУ)					
86	80	ТРЦ	60 (СУ)					
87	45	ВНЕШКОЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ	45 (СУ)					
88	53	КУЛЬТОВОЕ СООРУЖЕНИЕ	5 (СУ)					
89	214	ПОЖАРНОЕ ДЕПО	30 (СУ)					
90	72	СТАДИОН	20 (СУ)					
91	204	ГАРАЖИ, СТОЯНКИ (6)	30 (СУ)					
92	84	ПРЕДПРИЯТИЕ БЫТОВОГО ОБСЛУЖ.	30 (СУ)					
93	61	ПОЛИКЛИНИКА	50 (СУ)					
94	186	БАЗА «ПАВЛОГРАДИНВЕСТСТРОЙ»	100 (СУ)					
95	151	ТРАНСПОРТНАЯ УЧАСТОК ПМЗ	50 (СУ)					
96	89	ПАВЛОГРАДСКИЙ ЗАВОД	300 (П)					
97	99	ПРЕДПРИЯТИЕ «ЛИТЕЙЩИК»	50 (П)					
98	90	ООО «ПЗ ТЕХНОЛ. ОБОРУДОВАНИЯ»	60 (П)					
99	216	ПРИЕМНЫЙ ПУНКТ МЕТАЛЛОЛОМА	30 (СУ)					
100	224	УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОСЕТЕЙ	20 (СУ)					

№	Инд. №	Перечень предприятий и учреждений г. Павлоград	$PM_{ij}^{экс}$, чел.	Сфера услуг, чел.		Промышленность, чел.		PM_i чел.
				$\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс(CV)}$	$PM_i^{(CV)}$	$\sum_{j=1}^m PM_{ij}^{экс(П)}$	$PM_i^{(П)}$	
10 1	35	МЕДИЧНЕУЧИЛИЩЕ	60 (СУ)					
10 2	36	СПТУ-43	50 (СУ)					
10 3	106	ПЕКАРНЯ	20 (П)					
10 4	173	АЗС	5 (СУ)					
10 5	172	СТО	30 (СУ)					

