

УДК 502.3

UDC 502.3

ПРОБЛЕМИ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ ПРИ РОЗРОБЦІ ТА УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, bakulich.elena@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5700-0576

Севост'янова А.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, avsevastianova@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7693-0648

PROBLEMS OF THE WIND ENERGY INDUSTRY IN DEVELOPMENT AND PROJECT MANAGEMENT

Bakulich O.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, bakulich.elena@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5700-0576

Sevastianova A.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, avsevastianova@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7693-0648

ПРОБЛЕМЫ ОБЛАСТИ ВЕТРОЕНЕРГЕТИКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

Бакулич О.О., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, bakulich.elena@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5700-0576

Севостьянова А.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, avsevastianova@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7693-0648

Introduction. Today, alternative energy with the use of non-traditional and renewable energy sources is one of the basic directions of technology development in the world. Together with information resources and nanotechnology, it is an important component of the new post-industrial technological system. The availability of an inexhaustible resource base and the ecological purity of non-traditional and renewable energy sources are determinative benefits in terms of exhaustion of organic fuel resources and increasing of environmental pollution. In addition, renewable energy sources do not need to be extracted, bought and transported.

Wind power is a pure and independent source of electricity. For Ukraine, wind energy is an extremely important industry, the development of which will reduce the country's dependence on imported fossil fuels and emissions of greenhouse gases and other environmental pollution.

The European Commission referred wind power to one of the priority areas for the development of electricity generation [4]. According to the forecast of the International Energy Agency, by 2040 wind power stations will become the cheapest way of electricity generating in the world. The cost of wind projects will decrease by 32%, and this will be possible due to the accumulated experience and improved financing. The share of wind in global electricity generation will increase to 40% [1].

Main part. For the effective development of the wind power industry in Ukraine, certain preconditions have emerged, among which economic and environmental ones are divided. The following factors can be attributed to the economic preconditions for the development of wind energy: the growth of world prices for fuel resources and the dependence of most European countries, including Ukraine, on the import of fuel from abroad. In addition, the fact of limited fuel resources also plays an important role in this process. Among the environmental conditions are the following: significant deterioration of the atmosphere and the ozone layer of the earth through the burning of a huge amount of fuel and other types of pollution, the problem of utilization of nuclear waste and the realization the real danger coming from nuclear power stations, etc. [6].

The wind energy has been used by people for several centuries for sailing sea-going vessels. From the beginning of the 19th century, the kinetic energy of the wind is used to rotate the windmill, to lift the water. With the discovery of electricity and the development of technology has found its practical application and method of producing electricity with a help of wind power [3].

In 1997, a state program for the construction of wind power plants was adopted in Ukraine, which initiated the investment of funds for the production of clean electricity. Even after it stopped in 2010, private investors continued to invest in wind energy thanks to the adoption of the Green Tariff Law in April 2009. One of the obligatory points was the requirement of "local component", that is, the amount of used equipment of Ukrainian production should be not less than 30% [7, 8].

On October 1, 2014, the Cabinet of Ministers of Ukraine approved the National Action Plan for the Development of Renewable Energy by 2020. The relevant document provides that in five years renewable energy sources in Ukraine should produce at least 11% of electricity in Ukraine. This plan introduced the abolition of the "local component" rule - mandatory use of Ukrainian equipment for wind power stations. Instead, it is suggested to introduce a stimulating factor, that is, an additional charge to the "green tariff" when using domestic equipment [9, 10].

According to the Inter-branch scientific and technical center of wind energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, the territory of our country which can be used for wind energy stations was estimated at 30 TWh / year [11].

On the territory of Ukraine, areas suitable for the construction of wind power plants (WPP) are considered to be areas up to 7 thousand km², namely, Carpathian, Azov, Donetsk, West-Crimean, , Kerch regions, Kharkiv, Poltava and Odessa regions.

It should be noted that unlike the former CIS countries, Ukraine alone has a well-established mass production of licensed wind power stations.

The analysis of the advantages of wind energy made it possible to distinguish the following directions:

- wind energy is cost effective;
- wind energy creates additional jobs;
- wind energy contributes to the development of the relevant industry area and the overall competitiveness of Ukraine;
- it is a source of environmentally friendly fuel. Wind energy does not pollute the air; wind turbines do not produce atmospheric emissions that cause acid rain, smog or greenhouse effect;
- wind is an inexhaustible source of energy;
- wind turbines can be used by small businesses and households.

"Green Tariff", that is, the tariff on which the wholesale electricity market of Ukraine is obliged to purchase electric energy, produced on the objects of electric power from alternative sources of energy, can now be used for small wind power business. A household that has installed a wind turbine with a capacity of up to 30 kW to satisfy its own needs receives the right to use the "green tariff" and can sell surpluses to the general network. It opens completely new opportunities for domestic households as well as entrepreneurs. In Ukraine today, the use of small-capacity windmills, which are set by small enterprises and households for their own needs is increasing. Small wind power stations (200 W to 20 kW) are attractive because they can be installed quickly enough and are best suited to where there are no other sources of energy, or when connecting to existing networks is too expensive. Importantly, wind stations with a capacity of up to 20 kW do not require any permits and licenses for their use [9,10].

But along with the unconditional advantages of the wind energy industry, attention should be paid to certain disadvantages, among which:

- wind energy requires significant financial investments;
- geographical dependence, that is, the territory of land with significant wind, which is needed for the effective operation of the wind power stations, is often located in remote places, which leads to additional costs;
- turbines of wind power stations can cause additional noise and aesthetic pollution.
- there is a problem of the death of birds.

The Commission of the European Communities entrusted to a group of Dutch consultants to investigate the impact of wind turbines on the lives of birds. The main findings of the study are as follows: the death of birds in the event of a collision with wind power stations is not a significant problem. This problem is less significant than the death of birds due to the transport, transmission lines, and so on. Violations of the migration routes also do not represent a significant threat. Avoiding wind turbines, birds only slightly change their route, which does not significantly affect their lifecycle [12].

Analyzing the noise problem caused by wind power stations, it can be noted that most of the modern wind power plants in the immediate proximity of their construction places at a wind speed of 8 m / s generate

a noise of approximately 95-102 dB, what is corresponding to the noise level of a conventional industrial plant [5]. In order to avoid the harmful effects of noise on the human body, the distance from the wind turbine to the home must be not less than 150 m, and from the wind power station - not less than 250 m.

Having analyzed the advantages and disadvantages of using of the wind energy, we will define the problems of wind energy industry.

Among the main problems should be noted the lack of financing. In the main, the wind energy industry is developing at the expense of private investment. The financial crisis and political instability negatively affected the development of the industry, which slowed down its development in 2014-2016.

The next problem is the instability and frequent change in legislative regulation in the energy sector of Ukraine.

It is also necessary to highlight a problem such as a significant number of barriers when entering the alternative energy market, and a high cost of wind energy equipment. The average cost of equipment is about 1000USD per 1 kW of installed capacity.

The problem with the stable functioning of wind power stations is that it is difficult to predict the strength and direction of the wind for a long period of time.

Among other problems we can distinguish: repair of wind power stations in areas of antiterrorist operations, problems with calculations of the state for supplied electricity in the territory bordering uncontrolled territories. This keeps the development of wind power in certain regions of Ukraine.

At the present time, the bill "On the Electricity Market of Ukraine", prepared by the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine, was adopted in the alternative energy market. Among other things, it is proposed to introduce penalties for wind power stations for deviations from the actual volumes of electricity supply to the network from the daily charts of electricity supply for the next day in the amount of more than 10%. Since there is no specialized meteorological infrastructure in Ukraine that can accurately predict the weather, such changes for the unprepared market can be catastrophic and destroy the industry as a whole.

Speaking about the wind energy industry in Ukraine, it is advisable to analyze how rapidly this market develops. An analysis of the growth rate of electric energy generated by wind is presented in Fig. 1 [13].

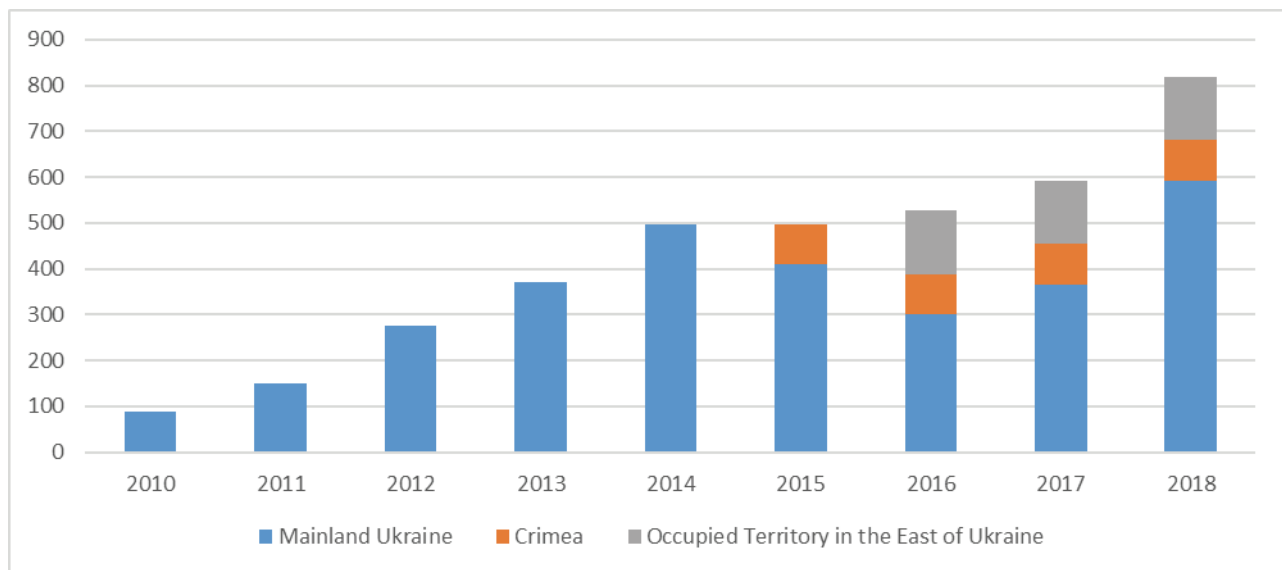


Figure 1 – Analysis of the growth rate of the wind energy sector, MW

When projecting and implementing wind energy projects (WEP) in alternative energy companies, it is necessary to take into account the advantages and disadvantages of this industry.

Under wind energy projects, we understand projects aimed at creating such a product as electricity by using wind power. It should be noted that wind power projects are characterized by a high investment attractiveness, thanks to a relatively short payback period of about 6-8 years.

Successful implementation of wind energy projects is impossible without proper management. Wind energy projects management is understood as activities aimed at implementing a project, which is aimed to obtain such a product as energy, due to wind power, with the maximum possible efficiency with given limitations on time, cost and quality of final results.

Let's consider what problems the project manager faces with when managing projects at wind energy enterprises.

Bureaucracy: A significant part of the time of project implementation is spending for the approval of the necessary documents in government structures. It is necessary to have this in mind when planning the time allocated for the implementation of the project.

Budget limit, which is a normal factor in a market economy, where there is always an additional cost. Consequently, we can conclude that when planning a project budget it is necessary to reserve a certain part of money for force majeure circumstances.