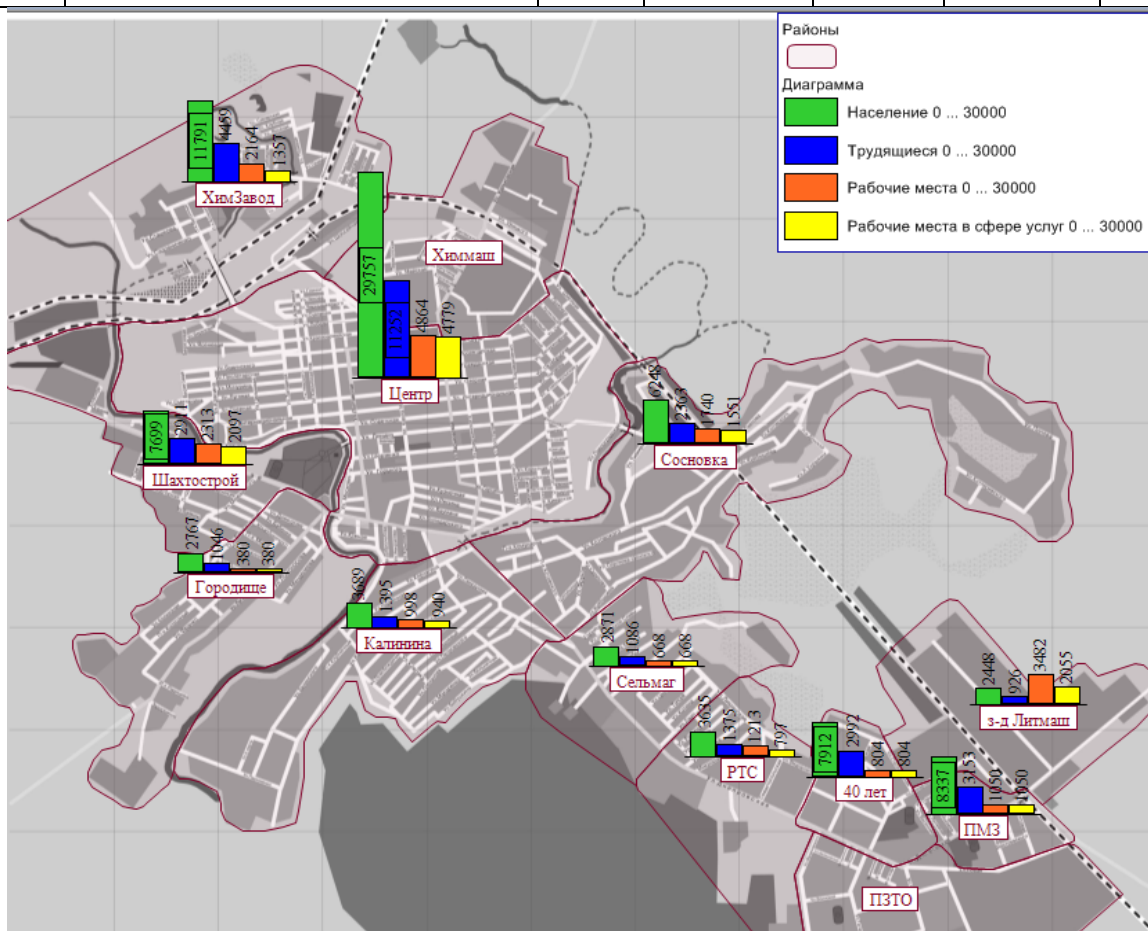


Рисунок 3 – Задание пользовательских атрибутов транспортных районов г. Павлоград

1. И.А. Таран, В.В. Литвин. Создание транспортной модели г. Павлоград с использованием программного комплекса PTV VISION VISUM / Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. №3(7). – С. 143-150.

2. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM: монография / М.Р. Якимов, Ю.А. Попов. – М.: Логос, 2014. – 200 с.

3. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.

4. Официальный сайт Главного управления статистики Днепропетровской области: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dneprstat.gov.ua>.

5. Якимов М.Р. Анализ влияния различных сценариев развития транспортной системы крупного города на возможные варианты нарушения целостности городской структуры // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 1 (25). с. 18–24.

6. Энциклопедия по экономике: [Электронный ресурс]. URL: <http://economy-ru.info>.

7. Официальный сайт города Павлоград: [Электронный ресурс]. URL: <http://pavlogradmrada.dp.gov.ua>.

REFERENCES

1. Taran, I.A., & Litvin, V.V. (2016). Sozdanie transportnoy modeli g. Pavlograd s ispolzovaniem programmno kompleksa PTV VISION VISUM [Creating transport model Pavlograd by program complex PTV VISION VISUM]. *Suchasni tehnologiyi v mashinobuduvanni ta transporti – Modern technologies in mechanical engineering and transport*, 3(7), (pp. 143-150). Lutsk: Lutskiy NTU [in Ukrainian].
2. Yakimov, M.R., & Popov, Yu.A. (2014). Transportnoe planirovanie: prakticheskie rekomendatsii po sozdaniyu transportnykh modeley gorodov v programmnom komplekse PTV Vision® VISUM [Transport planning: practical recommendations for creating transport models of cities in the PTV Vision® VISUM software package]. Moscow: Logos [in Russian].
3. Yakimov, M.R. (2013). Transportnoe planirovanie: sozdanie transportnykh modeley gorodov [Transport planning: creating transport models of cities]. Moscow: Logos [in Russian].
4. Ofitsialnyi sayt Glavnogo upravleniya statistiki Dnepropetrovskoy oblasti [Official site of the Main Department of Statistics in Dnipropetrovsk Region]. dneprstat.gov.ua. Retrieved from <http://dneprstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
5. Yakimov, M.R. (2011). Analiz vliyaniya razlichnykh stsensariy razvitiya transportnoy sistemyi krupnogo goroda na vozmozhnyie variantyi narusheniya tselostnosti gorodskoy strukturyi [Analysis of the impact of different scenarios for the development of the transport system of a large city on possible options for violating the integrity of the city structure]. *Vestnik transporta Povolzhya – Bulletin of Volga transport*, 1 (25), 18-24 [in Russian].
6. Entsiklopediya po ekonomike [Encyclopedia of Economics]. economy-ru.info. Retrieved from <http://economy-ru.info/> [in Russian].
7. Ofitsialnyi sayt goroda Pavlograd [Official site of Pavlograd]. pavlogradmrada.dp.gov.ua. Retrieved from <http://pavlogradmrada.dp.gov.ua/> [in Ukrainian].

Таран І.О., Литвин В.В. Створення транспортної моделі м. Павлоград з використанням програмного комплексу PTV VISION VISUM.

У роботі представлені основні види вихідних даних необхідних для створення транспортної моделі міста. Проаналізовано основні причини труднощі (а також можливі джерела) їх отримання від представників органів влади та різних юридичних осіб. Розроблено оригінальні методи для визначення базових атрибутів транспортних районів, таких як загальна чисельність населення, чисельність працюючого населення, кількість робочих місць і робочих місць в сфері послуг на основі наявних укрупнених даних. Представлені результати розрахунків основних вихідних статистичних даних необхідних для створення моделі попиту транспортної моделі м Павлоград в програмному комплексі PTV VISION VISUM.

Ключові слова: модель транспортного попиту, кількість працюючого населення, робочі місця в сфері послуг, модель розподілу, диференціювання населення, генеральний план міста.

I. Taran, V. Litvin. Preparation of the initial statistical data necessary to create a transport model of the city using the software complex PTV VISION VISUM.

It is presented the main types of initial data necessary to create a transport model of the city. The main reasons for the difficulty (and also possible sources) of their receipt from representatives of government bodies and various legal entities are analyzed. Original methods for determining the basic attributes of transport areas, such as the total population, the number of the working population, the number of jobs and jobs in the service sector, are developed on the basis of the available aggregated data. The results of calculations of the basic initial statistical data necessary for creating a demand model of transport model Pavlograd in the software package PTV VISION VISUM.

Keywords: model of transport demand, the number of the working population, jobs in the service sector, the distribution model, differentiation of the population, the general plan of the city.

АВТОРИ:

ТАРАН Ігор Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: taran7077@gmail.com.

ЛИТВИН Вадим Вікторович, старший викладач кафедри «Управління на транспорті», Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com.

AUTHORS:

Igor TARAN, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: taran7077@gmail.com;

Vadim LITVIN, senior lecturer of Transport Management Department, National Mining University, e-mail: litvin.v.v.79@gmail.com.

Стаття надійшла в редакцію 6.10.2017 р.

Форнальчик Є.Ю., Виджак М.А.
Національний університет «Львівська політехніка»,

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОБУСІВ ЗА МІНІМАКСНИМ КРИТЕРІЄМ

Обґрунтовано новий науково-методичний підхід у визначенні періодичності виконання технічного обслуговування та ремонту автобусів з використанням мінімаксного критерію. При цьому розглядається організаційно-технологічна взаємодія між двома сторонами – службою технічного сервісу та комерційної експлуатації автобусів. Задачу з визначення оптимальної періодичності запропоновано розв'язувати на основі парної гри між цими сторонами з урахуванням відповідних стратегій їхньої поведінки.

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, автобуси, періодичність, технічна та комерційна експлуатація, парна гра, мінімаксний критерій.

Постановка проблеми. Сучасний стан з проблемами забезпечення нормативних рівнів експлуатаційної надійності автобусів на міських маршрутах громадського транспорту такий, що уже не перший рік вимагає прийняття відповідних як організаційних, так і інженерно-технічних рішень. Невисокі рівні зумовлюють, як відомо, збитки (зменшення витрат на проїзд пасажирів) для перевізників від неповного використання робочого часу автобусів на маршрутах через простой з технічних причин, порушення графіків їх руху, зниження якості послуг пасажиром у перевезеннях, а також підвищення ризиків виникнення ДТП з цих же причин.

Результати попередніх досліджень експлуатаційної надійності автобусів [1, 2, 3] дали змогу виробити науково-методичний підхід до можливого розв'язання цієї проблеми: розглядати сумісну організаційно-технологічну взаємодію (ОТВ) між службою технічного сервісу, яка покликана забезпечувати нормативні рівні експлуатаційної надійності автобусів, і службою їх експлуатації (використання за призначенням). Розгляд її уможливить знаходження оптимального варіанту – служба технічного сервісу з її відповідним матеріально-технічним забезпеченням працює у такому режимі, який забезпечує мінімальні втрати у службі експлуатації від недовикористання автобусів з технічних причин.