Determination and removal of the required land under the wind power station. We keep in mind that in addition to the fact that it is necessary to find the area of land on which the wind is most advantageous for the operation of the wind power station, it must be located at the required distance from the settlement to meet all the necessary environmental standards.

Dependence on equipment suppliers or other component parts. Dependence on weather conditions. When installing a wind power plant it is necessary to plan the stages of project implementation, taking into account weather conditions.

Dependence on the human factor. Since the main part of the success of a project implementing depends on how the manager was able to motivate and encourage the project team to work.

Conclusion. So, for a successful project implementation in the wind energy area, it is necessary to consider not only problems of the project itself and the operating internal factors, but also problems of the development of the whole industry and external factors. Along with the existing problems, it should be noted that underestimating the development of alternative energy sources, namely the development of wind energy, in Ukraine is impossible. It is this direction of the development of the Ukrainian economy, besides environmental safety, the provision of jobs, raising the financial level, energy independence for our country.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. International Energy Agency: "World Energy Outlook (WEO)" 14 November 2017 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.iea.org/weo2017/>
2. Коробко Б.П. Концепція і основні завдання галузевої програми впровадження нових та поновлюваних джерел енергії. / Коробко Б.П., Жовмір М.М. // Енергетика та електрифікація. Український науково-виробничий журнал. – 2000. – № 12. – с. 1-7.
3. Бондарь В.И. и др. Энергетика: история, настоящее и будущее. Т.1: От огня и воды к электричеству: в 4 т.; Киев, 2005. – 304 с.
4. Wind in power: 2014 european statistics; Європейська асоціація вітроелектрогенерации [Електронний ресурс].Режимдоступу:http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind_in_power_annual_statistics_2012.pdf
5. Подгуренко В.С. Об ошибочных утверждениях, дискредитирующих ветроэнергетику/ Подгуренко В.С. // Енергетика та електрифікація. Український науково-виробничий журнал. – 2000. – № 12. – с. 40-53.
6. Минаев А.А. Перспективы большой ветроэнергетики / Минаев А.А. // Енергетика та електрифікація. Український науково-виробничий журнал. – 2000. – № 5. – с. 1-6.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 3.02.1997 р. № 137 щодо «Комплексної програми будівництва вітроелектростанцій».
8. Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу: [закон України : офіц. текст: за станом на 25 вересня 2008 р. - К. : Парламентське вид-во, 2008.
9. Про ринок електричної енергії [закон України : офіц. текст: за станом на 13 квітня 2017 р.] – К. : Парламентське вид-во, 2017 р.
10. Розпорядження «Про Національний план дій з розвитку відновлюваної енергетики до 2020 року» від 01.10.2014 р.
11. Кузнєцов М.М. Моделирование спільної роботи вітрової та сонячної електростанцій / Кузнєцов М.М. // Відновлювана енергетика. Науково-прикладний журнал. – 2016. – № 1 (44). – с. 12-16.
12. Science for Environmental Policy: Wind and solar energy and nature conservation.- EU, December 2014, issue 9
13. Українська асоціація відновлюваної енергетики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://uare.com.ua>

REFERENCES

1. Mijnarodne Energetichne Agenstvo [International Energy Agency]: “World Energy Outlook (WEO)” 14 November 2017 [Electronic Resource]. – Access Mode www.iea.org/weo2017/ [in English].
2. Korobko B.P., Zhovmir M.M. (2000) Koncepciya ta osnovni zavdannya galyzevoi program vprovadjennya novux ta ponovlyuvanux djerel energii [The concept and main tasks of the branch program for the introduction of new and renewable sources of energy.] Energetika ta elektrificazia- Power and electrification. - 12 - 1-7 [in Ukrainian].
3. Bondar V.I. and others.(2005) Energetuka: istoriya, nastoyashee i bydyshee [Power engineering: history, present and future. P.1: From fire and water to electricity]: 4; Kiev. – pp. 304 [in Russian].
4. Wind in power: 2014 european statistics; European Wind Energy Association [Electronic Resource]. - Access Mode:http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind_in_power_annual_statistics_2012.pdf [in English].
5. Podgurenko V.S.(2000) Ob oshibochnix ytverjdeniyax, diskreditiruyushix vetroenergetiky[On erroneous allegations discrediting wind power] // Energetika ta elektrificazia - Power and electrification. - 12. - 40-53 [in Russian].
6. Minaev A.A. (2000) Perspektivu bolshoi energetiki [Prospects for large wind power] // Energetika ta elektrificazia - Power and electrification - 5 - 1-6. [in Russian].
7. Postanova Kabinety Ministriv [The decision of the Cabinet of Ministers of Ukraine] on 3.02.1997. No. 137 of the "Complex program of the building windenergy stations"[in Ukrainian].
8. Pro vnesennya zmin do deyakux zakoniv Ukrainu shodo vstanovlennya zelenogo tarufy» : zakon Ukrainy [About the introduction of changes to the active law of Ukraine about of the «green tariff: Ukrainian law]. Kyiv, Parlamentske vydav- nytstvo Publ., 2008. [in Ukrainian].
9. Pro rinok elektrichnoi energii: zakon Ukraini ["About the Electric Power Market": Ukrainian Law] Kyiv, Parlamentske vydav- nytstvo Publ., 2017 [in Ukrainian]. .
10. Rozporyadzhennya Pro nationalnii plan dii z rozvutky vidnovlyuvanoi energetukudo 2020 roky [About the national plan for the development of energy resources through 2020] from October 1, 2014 [in Ukrainian].
11. Kuznetsov M.M. (2016)Modelyuvannya spilnoi pobotu vitrovoi ta sonyachnoi elektrostanzii [Simulation of joint work of wind and solar power plants] // Vidnovluavana energetuka - Renewable energy. - 1 (44). - 12-16 [in Ukrainian].
12. Science for Environmental Policy: Wind and solar energy and nature conservation.- EU, December 2014, issue 9 [in English].
13. Ukrainska asoziazia vidnovlyuvanoi energetuku [Ukrainian association of renewable energy] [Electronic Resource]. Access Mode: <http://uare.com.ua> [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Бакуліч О.О. Проблеми вітроенергетичної галузі при розробці та управлінні проектами / О.О. Бакуліч, А.В. Севост'янова // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К. : НТУ – 2018. – Вип. 3 (42).

Стаття присвячена висвітленню проблемних питань в галузі вітроенергетики та спірних питань, що виникають при реалізації вітроенергетичних проектів. Енергія вітру - це чисте та незалежне джерело електроенергії. Для України вітроенергетика є надзвичайно важливою галуззю, розвиток якої дозволить зменшити залежність країни від імпортованого викопного палива та викидів парникових газів та інших забруднень навколишнього середовища.

Об’єкт дослідження – вітроенергетична галузь.

Мета роботи – дослідити основні проблеми, які існують при реалізації проектів у секторі вітроенергетики.

Метод дослідження – аналіз та синтез.

Для ефективного розвитку вітроенергетичної галузі в Україні вже склалися певні передумови, серед яких розділяють економічні та екологічні. До економічних передумов розвитку вітроенергетики можна віднести наступні фактори: зростання світових цін на паливні ресурси і залежність більшості європейських країн, в тому числі і України, від ввезення палива з-за кордону. Серед екологічних

передумов можна виділити наступні: істотне погіршення стану атмосфери і озонового шару землі через спалювання значної кількості палива та інші види забруднення, проблема утилізації ядерних відходів і усвідомлення реально існуючої небезпеки, що надходить від атомних станцій, тощо. Однак, при реалізації проектів у секторі вітроенергетики України необхідно брати до уваги і можливі проблеми та загрози, що існують в цьому секторі. Дане питання висвітлено в цій статті.

Отримані результати можуть бути використані при розробці та реалізації проектів у секторі вітроенергетики України.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕКОЛОГІЯ, ПАЛИВО, ЕНЕРГІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ABSTRACT

Bakulich O.O., Sevostianova A.V. Problems of the wind energy industry in development and project managment. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

An article devoted to the coverage of problematic issues in the field of wind energy and controversial issues that arise in the implementation of wind energy projects. Wind power is a pure and independent source of electricity. For Ukraine, wind energy is an extremely important industry, the development of which will reduce the dependence of the country on imported fossil fuels and emissions of greenhouse gases and other environmental pollution.

Object of the study: wind energy industry.

Purpose of the study: to investigate the main problems that exist when implementing projects in the wind energy sector.

Method of the study: analysis and synthesis

For the effective development of the wind power industry in Ukraine, certain preconditions have emerged, among which economic and environmental ones are divided. The following factors can be attributed to the economic preconditions for the development of wind energy: the growth of world prices for fuel resources and the dependence of most European countries, including Ukraine, on the importation fuel. Among the environmental conditions, one can distinguish the following: significant deterioration of the atmosphere and the ozone layer of land due to the burning of a huge amount of fuel and other types of pollution, the problem of utilization of nuclear wastes and the realization of the real danger coming from nuclear power stations, etc. However, when implementing projects in the Ukrainian wind energy sector, it is necessary to take into account possible problems and threats existing in this sector. This issue is covered in this article.

The obtained results can be used in the development and implementation projects in the Ukrainian wind power sector.

KEY WORDS: WIND ENERGY, ECOLOGY, FUEL, ENERGY, EFFICIENCY.

РЕФЕРАТ

Бакулич Е.А. Проблемы ветроэнергетической отрасли при разработке и управлении проектами / Е.А. Бакулич, А.В. Севостьянова // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

Статья посвящена освещению проблемных и спорных вопросов в области ветроэнергетики, возникающих при реализации ветроэнергетических проектов. Энергия ветра – это чистый и независимый источник электроэнергии. Для Украины ветроэнергетика является чрезвычайно важной отраслью, развитие которой позволит уменьшить зависимость страны от импортируемого ископаемого топлива и выбросов парниковых газов и других загрязнений окружающей среды.

Объект исследования - ветроэнергетическая отрасль.

Цель работы – исследовать основные проблемы, которые существуют при реализации проектов в секторе ветроэнергетики.

Метод исследования - анализ и синтез.

Для эффективного развития ветроэнергетической отрасли в Украине уже сложились определенные предпосылки, среди которых разделяют экономические и экологические. К экономическим предпосылкам развития ветроэнергетики можно отнести следующие факторы: рост мировых цен на топливо, зависимость большинства европейских стран, в том числе и Украины, от

ввоза топлива из-за рубежа. Среди экологических предпосылок можно выделить следующие: существенное ухудшение состояния атмосферы и озонового слоя земли из-за сжигания огромного количества топлива и другие виды загрязнений, проблема утилизации ядерных отходов и осознание реально существующей опасности, поступающей от атомных станций. Однако, при реализации проектов в секторе ветроэнергетики Украины необходимо принимать во внимание возможные проблемы и угрозы, существующие в этом секторе. Данный вопрос освещен в этой статье.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке и реализации проектов в секторе ветроэнергетики Украины.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ, ТОПЛИВО, ЭНЕРГИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

АВТОРИ:

Бакуліч Олена Олександрівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, декан факультету менеджменту, логістики та туризму, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омельновича-Павленко 1, orcid.org/0000-0002-5700-0576.

Севост'янова Аліна Валеріївна, Національний транспортний університет, асистент кафедри менеджменту, e-mail: avsevastianova@gmail.com, тел. +380936834028, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омельновича-Павленко 1, orcid.org/0000-0002-7693-0648.