Багаторічні науково-прикладні напрацювання в галузі надійності машин, зокрема автомобілів, автобусів зосереджувались, переважно, на розгляді задач з підвищення їх експлуатаційної надійності організаційними та організаційно-технологічними методами чи задач підвищення ефективності роботи служби технічного сервісу за рахунок вдосконалення технологічних процесів технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) з обов'язковим уведенням діагностичних операцій, оптимізацією чи коректуванням періодичностей виконання цих сервісних робіт [4, 5, 6, 7 та інші]. При цьому використовувався різноманітний арсенал науково-методичних засобів із залученням комп'ютерних програм, відомих та заново розроблених програмних продуктів, а також, останнім часом, на основі науки управління проектами та програмами [8], які, однак, не враховують реалій сучасних взаємозв'язків між службами технічної та комерційної експлуатації.

У зв'язку з цим **метою роботи** є обґрунтування нового підходу до визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування та ремонту автобусів, які використовуються на регулярних пасажирських маршрутах, за мінімаксним критерієм.

Результати досліджень. Зважаючи на сучасні тенденції розвитку наукових досліджень, у яких за універсальний критерій оцінки якості роботи техніко-технологічних систем беруться трудові і фінансові затрати, нами зроблена спроба визначити оптимальну періодичність ТО і Р автобусів на основі ОТВ між службами технічного сервісу та комерційної експлуатації, виходячи з мінімізації відповідних витрат та втрат з обох сторін.

Розглядається організаційно-технологічна взаємодія цих двох сторін (суб'єктів). Перша, A_i – виробничо-технічна база (ВТБ) автотранспортного підприємства з відповідною кількістю постів і робочих місць, яка ставить за мету підвищення якості та скорочення тривалості виконання ТО і Р й усунення відмов автобусів. У цієї сторони є дві стратегії поведінки: перша – функціонування ВТБ у нормованому робочому режимі з використанням оновленого ремонтно-технологічного і діагностичного обладнання та висококваліфікованої робочої сили; друга – функціонування ВТБ у напруженому робочому режимі з використанням існуючих ремонтно-технологічного обладнання та робочої сили. Друга сторона, B_j – служба експлуатації АТП з автобусами на маршрутах (на лінії),

втрата працездатності яких непрогнозована (має імовірнісну природу) і цим створює перешкоди у досягненні сподіваної мети – максимального доходу від продажів квитків на маршрутах. Ця сторона також має дві стратегії поведінки: перша – отримання максимального добового виторгу за проїзд пасажирів за умови недопущення простоїв автобусів на лінії з технічних причин; друга – отримання мінімального виторгу за умови сумарних для усіх автобусів, які перебувають на лінії, 30-відсоткових часових простоїв упродовж доби з цих же причин.

Результатом взаємодії між цими суб'єктами є отримання першим виграшу (+ a – це доходи; - a – збитки) за відповідних стратегій поведінок кожного з них. Організаційно-технологічну взаємодію між ними розглядатимемо використовуючи теорію ігор [9, 10, 11].

За таких стратегій гри її двох учасників, саму гру можна вважати грою з нульовою сумою, яка представляється матрицею

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}. \quad (1)$$

У цій матриці елементи a_{ij} ($i=1,2; j=1,2$) виражають прибуток служби експлуатації автобусів, за умови, що вона застосовує свою i -ту, а служба технічного сервісу (ВТБ АТП) – свою j -ту стратегії.

Оскільки поведінка суб'єкта B носить випадковий характер, то за основний критерій у цій взаємодії потрібно приймати максимінний або ж мінімаксний критерій:

$$a_i = \max_i \min_j; a_{ij} = \max a_i. \quad (2)$$

У зв'язку з цим у суб'єкта A знайдену стратегію «спровоковану» імовірнісною поведінкою суб'єкта B за максимінним критерієм потрібно уточнити і визначити середній виграш:

$$d_i = P_0 a_{i0} + P_1 a_{i1} + P_2 a_{i2} + \dots + P_j a_{ij} + \dots + P_n a_{in}, \quad (3)$$

де P_j – імовірність появи стратегії B_j у суб'єкта B ;

a_{ij} – виграші суб'єкта A за його стратегій поведінки i та стратегій j суб'єкта B .

У цій ОТВ можуть виникати ситуації, коли до виробничо-технічної бази АТП не надходить протягом одного дня жодної заявки на усунення відмов (автобуси на маршрутах експлуатуються без відмов), або є дрібні відмови (1-ї категорії складності), які усуваються водієм. Імовірність виникнення таких подій, як показують результати попередніх досліджень [1], становить $P_0=0,55$. Імовірність виклику на лінію мобільної майстерні для усунення (разом з водієм) відмов автобусів (відмови 2-ї категорії складності), $P_1=0,20$, а імовірність евакуації несправного автобуса до ВТБ АТП для усунення складних відмов (відмови 3-ї категорії складності), $P_2=0,05$.

Розглянемо можливі варіанти ситуацій в ОТВ між суб'єктами A і B . Нехай виробничо-технічна база АТП (A) має три дільниці (пости) для: виконання профілактичних ТО; усунення відмов автобусів, у т.ч. з використанням мобільної майстерні для виїзду на лінію; виконання поточних ремонтів та усунення складних відмов автобусів, евакуйованих у ВТБ. Кожна з них своєю виробничою діяльністю генерує відповідні стратегії $A_i \{A_0, A_1, A_2, A_3\}$: A_0 – АТП не має виробничо-технічної бази; A_1 – у ВТБ є не три, а одна дільниця, на якій виконуються усі ТО і Р; A_2 – є дві дільниці; є три дільниці у ВТБ. Їхнє функціонування пов'язано з: а) витратами на утримання їх (c_1); б) середніми доходами від реалізації технологічних процесів ТО і Р (c_2); в) середніми збитками від недостатнього завантаження виробничих площ (c_3).

Суб'єкт B (служба експлуатації) також може генерувати чотири стратегії – $B_j \{B_0, B_1, B_2, B_3\}$: B_0 – упродовж робочого дня жоден з автобусів не втрачав працездатності; B_1 – автобуси відмовляли на лінії, що їх усували водії; B_2 – автобуси відмовляли на лінії з відновленням працездатності їх водіями разом з виїзною бригадою з ВТБ АТП; B_3 – відмови автобуса усуваються у ВТБ після його евакуації з лінії.

З урахуванням описаних ситуацій та стратегій організаційно-технологічну взаємодію між цими суб'єктами можна представити парною грою на матриці 4x4, а виграші їх розрахувати за формулою:

$$a_{ij} = \begin{cases} c_2 i - c_3 (j - i) & \text{для } j^3 i \\ c_2 i - c_1 (i - j) & \text{для } i^3 j \end{cases}, \quad (4)$$

де j, i – відповідно потреби з боку суб'єкта B (служби експлуатації автобусів) та можливості з боку суб'єкта A (ВТБ АТП).

Щоб отримати результати цієї гри потрібно мати значення елементів матриці (1). Їх можна знайти у кварталних чи річних звітах, журналах обліку відмов автобусів на лініях, випуску їх на маршрути. Після цього прибуток служби експлуатації можна визначити різницею

$$P=B-C, \quad (5)$$

де B – сума виторгу за реалізацію квитків за проїзд пасажирів на маршрутах;

C – витрати виробничо-технічної бази АТП, пов'язані з виконанням операцій ТО, діагностування, ремонту та усунення відмов автобусів.

Виторги і втрати визначаються окремо для кожного поєднання протилежних стратегій поведінки гравців, тобто для кожного елемента матриці гри - $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$. Усі розрахунки виконуються у межах одного робочого дня автобусів на маршрутах та однієї доби роботи виробничо-технічної бази АТП.

Висновки. Використання в сучасних економічних умовах роботи пасажирських автобусних АТП традиційних підходів до визначення періодичності ТО і Р та регламентів їх технологічних процесів без урахування досягнутих рівнів технічної і комерційної експлуатації зумовлює неадекватні затрати у виробничо-технічних базах і втрати від неповного використання автобусів. Лише оцінивши та порівнявши між собою затрати і втрати на основі парної гри, можна приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації періодичності виконання профілактичних ТО і Р й відповідних стратегій організаційно-технологічної взаємодії між службами комерційної і технічної експлуатації автобусів АТП.

1. Форнальчик Є.Ю. Експлуатаційна надійність автобусів міського громадського транспорту / Є.Ю.Форнальчик, М.А.Виджак // Вісник Кременчуцького національного технічного університету ім. Михайла Остроградського.-Кременчук,2016.-№1(96).-С.38-45.