AUTHOR:

Bakulich Olena Olexandrivna, Ph.D., (engineering), National Transport University, Dean of the Faculty of Management, logistics and tourism, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, tel. +380937451421, Ukraine, 01010 Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, orcid.org/0000-0002-5700-0576.

Sevastianova Alina Valeriivna, National Transport University, teaching assistant of the department of Management, e-mail: sevastianova1607@gmail.com, Tel. +380936834028, Ukraine, 01010 Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str.1, orcid.org/0000-0002-7693-0648.

АВТОРЫ:

Бакулич Елена Александровна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, декан факультета менеджмента, логистики и туризма, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омельновича-Павленко 1, orcid.org/0000-0002-5700-0576.

Севостьянова Алина Валерьевна, Национальный транспортный университет, асистент кафедры менеджмента, e-mail: sevastianova1607@gmail.com, тел. +380936834028, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омельновича-Павленко 1, orcid.org/0000-0002-7693-0648.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Оксіюк О.Г., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації, Київ, Україна.

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Київ, Україна.

REVIEWER:

Oksiyuk O.G., Doctor of Technical Sciences, professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, head, department of Cyber Security and Information Protection, Kyiv, Ukraine.

Danchuk V.D., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, National Transport University, dean, faculty of Transport and Information Technologies, Kyiv, Ukraine.

УДК 626.018

UDC 626.018

STANOWISKO BADAWCZE UKŁADU HAMULCOWEGO

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, kbalawen@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1219-8611

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

KRZEMIŃSKI Artur, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, artkrzem@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-4733-7308

THE TEST STAND OF THE BRAKING SYSTEM

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, kbalawen@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1219-8611

JAWORSKI Artur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

KRZEMIŃSKI Artur, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, artkrzem@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-4733-7308

СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, кандидат технічних, наук Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, kbalawen@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1219-8611

ЯВОРСКИ Артур, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

КЖЕМІНЬСКИ Артур, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, artkrzem@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-4733-7308

WSTĘP

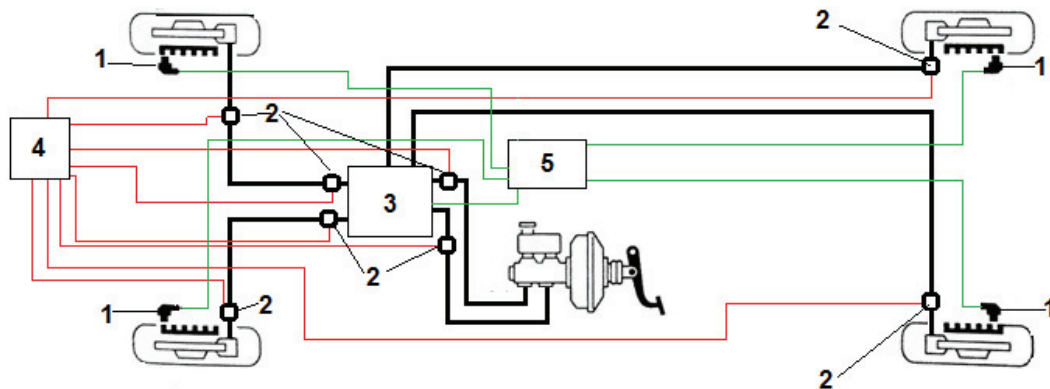
W związku z dążeniem do poprawy bezpieczeństwa ruchu samochodów doskonałe są układy funkcjonalne pojazdów samochodowych. Szczególne znaczenie w tym zakresie obejmują układy hamulcowe, które we współczesnych samochodach nie tylko są stosowane do zmniejszenia prędkości oraz zatrzymania samochodów [1,4], ale także do poprawy stateczności ruchu (ESP) oraz ograniczania poślizgu kół napędowych (ASR). Sterowniki układów hamulcowych posiadają coraz bardziej zaawansowane algorytmy sterowania modulacją ciśnienia płynu w układzie hamulcowym aby zapewnić jak największą skuteczność hamowania podczas jazdy na nawierzchniach o różnych przyczepnościach.

Do oceny działania układu hamulcowego prowadzone są testy w warunkach drogowych oraz badania stanowiskowe [2,3], które najczęściej są ograniczone do pomiarów miar skuteczności działania hamulców oraz stateczności ruchu podczas hamowania. Bardzo istotne są również parametry pracy układów przeciwblokujących (przeciwpoślizgowych), do których można zaliczyć: ciśnienie płynu hamulcowego w układzie i jego zmiany, zakresy poślizgów regulacji ciśnienia oraz prędkości obrotowe kół. Analiza tych parametrów możliwa jest w zależności od ich dostępności, uzależnionej od producenta i stosowanego testera diagnostycznego, a dodatkowo niezbędne jest przeprowadzenie szeregu badań drogowych.

Mając powyższe na uwadze, autorzy podjęli próbę opracowania stanowiska badawczego, które pozwala na przeprowadzenie badań układu hamulcowego w zakresie oceny działania systemów regulacji ciśnienia w warunkach stanowiskowych.

CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA BADAWCZEGO UKŁADU HAMULCOWEGO

Stanowisko badawcze układu hamulcowego zostało opracowane na układzie hamulcowym samochodu osobowego wyposażonego w system ABS. Dzięki zastosowaniu czujników i karty pomiarowej połączonej z komputerem PC, możliwe jest ciągle monitorowanie ciśnienia płynu hamulcowego w wybranych punktach układu hamulcowego. Schemat stanowiska został przedstawiony na rys. 1.



Rysunek 1 – Schemat układu hamulcowego stanowiska badawczego: 1 – czujniki prędkości, 2 – przetworniki ciśnienia, 3 – modulator elektrohydrauliczny ABS, 4 – karta pomiarowa zbierająca dane z przetworników ciśnienia, 5 – sterownik modulatora ABS

Figure 1 – Scheme of the test stand of braking system: 1 – speed sensors, 2 – pressure transmitters, 3 – ABS electrohydraulic modulator, 4 – measurement card collecting data from pressure transducers, 5 – ABS modulator driver

Ponieważ stanowisko badawcze ma charakter stacjonarny, sygnały z czujników kół układu ABS zostały zastąpione sygnałami z czterokanałowego generatora. Dzięki zastosowaniu tego typu rozwiązań, możliwe są badania wpływu sygnałów sterujących układem ABS na wartości ciśnień w układzie hamulcowym w różnych warunkach poślizgu kół pojazdu.

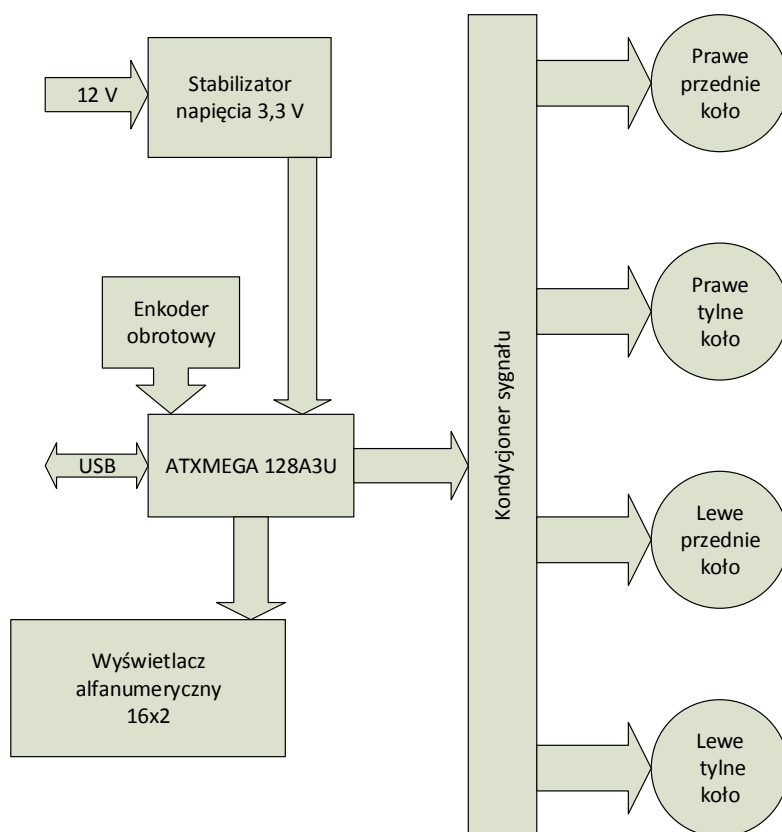
EMULATOR CZUJNIKÓW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ KÓŁ UKŁADU ABS

Emulator został zbudowany jako czterokanałowy generator sygnałów o przebiegu prostokątnym. Umożliwia on generowanie sygnałów elektrycznych o określonej częstotliwości, co odpowiada określonej prędkości obrotowej kół pojazdu. Częstotliwość ta może być zmieniana w szerokim zakresie za pomocą enkodera obrotowego. Układ elektroniczny generatora umożliwia także zmianę częstotliwości sygnału dla określonej grupy kół lub wybranego koła. Schemat blokowy urządzenia został przedstawiony na rys. 2.

Głównym elementem układu jest mikrokontroler ATXMEGA 128A3U, zasilany z akumulatora pojazdu za pośrednictwem układu stabilizacji napięcia. Do mikrokontrolera podłączony został wyświetlacz LCD, umożliwiający wyświetlanie po 16 znaków w dwóch wierszach a także enkoder obrotowy z przełącznikiem monostabilnym, co umożliwia zadawanie określonych parametrów regulacyjnych generatora. Sygnały wyjściowe mikrokontrolera są kierowane do kondycjonera sygnału, który umożliwia regulację napięcia sygnałów wyjściowych w zakresie od 0 do 3,3 V. Sygnały te podłączone są w miejsce czujników prędkości kół układu hamulcowego samochodu. Opcjonalnie mikrokontroler może zostać połączony z komputerem PC za pomocą złącza USB.

Zarówno prędkość obrotowa, jak i wybrane kanały do regulacji są wyświetlone na ekranie wyświetlacza LCD. Na rys. 3 został przedstawiony wyświetlacz LCD – regulacja prędkości obrotowej dla przedniego, prawego koła (prędkość obrotowa koła równa 416 obr/min).

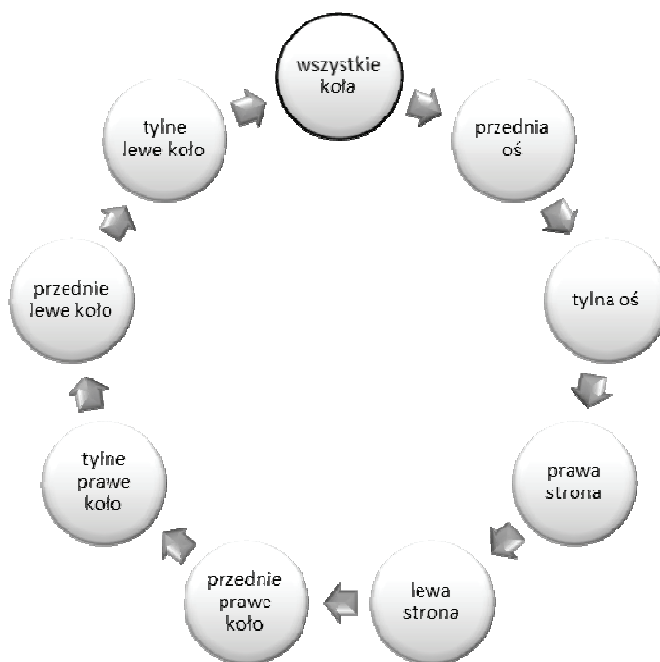
Wyboru regulacji prędkości obrotowej dla poszczególnych kół dokonuje się za pomocą enkodera, zgodnie ze schematem na rys. 4.



Rysunek 2 – Schemat blokowy generatora sygnału do emulacji czujników prędkości obrotowej kół pojazdu
 Figure 2 – Block diagram of a signal generator for emulating wheel speed sensors of a vehicle

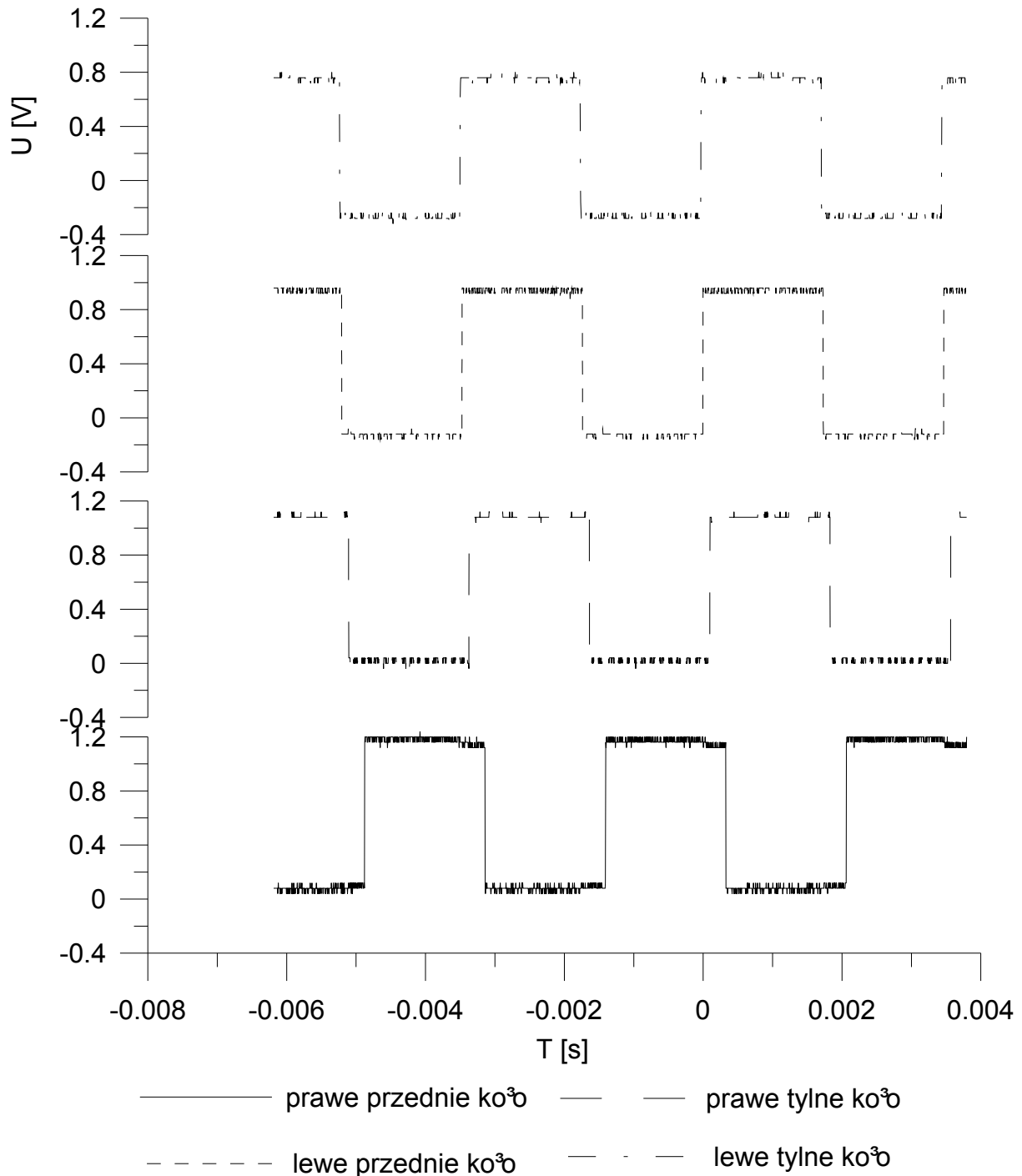


Rysunek 3 – Wyświetlacz LCD generatora sygnałów prędkości obrotowej kół układu ABS
 Figure 3 – LCD display of the ABS wheel speed signal generator



Rysunek 4 – Schemat wyboru kanałów regulacji dla generatora sygnałów prędkości obrotowych kół
 Figure 4 – Diagram of choice of control channels for the generator of wheel speed signals

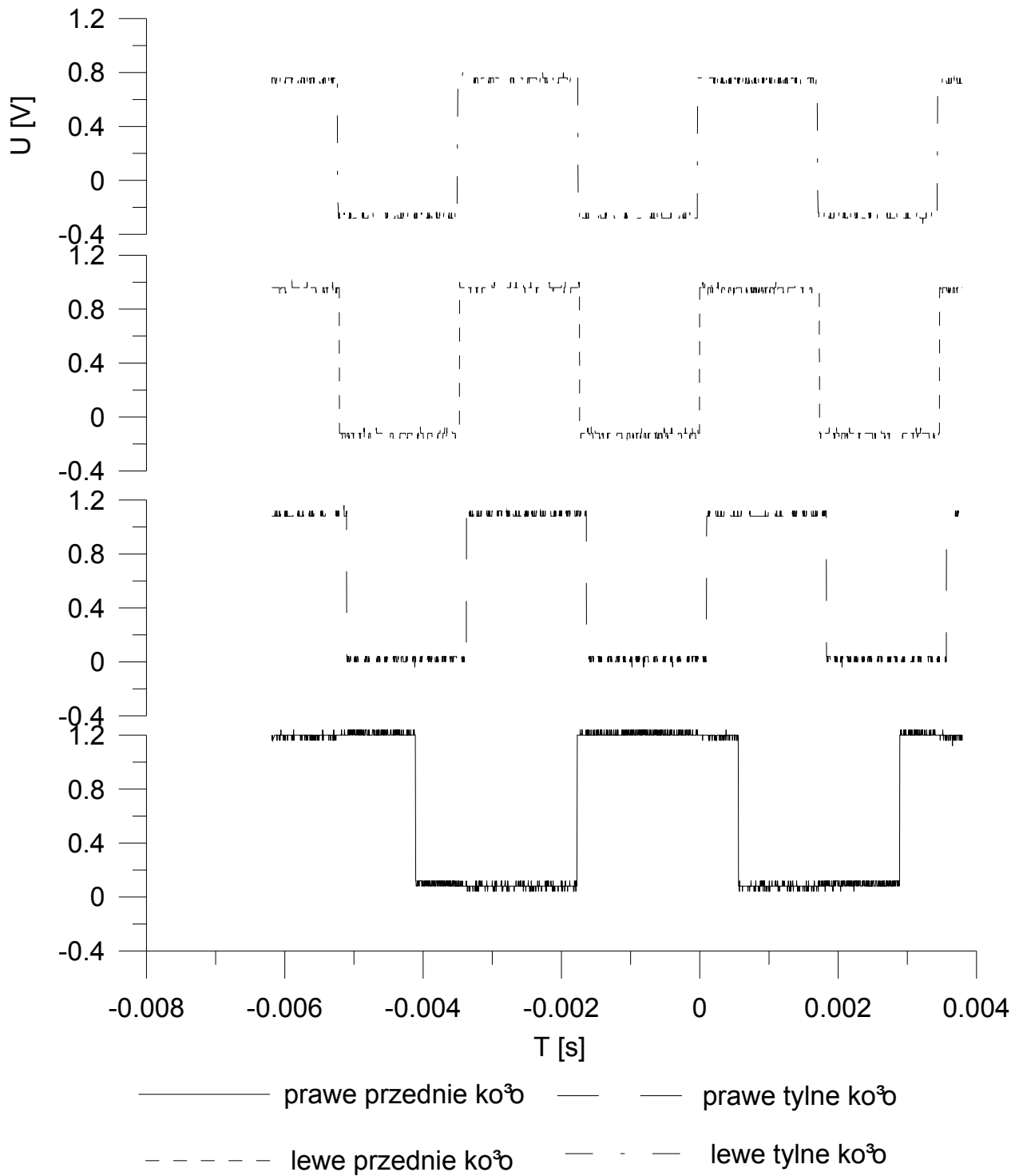
Po uruchomieniu generatora możliwe jest ustalenie prędkości obrotowej wszystkich kół pojazdu (rys. 5). Regulacja możliwa jest w zakresie od 0 do 2000 obr/min, co odpowiada prędkości pojazdu (z kołami 195/65/15”) od 0 do ponad 200 km/h. Następnie możliwy jest wybór określonej grupy lub pojedynczego koła wg schematu na rys. 4 i ustawienie wybranej prędkości obrotowej koła.



Rysunek 5 – Przebiegi sygnałów elektrycznych w przypadku jednakowej prędkości wszystkich czterech kół pojazdu

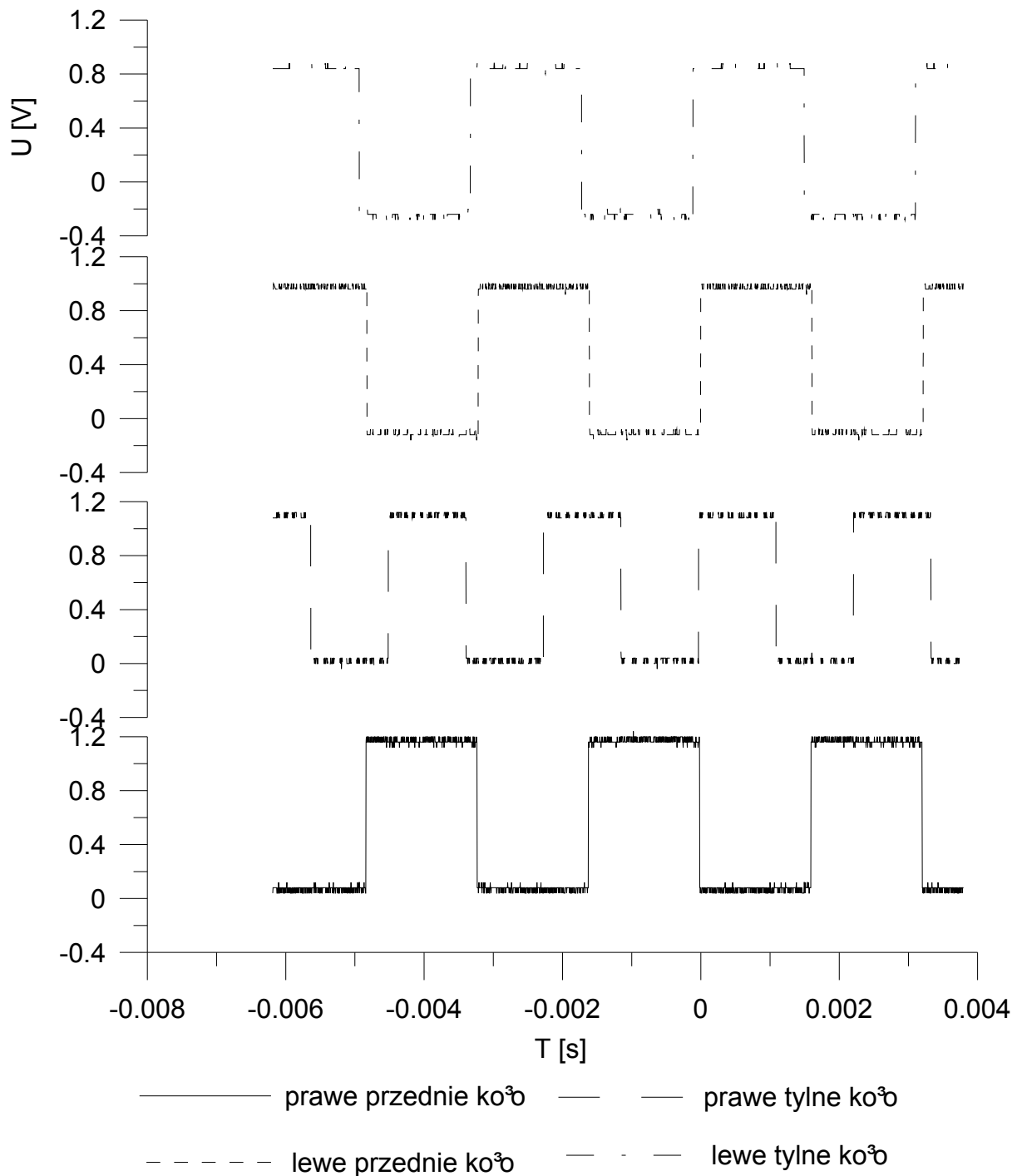
Figure 5 – The waveforms of electric signals at the same speed of all four wheels of the vehicle