2. Форнальчик Є.Ю. До оцінки ефективності роботи ремонтно-обслуговувальної бази автобусних АТП / Є.Ю.Форнальчик, // Науковий журнал: Вісник машинобудування та транспорту. №1. Вінницький національний технічний університет.-Вінниця, 2016.-С.94-101.

3. Форнальчик Є.Ю., Виджак М.А. Про оптимізацію періодичності технічного обслуговування автобусів / Є.Ю.Форнальчик, М.А.Виджак // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», №839.- Серія «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів». -Львів,2017.-С.91-96.

4. Авдонькин Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации.-М.: Транспорт, 1993.-350 с.

5. Говорущенко Н.Я. О проблемах диагностики и управления техническим состоянием автомобилей / Автомобильный транспорт, 1973, №12.-С.20-23.

6. Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др. Техническая эксплуатация автомобилей: Уч.для вузов.4-е изд., перераб.и доп.-М.: Наука, 2001.-535 с.

7. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник.-К.: Знання-прес,2003.-511 с.

8. Левківський О.П., Пониपालяк Д.Д. Управління проектами вдосконалення та розвитку авторемонтного виробництва / 36.тез доп. на 73-й наук.конфер.проф.-викл.складу ...підрозділ. Нац.транспорт. ун-ту.-К.: НТУ,2017.-С.8.

9. Крушевский А.В. Теория игр: Уч.пособ.- Киев: Гол.изд.-во издат.объединен. «Вища школа»,1972.-216 с.

10. Шиян А.А. Теоретико-ігровий аналіз раціональної поведінки людини та прийняття рішень в управлінні соціально-економічними системами. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 414 с.

11. Шиян А.А. Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті: Навч.пос.-Вінниця: ВНТУ,2009.-164 с.

REFERENCES

1. Fornalchyk, E.& Vydzhak, M. (2016). Operational Reliability of The City Pulic Transport Buses [Ekspluatatsiyna nadiynist' avtobusiv mis'koho hromads'koho transportu] *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University*.-Kremenchuk.-No.1 (96).-P.38-45.

2. Fornalchyk, E.(2016). To the assessment of the effectiveness of the work of the serving and repair base of the bus motor transportation enterprises [Do otsinky efektyvnosti roboty remontno-obsluhovuval'noyi bazy avtobusnykh ATP] *Scientifical Journal: Journal of Mechanical Engineering and Transport. №1. Vinnytsia National Technical University*. - Vinnytsia.-P.94-101.

3. 3. Fornalchyk, E. & Vydzhak, M.(2017). About the optimization of the periodicity of buses maintenance [Pro optymizatsiyu periodychnosti tekhnichnoho obsluhovuvannya avtobusiv] *Journal of Lviv Polytechnic National University, № 839.- Series "Dynamics, strength and design of machines and devices."* -Lviv.-P.91-96.

4. Avdonkin, F.(1993). Optimization of the changes of the car technical condition during exploitation.[Optymyzatsyya yzmenenyua tekhnicheskoho sostoyannya avtomobylya v protsesse ekspluatatsyy] -M.: Transport.-350 p.

5. Govorushchenko, N.(1973). About problems of the diagnostics and management of cars technical condition [O problemakh dyahnostyky y upravlenyya tekhnicheskym sostoyanyem avtomobyley] *Automobile transport*, №12.-P.20-23.
6. Kuznetsov, E. & Boldin, A. & Vlasov, V.and others (2001). Technical operation of cars [Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobyley] *The book for institutes.Publication* №4.-M.: Science.-535 p.
7. Ludchenko, O (2003). Maintenance and repair of cars [Tekhnichne obsluhovuvannya i remont avtomobiliv] *Textbook*. M.: Knowledge-Press.-511 p.
8. Levkivskiy, O., & Ponychak, D.(2017). The management of improvement projects and development of auto- repair production [Upravlinnya proektamy vdoskonalennya ta rozvytku avtoremontnoho vyrobnytstva] *The collection of report thesis on the 73rd science conference. National transport. university*. K.: NTU.-P.8.
9. Krushevskiy, A.(1972). Theory of games [Teoriya yhr] *A book.- Kyiv: the main publishing house. "High School".*-216 p.
10. Shyian, A.(2009). Game- theoretic analysis of rational human behavior and decision-making in the management of socio-economic systems.[Teoretyko-ihrovyi analiz ratsional'noyi povedinky lyudyny ta pryynyattya rishen' v upravlinni sotsial'no-ekonomichnykh systemamy] - *Vynnytsia: Universum- Vynnytsia*. - 414 p.
11. Shyian,&& A.(2009). Game theory: the basics and applications in economics and management [Teoriya ihor: osnovy ta zastosuvannya v ekonomitsi ta menedzhment] *Educational book.- Vynnytsia: VNTU.*-164 p.