Na rys. 6 przedstawiono przebieg sygnałów elektrycznych dla jednego z kół nienapędzanych będących w poślizgu. Częstotliwość sygnału dla przedniego prawego koła jest znacznie mniejsza niż pozostałych kół. Sytuacja taka ma miejsce jeżeli koło wpadnie w poślizg i ma mniejszą prędkość obrotową niż pozostałe koła. Jeżeli w poślizg wpada koło napędzane, wówczas zwiększa się jego prędkość obrotowa. Sygnały elektryczne takiego przypadku zostały przedstawione na rys. 7.



Rysunek 6 – Przebiegi sygnałów elektrycznych w przypadku gdy przednie prawe koło ma mniejszą prędkość obrotową niż pozostałe koła

Figure 6 – The waveforms of electric signals when the front right wheel has a lower speed than the other wheels



Rysunek 7 – Przebiegi sygnałów elektrycznych w przypadku gdy tylne prawe koło ma większą prędkość obrotową niż pozostałe koła

Figure 7 – The waveforms of electric signals when the rear right wheel has a higher speed than the other wheels

PODSUMOWANIE

Opracowane stanowisko pozwala na badania identyfikacyjne układu hamulcowego w zakresie analizy ciśnień w obwodach układu, dla różnych warunków wymuszeń symulujących poślizgi kół. W porównaniu do badań drogowych, testy na stanowisku mogą być realizowane w krótszym czasie, przy niższych kosztach i zachowaniem bezpiecznych warunków. W przyszłości planowana jest rozbudowa stanowiska w zakresie:

- implementacji dodatkowych kanałów generatora, umożliwiających symulację sygnału prędkości obrotowej silnika i prędkości pojazdu z czujnika umieszczonego w skrzyni biegów,
- zwiększenia zakresu regulacji napięcia sygnału wyjściowego generatora,
- połączenia układu generatora z komputerem PC za pomocą złącza USB,

- opracowania interfejsu graficznego na komputer PC w celu umożliwienia sterowania generatorem (także w sposób dynamiczny oraz zapewniającym odpowiednie prędkości kół przy jeździe na wprost i na zakrętach) i synchronizacji odczytanych danych z czujników ciśnienia układu hamulcowego z sygnałami generatora,
- przystosowania generatora do pracy z różnymi typami pojazdów wyposażonych w systemy bezpieczeństwa takie jak: ABS, ASR i ESP,
- odczytu prędkości obrotowej wybranego koła pojazdu i generowanie sygnałów dla pozostałych kół.

REFERENCES

1. Konwencjonalne i elektroniczne układy hamulcowe. Informator techniczny BOSCH, WKiŁ, Warszawa 2015.
2. Orzełowski S. (1995). Eksperymentalne badania samochodów i ich zespołów. WNT, Warszawa 1995.
3. Sitek, K. (2008). Diagnostowanie układów hamulcowych. Poradnik serwisowy nr 4/2008. Grupa Wydawnicza Instalator Polski. Warszawa 2008.
4. Wicher, J. (2012). Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego WKiŁ, Warszawa 2012.

STRESZCZENIE

BALAWENDER Krzysztof, JAWORSKI Artur, KRZEMIŃSKI Artur. Stanowisko badawcze układu hamulcowego / K. BALAWENDER, A. JAWORSKI, A. KRZEMIŃSKI // Wiśnik Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

W pracy przedstawiono charakterystykę stanowiska do badań układu hamulcowego z elektrohydraulicznymi modulatorami ciśnienia. Sygnały z czujników prędkości kół układu ABS zostały zastąpione sygnałami z czterokanałowego generatora, dzięki czemu stanowisko badawcze ma charakter stacjonarny. Zastosowanie tego typu rozwiązań, umożliwi badania wpływu sygnałów sterujących układu ABS na wartości ciśnień w układzie hamulcowym, w różnych warunkach poślizgu kół pojazdu.

РЕФЕРАТ

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, ЯВОРСКИ Артур, КЖЕМИНСКИ Артур. Стенд для випробування гальмівної системи / К. БАЛАВЕНДЕР, А. ЯВОРСЬКИ, А. КРЖЕМИНСКИЙ // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглядається робота концептуального гальмівного стенда для перевірки гальм автомобіля з додатковими системами безпеки.

Об'єкт дослідження – гальмівний стенд для перевірки гідравлічних гальм автомобіля.

Мета роботи – вивчення впливу сигналів керування ABS на значення тиску в гальмівній системі в різних умовах кочення коліс автомобіля.

Метод дослідження – експериментальне дослідження шляхом емуляції сигналів від датчиків частоти обертання коліс за допомогою чотирьох канального генератора.

У зв'язку з бажанням поліпшити безпеку автомобільного руху, поліпшуються функціональні системи автомобілів. Особливе значення в цьому відношенні мають гальмівні системи, які в сучасних автомобілях використовуються не тільки для зниження швидкості і зупинки автомобілів, але і для підвищення стійкості руху і зменшення ковзання ведучих коліс. Контролери гальмівних систем мають все більш сучасні алгоритми управління модуляцією тиску рідини в гальмівній системі, щоб забезпечити максимальну ефективність гальмування при русі на різних поверхнях.

Для оцінки ефективності гальмівної системи випробування проводяться в дорожніх умовах і стендових випробуваннях, які найчастіше обмежуються вимірюванням показників ефективності гальмування і стабільності під час гальмування.

Експлуатаційні параметри антиблокувальних систем також дуже важливі, включаючи тиск гальмівної рідини в системі і її зміни, діапазони регулювання тиску і швидкість обертання колеса.

Аналіз цих параметрів можливий в залежності від їх доступності, від виробника і використовуваного діагностичного тестера, і, крім того, необхідно провести серію дорожніх випробувань.

Беручи до уваги вищевикладене, в статті представлено концептуальну модель випробувального стенду, який дозволяє тестувати гальмівну систему в області оцінки роботи систем управління тиском, що базується на аналізі сигналів керування ABS на значення тиску в гальмівному контурі.

Переваги даного стенду обумовлені можливістю використовувати його як в дорожніх так і стендових випробуваннях гальм, а також можливість більш детально перевірити ефективність роботи додаткових систем на прикладі ABS, ESP та ін.

Результати роботи можуть бути впроваджені в стандарти або методи випробування гідравлічних гальмівних систем автомобілів за дорожнім або стендовим (лабораторним) методом.

Прогнозовані припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – натуральні випробування розробленого стенда і пошук допустимих меж його застосування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АНТИБЛОКУВАЛЬНА СИСТЕМА, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛЬМ, СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТИСКОМ.

ABSTRACT

BALAWENDER K., JAWORSKI A., KRZEMIŃSKI A. The test stand of the braking system. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article considered the work process of the conceptual braking system test stand for testing the vehicle's brakes with additional safety systems.

The object of the research is a braking system test stand for testing the vehicle's hydraulic brakes.

The purpose of the work is to study the influence of ABS signals on the value of pressure at the braking system during different vehicle wheels' rolling conditions.

The research method is an experimental study by emulating signals from the wheel speed sensors using a four-channel generator.

In connection with the desire to improve the motor vehicles safety, their functional systems are improving too. The braking systems at this respect has a particular importance. Modern braking system are used not only to reduce the speed and stop a vehicle, but also to improve the stability of motion and reduce the driving wheels sliding. The braking system controllers have increasingly modern algorithms for controlling fluid pressure modulation to provide maximum braking performance while traveling on different surfaces.

In order to assess the efficiency of the braking system, tests are carried out in road conditions and bench tests, which are often limited to measuring braking performance and stability during braking.

The assessment of the effectiveness of the braking system is carried out using road and stand tests, which are mostly limited by measuring the performance of braking and driving stability during braking.

Operating parameters of anti-block systems are also very important, including the fluid pressure at brake system and its changes, ranges of pressure regulation and wheel rotation speed. The analysis of these parameters is possible depending on their availability, from the manufacturer and the diagnostic tester used, and, moreover, it is necessary to conduct a series of road tests.

Taking into account the foregoing, a conceptual model of the braking system test stand, which allows testing the braking system by evaluating the operation of pressure control systems based on the analysis of ABS control signals on the pressure value in the brake circuit, is presented in the article.

The advantages of this stand are due to the possibility of using it both in road and stand tests of brakes, as well as the possibility to check more detail the performance of additional systems on the example of ABS, ESP, etc.

The results of the work can be implemented in the standards or methods of testing the hydraulic braking systems of cars by road or stand (laboratory) method.

Predictable assumptions about the development of the research object are natural tests of the developed stand and the search for admissible limits of its application.

KEYWORDS: ANTI-BLOCKING SYSTEM, BRAKING SYSTEM, BRAKE EFFICIENCY, PRESSURE CONTROL SYSTEM.

AUTOR:

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: kbalawen@prz.edu.pl, tel.: +48178651588, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1219-8611.

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48178651506, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

KRZEMIŃSKI Artur, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48178651509, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308

АВТОРИ:

БАЛАБЕНДЕР Кшиштоф, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, e-mail: kbalawen@prz.edu.pl, тел.: +48178651588, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-1219-8611

ЯВОРСКИ Артур, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, тел.: +48178651506, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711

КЖЕМИŃСКИ Артур, магістр, Жешовська Політехніка, кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48178651509, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0003-4733-7308

AUTHORS:

BALAWENDER Krzysztof, PhD, Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, e-mail: kbalawen@prz.edu.pl, tel.: +48178651588, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1219-8611.