Формальчик Е.Ю., Виджак М.А. Оптимизация периодичности технического обслуживания автобусов по минимаксному критерию.

Обоснован новый научно-методический подход в определении периодичности выполнения технического обслуживания и ремонта автобусов с использованием минимаксного критерия. При этом рассматривается организационно-технологическое взаимодействие между двумя сторонами – службой технического сервиса и коммерческой эксплуатации автобусов. Задачу по определению оптимальной периодичности предложено решать на основании парной игры между этими сторонами с учетом соответствующих стратегий их поведения.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт, автобусы, периодичность, техническая и коммерческая эксплуатация, парная игра, минимаксный критерий.

E. Fornalchuk, M. Vydzhak. The optimization of the periodicity of buses maintenance on the basis of a minimax criterion.

A new scientific and methodical approach to determining the periodicity of maintenance and repair of buses with the introduction of a minimax criterion is substantiated. At the same time, the organizational and technological interaction between the two sides - the technical service and commercial exploitation of buses is considered. The problem of determining the optimal periodicity is suggested to solve on the basis of a pair game between these sides, taking into account the corresponding strategies of their behavior.

Keywords: maintenance, repair, buses, periodicity, technical and commercial exploitation, pair game, minimax criteria.

АВТОРИ:

ФОРНАЛЬЧИК Євген Юліанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com.

ВИДЖАК Мар'яна Андріївна, магістр з транспортних технологій, e-mail: vydzhak@ukr.net

АВТОРЫ:

ФОРНАЛЬЧИК Евгений Юлианович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные технологии», Национальный университет «Львовская политехника», e-mail:

yevgen.fornaltchuk@gmail.com.

ВИДЖАК Марьяна Андреевна, магистр по транспортным технологиям, e-mail: vydzhak@ukr.net

AUTHORS:

Evgen FORNALCHYK, the Doctor of Technical Sciences, the Professor, the Head of the Department «Transport Technology», Lviv Polytechnic National University, e-mail: yevgen.fornaltchuk@gmail.com.

Mariana VYDZHAK, the Master of Transport Technologies, e-mail: vydzhak@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 6.10.2017 р.

ПЕРЕЛІК ЗОВНІШНІХ РЕЦЕНЗЕТІВ	LIST OF INVITED REVIEWERS
<i>Гірін В.С.</i> , доктор технічних наук, професор, ДВНЗ «Криворізький національний університет», професор кафедри автомобільного транспорту, м. Кривий Ріг, Україна.	Vyacheslav GIRIN , Doctor of Technical Sciences, Professor, State Educational Institution «Krivoy Rog National University», Professor of the Department of Automobile Transport, Krivoy Rog, Ukraine.
<i>Горбай О.З.</i> , доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри автомобілебудування, Львів, Україна.	Orest Horbay , Doctor of Science in Engineering, Professor, National University “Lvivska Politehnika”, Head of automobiles construction Department, Lviv, Ukraine.
<i>Дідух В.Ф.</i> , доктор технічних наук, професор, Луцький національний технічний університет, завідувач кафедри інженерного та комп'ютерного забезпечення АПК, Луцьк, Україна.	Volodumur Didyh , Doctor of Science in Engineering, Professor, Lutsk National Technical University, Engineering and Computer software for the AIC Department, Lutsk, Ukraine.
<i>Кожушко Л.Ф.</i> , доктор технічних наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування, завідувач кафедри менеджменту, Рівне, Україна.	Leonid Kozhushko , Doctor of Science in Engineering, Professor, National University of Water and Environmental Engineering, Head of Management Department, Rivne, Ukraine.
<i>Кравченко О.П.</i> , доктор технічних наук, в.о. зав. кафедрою «Автомобілі та транспортні технології», Житомирський державний технологічний університет, Житомир, Україна.	Alexander Kravchenko , Doctor of Science in Engineering, Professor, Zhytomyr State Technological University, Zhytomyr, Ukraine.
<i>Крайник Л.В.</i> , доктор технічних наук, професор, Голова Правління ВАТ «Укравтобуспром», Львів, Україна.	L. Krainyk , Doctor of Technical Sciences, the Professor, the Chairman of the Board of JSC «Ukravtobusprom», Lviv, Ukraine.
<i>Ланець О.С.</i> , доктор технічних наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», директор Інституту інженерної механіки та транспорту, Львів, Україна.	Alexey Lanets , Doctor of Science in Engineering, Assoc. Professor, Lviv Polytechnic National University, Director of Mechanical Engineering and Transport Institute, Lviv, Ukraine.
<i>Лебедєв А. Т.</i> , доктор технічних наук, професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, завідувач кафедри «Трактори і автомобілі», Харків, Україна.	Anatoly Lebedev , Doctor of Science in Engineering, Professor, Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Head of tractors and automobile the department, Kharkiv, Ukraine.
<i>Макаров В.А.</i> , доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Автомобілів та транспортного менеджменту», Вінницького національного технічного університету. Вінниця. Україна.	Makarov V.A. , doctor of Science in Engineering, professor, professor of the Department of Automotive and Transport Management, Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia. Ukraine.
<i>Наглюк І.С.</i> , доктор технічних наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харків, Україна.	Ivan Naglyuk , Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Professor of Department Technical maintenance and service of vehicles, Kharkov, Ukraine.
<i>Налобіна О.О.</i> , доктор технічних наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування, професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання, Рівне, Україна.	Olena Nalobina , Doctor of Science in Engineering, Professor, National University of Water and Environmental Engineering, Professor of Building, Road, Reclamation, Agricultural Machinery and Equipment Department, Rivne, Ukraine.
<i>Полянський О.С.</i> , доктор технічних наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технології машинобудування та ремонту машин, Харків, Україна.	Alexander Polyansky , Doctor of Science in Engineering, Professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, Professor, Department of Technology for Machine Building and Machine Repair, Kharkiv, Ukraine.

Приймак О.В. , доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедрою теплотехніки, Київ, Україна.	Oleksandr Pryymak , Doctor of Science in Engineering, Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Head of Department of Thermal Engineering, Kiev, Ukraine.
Пустюльга С.І. , доктор технічних наук, професор, декан машинобудівного факультету, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна.	Sergiy Pustiulga , Doctor of Science in Technology, Professor, Dean of Mechanical Engineering Faculty, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine.
Солодкий С.Й. , доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри автомобільних доріг та мостів, Львів, Україна.	Serhii Solodkyi , Doctor of Science in Engineering, Professor, Lviv Polytechnic National University, Head of highways and bridges Department, Liviv, Ukraine.
Таран І.О. , доктор технічних наук, професор, ДВНЗ «Національний гірничий університет», завідувач кафедри управління на транспорті, Дніпропетровськ, Україна.	Igor Taran , Doctor of Science in Engineering, Professor, National Mining University, Head of Transport Management Department, Dnipropetrovsk, Ukraine.

Ціна договірна

Колектив авторів

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ ТА ТРАНСПОРТІ
ADVANCES IN MECHANICAL ENGINEERING AND TRANSPORT

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSN 2313-5425

Випуск 2 (9), 2017

Volume 2 (9), 2017

Видається двічі на рік

Publication Frequency: 2 issues per year

Комп'ютерний набір та верстка: В. Онищук
Дизайн обгортки: В. Чернецький

Матеріали друкуються в авторській редакції. За стилістику і орфографію статей відповідальність несуть автори.

Адреса редакції:
вул. Львівська, 75, ауд. 339, Луцьк,
Волинська обл., Україна, 43018.
тел. (0332) 74-61-31.
e-mail: tehavtomash@gmail.com
<http://avtomash.lntu.edu.ua>

Підписано до друку 21.05.2016 р.
Формат 60x84/8. Гарнітура Times. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 20,58. Обл. вид. арк. 19,46. 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. № 161.
(м. Луцьк, вул. Бойка, 1, тел. (0332)29-90-65).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.