JAWORSKI Artur, PhD, Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48178651506, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

KRZEMIŃSKI Artur, Rzeszow University of Technology, department of internal combustion engines and transport, e-mail: artkrzem@prz.edu.pl, tel.: +48178651509, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-4733-730.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Воевода Павел, кандидат технічних наук, Жешувська політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Sakhno V.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, head of automobile department, Kyiv, Ukraine.

Woyevoda Pavel, PhD., Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Сахно В.П., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой автомобилей, Киев, Украина.

Воевода Павел, кандидат технических наук, Жешувского политехника, доцент кафедры двигателей внутреннего сгорания и транспорта, Жешув, Польша.

УДК 656.13

UDC 656.13

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ ДОБАВКИ СПИРТОВИХ СПОЛУК ДО БЕНЗИНУ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГУНА

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, yugutarevich@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4939-4384

Шуба Є.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, shuba90@i.ua, orcid.org/0000-0003-2036-8024

Овчинников Д.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, dovchinnikov@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4938-4503

EFFECT OF THE VALUE OF THE ADDITION OF ALCOHOL COMPOUNDS TO GASOLINE ON THE PERFORMANCE OF THE CARBURETOR ENGINE

Gutarevych Y.F., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, yugutarevich@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4939-4384

Shuba Y.V. Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, shuba90@i.ua, orcid.org/0000-0003-2036-8024

Ovchinnikov D.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, dovchinnikov@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4938-4503

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДОБАВКИ СПИРТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ К БЕНЗИНУ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, yugutarevich@gmail.com, orcid.org/0000-0002-4939-4384

Шуба Е.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, shuba90@i.ua, orcid.org/0000-0003-2036-8024

Овчинников Д.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dovchinnikov@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4938-4503

Вступ. Спиртові сполуки, зокрема біоетанол, є однією з найбільш розповсюджених добавок до бензину, яка дозволяє економити палива нафтового походження і, в певній мірі, розширити паливну базу автомобільного транспорту.

Величина добавки біоетанолу весь час зростає. Зараз на автозаправних станціях реалізують бензин з добавкою 36% кисневмісних сполук, в яких більше 75% етанолу та близько 25% ізобутилового спирту. Значна добавка спиртових сполук впливає на характеристики сумішевого бензину і відповідно на показники роботи двигуна. Визначення цього впливу і є задачею, яку вирішували в даних дослідженнях

Мета досліджень: встановлення впливу величини добавки спиртових сполук до бензину на показники роботи карбюраторного двигуна в різних навантажувальних режимах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень по використанню добавок спиртових сполук до бензину наведено в ряді робіт. Питання розширення паливної бази та зменшення споживання палив нафтового походження за рахунок спиртів набуло актуальності ще у 30-ті роки минулого сторіччя [1]. Привабливим у використанні спиртів в якості моторних палив в нашій країні є широка сировинна база і наявність посівних площ в достатній кількості для їх виробництва [2]. Світові тенденції на ринку альтернативних палив свідчать про те, що в останні роки виробництво біоетанолу стрімко зросло у порівнянні з іншими видами біопалив [3,4].

В дослідженнях [5, 6, 7] величина добавки етанолу не перевищувала 20%. Встановлено, що така добавка практично не впливає на показники роботи сучасного двигуна з системою впорскування бензину і зворотним зв'язком [8]. В той же час навіть така добавка є причиною зміни показників роботи карбюраторного двигуна. Тому доцільним є проведення досліджень карбюраторного двигуна

з визначенням його паливної економічності, енергетичних та екологічних показників в залежності від величини добавки спиртових сполук.

Виклад основного матеріалу.

Для порівняння і підготовки сумішевого бензину використали бензин А-95 з вмістом 10% метил-трет-бутилового ефіру (МТБЕ) за об'ємом та товарний бензин А-95Е40 з вмістом 30,4% етанолу і 5,8% ізобутилового спирту за об'ємом відповідно. Фізико-хімічний аналіз обох палив був проведений у лабораторії ТОВ «ВЦ ПММ». Сумішеві бензини з різним вмістом спиртових сполук готували змішуванням відповідних бензинів.

Експериментальні дослідження проводили у Національному транспортному університеті на кафедрі «Двигуни та теплотехніка» на карбюраторному двигуні МеМЗ-245 встановленому на гальмівному стенді SAK-670.

Експериментальна установка обладнана приладами для фіксації теплового режиму, заміру частоти обертання, крутного моменту двигуна. Витрату бензину вимірювали ваговим методом з використанням електронних ваг МЕРА ВМ-2/3, склад відпрацьованих газів визначали газоаналізатором BOSCH BEA 060, цим же газоаналізатором заміряли склад паливо-повітряної суміші (коефіцієнт α), паралельно коефіцієнт α заміряли α -метром.

В процесі підготовки до випробувань визначили розрахунковим методом характеристики сумішевого бензину з різним вмістом спиртових сполук, які можуть вплинути на показники роботи двигуна. До таких характеристик в першу чергу відносять густину бензину, теоретично необхідну кількість повітря для згорання 1 кг палива, нижчу теплоту згорання.

Густину палива, в склад якого входить « i » різних сполук і окремих елементів, визначають за залежністю:

$$\rho_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m \rho_i r_i, \quad (1)$$

де: ρ_i – густини окремих сполук, кг/м^3 ;

r_i – об'ємні частки цих сполук.

Розрахунки провели для сумішевих бензинів з п'ятьма різними за об'ємом вмістами спиртових сполук 0,0; 9,0; 18,0; 27,0; 36,0%. Відповідно визначали зміну вмісту метил-трет-бутилового ефіру, який складав 10; 7,5; 5,0; 2,5; 0%. З використанням результатів фізико-хімічного аналізу і середніх довідкових даних (таблиця 1), розраховували густину сумішевих бензинів з різним вмістом спиртових сполук.

По мірі збільшення вмісту спиртових сполук (таблиця 2) густина бензину зростає. Це необхідно враховувати при порівнянні об'ємних витрат бензину.

Теоретично необхідну кількість повітря для згорання 1 кг сумішевого бензину розраховували за залежністю:

$$l_{0\text{сум}} = \sum_{i=1}^m l_{0i} g_i, \quad (2)$$

де: l_{0i} – теоретично необхідні кількості повітря для згорання 1 кг окремих хімічних сполук, кг;

g_i – масові частки складових суміші.

Величину l_{0i} визначали за залежністю, яка враховує елементарний склад сполук:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left(\frac{8}{3} C + 8H - O_n \right) \quad (3)$$

Елементарний склад хімічних сполук, які є складовими сумішевих бензинів наведено в табл. 1. Масові частки складових сумішевого бензину визначали за залежністю:

$$g_i = \frac{\rho_i r_i}{\rho_{\text{сум}}} \quad (4)$$

Розраховані масові частки сполук для різних сумішевих бензинів наведені в табл. 2. Там же наведені визначені за формулою 2 теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг сумішевого бензину. Як видно з наведених даних, ця величина по мірі збільшення вмісту кисневих сполук зменшується, що є підставою очікувати збіднення паливо-повітряної суміші за роботи двигуна без регулювань. Графічно залежність теоретично необхідної кількості повітря для згоряння 1 кг бензину від вмісту спиртових сполук показана на рис.1.

Нижчу теплоту згоряння визначали за залежністю:

$$H_{\text{исум}} = \sum_{i=1}^m H_{\text{ui}} g_i, \quad (5)$$

де H_{ui} – нижча теплота згоряння окремих складових суміші (таблиця 1).

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості бензину та кисневмісних добавок
Table 1 – Physico-chemical properties of gasoline and oxygen-containing additives

	Бензин	Біоетанол	Ізобутиловий спирт	МТБЕ
Густина, кг/м ³	700-750	789-796	801-803	740
Нижча теплота згоряння, кДж/кг	43580	26800	36743	35200
Елементарний склад, %	С	85,5	52,14	64,82
	Н	14,5	13,13	13,59
	О	-	34,72	21,58

В табл. 2 наведені величини нижчої теплоти згоряння сумішевого бензину різного складу. Як видно, по мірі збільшення вмісту спиртових сполук, нижча теплота згоряння зменшується, тому слід очікувати зростання витрати палива двигуном і зниження максимальних енергетичних показників без застосування відповідних регулювань. Графічно ця залежність показана на рис.2.

Таблиця 2 – Розрахункові значення фізико-хімічних властивостей бензинів з різною за величиною добавкою біоетанолу
Table 2 – Estimated values of physico-chemical properties of gasoline with a different amount of bioethanol additive

		Вміст біоетанолу в бензині, % за об'ємом				
		0	9	18	27	36
Густина, кг/м ³		722	728	734	740	746
Масові частки, кг	бензину	0,898	0,825	0,754	0,684	0,616
	біоетанолу	-	0,082	0,164	0,243	0,322
	Ізобут. спирту	-	0,016	0,032	0,047	0,062
	МТБЕ	0,102	0,076	0,05	0,025	-
Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння 1 кг палива, кг		14,643	14,181	13,728	13,283	12,845
Нижча теплота згоряння, кДж/кг		42721	41448	40196	38964	37752

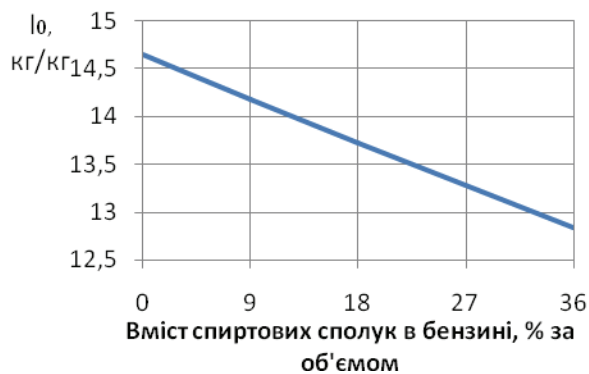


Рисунок 1 – Розрахункова залежність теоретично необхідної кількості повітря для згоряння 1 кг палива від вмісту добавки спиртових сполук у бензині
Figure 1 – Estimated dependence of the theoretically necessary amount of air for combustion 1 kg of fuel from the content of adding alcoholic compounds in gasoline

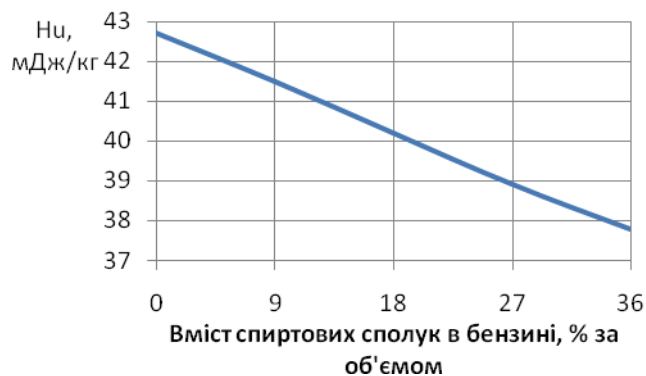


Рисунок 2 – Розрахункова залежність нижчої теплоти згоряння бензину від величини добавки спиртових сполук
Figure 2 – Estimated dependence of lower heat of gasoline combustion on the amount of added alcoholic compounds

В цілому розрахунки показують, що при значній величині добавки спиртових сполук значно змінюються основні характеристики бензину, тому можлива зміна показників роботи двигуна. Зокрема, якщо збіднення паливо-повітряної суміші при добавці спиртових сполук досягне величини, при якій мають місце пропуски робочих циклів, показники роботи двигуна різко погіршуються. В даних дослідження основна увага приділена визначенню впливу величини добавки спиртових сполук на склад паливо-повітряної суміші за роботи двигуна в різних навантажувальних режимах, стабільності його роботи та максимальних енергетичних показників в одному зі швидкісних режимів.

Показники роботи двигуна при різних добавках спиртових сполук до бензину оцінювали за роботи по навантажувальних характеристиках. На рис. 3 показані залежності коефіцієнту надміру повітря від навантаження двигуна MeMZ-245 визначені при частоті обертання 2100 хв^{-1} . Залежності отримані при незмінному регулюванні системи живлення.

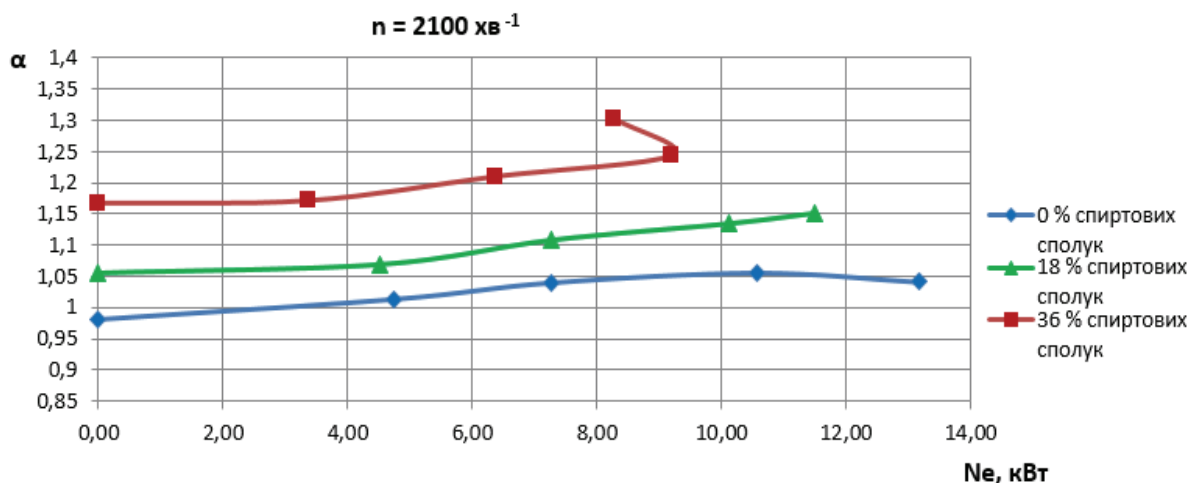


Рисунок 3 – Експериментальні значення коефіцієнту надміру повітря для різних за величиною добавках спиртових сполук двигуна MeMZ-245

Figure 3 – Experimental values of the air excess coefficient for various additives in the alcoholic compounds of the MeMZ-245 engine

Як видно з рис. 3, за роботи двигуна з навантаженням вище 9 кВт за добавки 36% спиртових сполук коефіцієнт надміру повітря збільшується до 1,3, двигун починає працювати з пропусками робочих циклів, про що свідчить різке зростання (близько 5 разів) концентрацій вуглеводнів в відпрацьованих газах (рис. 4), потужність двигуна знижується.

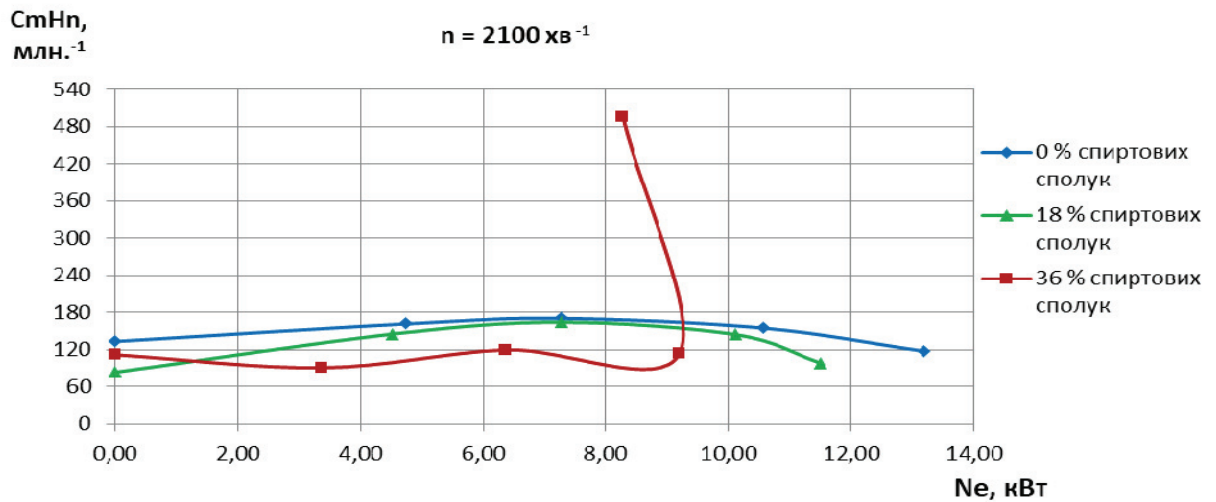


Рисунок 4 – Експериментальні значення концентрацій вуглеводнів у відпрацьованих газах млн.⁻¹ двигуна MeM3-245 для різних за величиною добавках спиртових сполук в бензині

Figure 4 – Experimental values of hydrocarbon concentrations in the exhaust gases of a million-1 engine of MeMZ-245 for various additives in alcoholic compounds in gasoline

Як один з шляхів поліпшення показників роботи карбюраторних двигунів за роботи на бензині зі значною добавкою спиртових сполук можливо розглянути збагачення паливо-повітряної суміші збільшенням пропускної здатності паливних жиклерів.

На рис. 5 показані залежності зміни коефіцієнту надміру повітря від навантаження за роботи двигуна MeM3-245 на бензині з різним вмістом спиртових сполук зі зміненим регулюванням головної дозуючої системи. Зміну регулювання здійснювали встановленням паливних жиклерів зі збільшеною пропускною здатністю. Навантажувальна характеристика визначена для частоти обертання колінчастого вала 2300 хв.⁻¹.

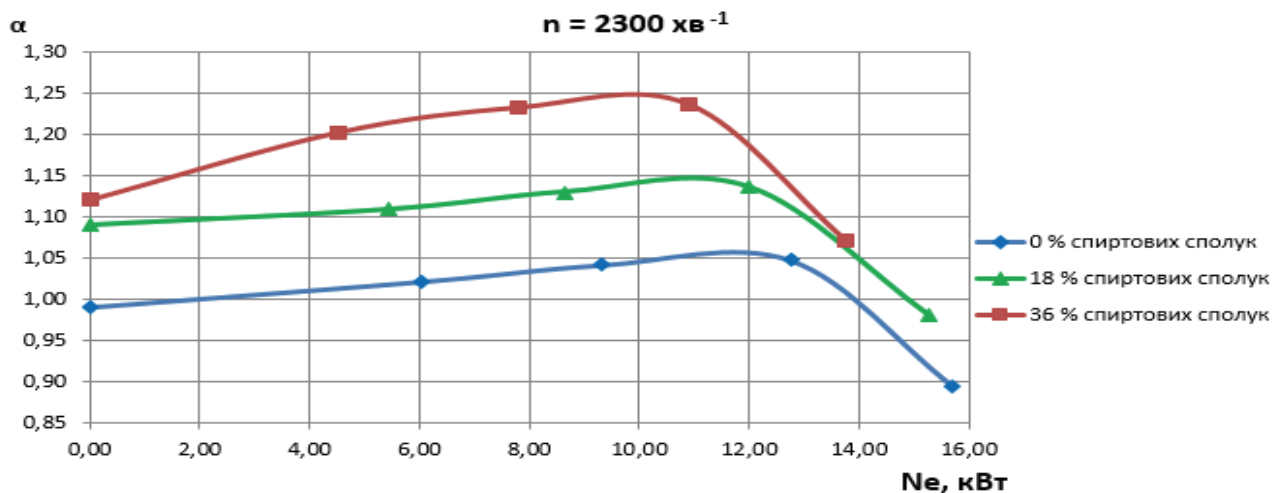


Рисунок 5 – Експериментальні значення коефіцієнту надміру повітря для різних за величиною добавок спиртових сполук до бензину двигуна MeM3-245 при зміненому регулюванні карбюратора

Figure 5 – Experimental values of the excess air ratio for various additives in alcoholic proportions to the gasoline engine of the MeMZ-245 with modified carburettor adjustment

По мірі збільшення вмісту спиртових сполук в бензині величина α зростає. При максимальному навантаженні по мірі зростання α збільшується з $\alpha = 0,895$ (без спиртових сполук) до $\alpha = 0,981$ (при 18% спиртових сполук) і до $\alpha = 1,072$ (при 36% спиртових сполук). Така зміна α стала причиною зниження потужності двигуна з 15,69 кВт до 13,76 кВт. Двигун стабільно працював в усіх навантажувальних режимах, про що свідчать невисокі концентрації вуглеводнів у відпрацьованих газах (рис. 6).

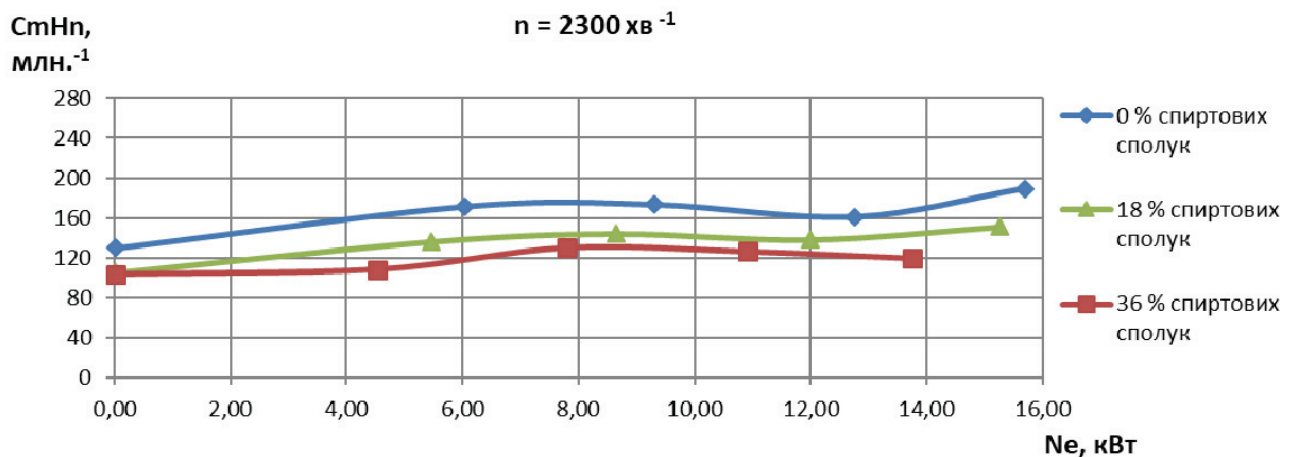


Рисунок 6 – Експериментальні значення концентрацій вуглеводнів у відпрацьованих газах двигуна MeM3-245 для різних за величиною добавок спиртових сполук до бензину при зміненому регулюванні карбюратора

Figure 6 – Experimental values of hydrocarbon concentrations in exhaust gases of the engine of the MeMZ-245 for various additives in the alcoholic compounds to gasoline with altered carburettor adjustment

Незначну різницю в величині концентрацій вуглеводнів з різними добавками спиртових сполук можна пояснити відповідним впливом складу паливо-повітряної суміші. Таким чином, можна стверджувати, що добавка спиртовмісних сполук до бензину до 36% при відповідному регулюванні системи живлення, зокрема при регулюванні двигуна за роботи на бензині без спиртових сполук на склад паливо-повітряної суміші близький до стехіометричного незначно вплине на показники роботи двигуна.

Показники роботи карбюраторного двигуна за роботи на бензині з значною добавкою спиртових сполук (до 36%) залежать від регулювання системи живлення.

Разом з тим необхідно зазначити, що при використанні бензину з різними за величиною добавками спиртових сполук для живлення двигуна з системою впорскування бензину і зворотним зв'язком встановлено, що зворотний зв'язок забезпечує підтримування складу паливо-повітряної суміші близьким до стехіометричного для всіх добавок спиртових сполук. Двигун працює стабільно в усіх навантажувальних режимах (рис. 7).

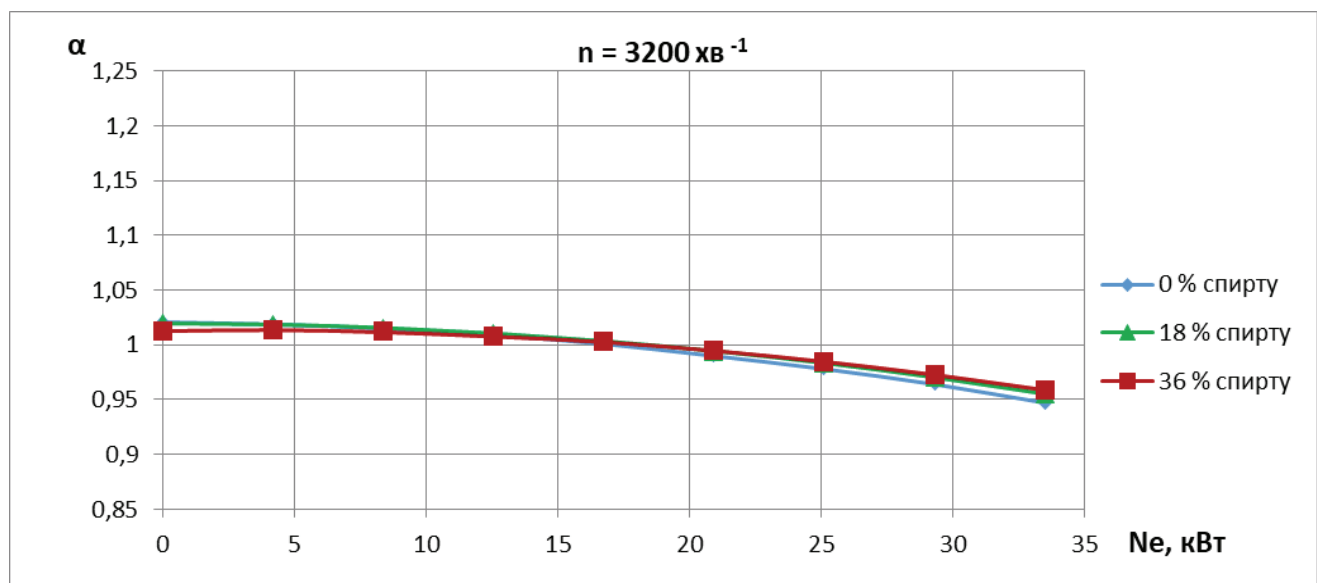


Рисунок 7 – Значення коефіцієнту надміру повітря для різних за величиною добавок спиртових сполук до бензину в двигуні VW BBY n=3200 хв⁻¹

Figure 7 – The value of the excess air ratio for various additives in the alcoholic compounds to gasoline in the engine VW BBY n = 3200 min⁻¹

Висновки. По мірі збільшення добавки спиртових сполук до бензину зростає густина бензину, зменшуються нижча теплота згорання та теоретична кількість повітря для згорання 1 кг бензину. Останнє приводить до збіднення паливоповітряної суміші в карбюраторному двигуні зі збільшенням добавки спиртових сполук. У випадку, коли має місце надмірне збіднення суміші, карбюраторний двигун працює з пропусками робочих циклів, про що свідчить різке зростання концентрації вуглеводнів у відпрацьованих газах. Одним з можливих напрямів усунення цього недоліку є незначне збагачення паливоповітряної суміші за роботи двигуна без добавки спиртових сполук.

Названий недолік має місце лише в карбюраторних двигунах, в двигунах з системою впорскування і зворотним зв'язком система автоматично підтримує стехіометричний склад паливоповітряної суміші незалежно від складу бензину.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ирисов А. С. Спирт как моторное топливо / А. С. Ирисов. – Москва-Ленинград, Научно-техническое издание по машиностроению, металлообработке и черной металлургии, 1933. – 136 с.
2. Климчук О.В., Висоцька В.В. Виробництво біоетанолу-перспективна галузь в Україні / Климчук О.В., Висоцька В.В. // Збірник наукових праць ВНАУ №1(56) Том 3 2012 С. 98-103.
3. Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Чанышев Р.Р., Николаева С.В. Современные методы получения биоэтанола / Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н., Чанышев Р.Р., Николаева С.В. // Башкирский химический журнал – 2011 № 2. С. 128-134.
4. Industry Statistic World Fuel Ethanol Production [Virtual Resource] / Access Mode : URL : <http://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546> – Title from Screen/ - Date of Access: 13 May 2018.
5. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Устименко Віктор Сергійович; Національний транспортний університет. К., 2006. – 21 с.
6. Захарченко О.М. Покращення паливної економічності та екологічних показників автомобілів раціональним використанням бензинів з добавкою біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Захарченко Олексій Миколайович; Національний транспортний університет. К., 2008. – 20 с.
7. Щербатюк В.Б. Покращення екологічних показників двигунів підігрівом свіжого заряду при використанні бензину з добавкою біоетанолу : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.03 / Щербатюк Віталій Броніславович; Національний транспортний університет. К., 2013. – 20 с.
8. Кульбако В.П. Покращення екологічних показників автомобіля в експлуатаційних умовах добавкою біоетанолу до бензину : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / Кульбако Валентин Петрович; Національний транспортний університет. К., 2012. – 20 с.

REFERENCES

1. Irisov A. S. (1933) Spirt kak motornoe toplivo [Ethanol as motor fuel]. Moskva-Leningrad: Nauchno-technicheskoe izdanie po mashinostroeniyu, metalloobrabotke i chernoy metallurgii – Scientific and technical publication on mechanical engineering, metal working and ferrous metallurgy, 136 [in Russian].
2. Klymchuk O.V., Vysotska V.V. (2012) Vyrobnystvo bioetanolu-perspektyvna haluz v Ukraini [Bioethanol production is a promising industry in Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats VNAU - Collection of scientific works of VNAU, №1(56), Tom 3, 98-103 [in Ukrainian].
3. Vildanov F.Sh., Latypova F.N., Chanyishev R.R., Nikolaeva S.V. (2011) Sovremennyye metody polucheniya bioetanola [Modern methods for producing bioethanol]. Bashkirskiy himicheskii zhurnal – Bashkir Chemical Journal, 2, 128-134 [in Russian].
4. Industry Statistic World Fuel Ethanol Production. (n.d.). <http://ethanolrfa.org>. Retrieved from <http://ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546> [in English].
5. Ustymenko V.S. (2006) Polipshennia ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv ta rozshyrennia palyvnoi bazy avtomobilnoho transportu shliakhom zastosuvannia bioetanolu [Improving environmental performance of cars and expanding the fuel base of road transport by using bioethanol]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
6. Zakharchenko O.M. (2008) Pokrashchennia palyvnoi ekonomichnosti ta ekolohichnykh pokaznykiv avtomobiliv ratsionalnym vykorystanniam benzyniv z dobavkoiu bioetanolu [Improvement of fuel

economy and ecological indicators of cars by rational use of gasoline with bioethanol additive]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].

7. Shcherbatiuk V.B. (2013) Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykiv dvyhunyv pidihryvom svizhoho zariadu pry vykorystanni benzynu z dobavkoiu bioetanolu [Improvement of environmental indicators of engines with heating of fresh charge with the use of gasoline with the addition of bioethanol. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
8. Kulbako V.P. (2012) Pokrashchennia ekolohichnykh pokaznykiv avtomobilia v ekspluatatsiinykh umovakh dobavkoiu bioetanolu do benzynu [Improvement of the environmental performance of the car under operating conditions by adding bioethanol to gasoline]. Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv: NTU [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Вплив величини добавки спиртових сполук до бензину на показники роботи карбюраторного двигуна / Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба, Д.В. Овчинніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К. : НТУ – 2018. – Вип. 3 (42).

У статті наведені результати експериментальних та розрахункових досліджень впливу величини добавки спиртових сполук на склад паливо-повітряної суміші за роботи карбюраторного двигуна в різних навантажувальних режимах, стабільності його роботи та максимальних енергетичних показників в одному зі швидкісних режимів.

Об'єкт експериментальних досліджень – бензиновий двигун MeMZ-245 з карбюраторною системою живлення.

Мета досліджень: встановлення впливу величини добавки спиртових сполук до бензину на показники роботи карбюраторного двигуна в різних навантажувальних режимах.

Методи дослідження – експериментальний і розрахунковий.

В результаті розрахункових досліджень встановлено, що зі збільшенням величини добавки спиртових сполук до бензину зростає його густина, зменшується теоретично необхідна кількість повітря необхідна для згоряння 1 кг палива та знижується нижча теплота згоряння бензину.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що при незмінному регулюванні карбюратора збільшення вмісту спирту в бензині до 36 % приводить до значного збіднення паливоповітряної суміші, пропусків робочих циклів, зростання концентрацій незгорілих вуглеводнів та зниження потужності двигуна.

Для поліпшення показників роботи карбюраторних двигунів за роботи на бензині зі значною добавкою спиртових сполук запропоновано змінювати регулювання паливної системи в сторону збагачення паливо-повітряної суміші збільшенням пропускної здатності паливних жиклерів. При відповідному регулюванні паливної системи зі збільшенням вмісту спирту в бензині двигун працює стабільно без пропусків робочих циклів. Незначно зменшується максимальна потужність двигуна, що можна пояснити збідненням паливної суміші при збільшенні вмісту спирту в бензині.

Названий недолік має місце лише в карбюраторних двигунах, в двигунах з системою впорскування і зворотним зв'язком система автоматично підтримує стехіометричний склад паливоповітряної суміші незалежно від складу бензину.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СПИРТОВІ СПОЛУКИ, БІОЕТАНОЛ, БЕНЗИНОВИЙ ДВИГУН, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ.

ABSTRACT

Gutarevich Y.F., Shuba Y.V., Ovchinnikov D.V. Effect of the value of the addition of alcohol compounds to gasoline on the performance of the carburetor engine. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article presents the results of experimental and design studies of the influence of the amount of addition of alcoholic compounds on the composition of fuel-air mixture for the work of the carburetor engine in different loading modes, stability of its operation and maximum energy indices in one of the high-speed modes.

The object of experimental research is the gasoline engine of the MeMZ-245 with the carburettor power system.

The purpose of the research: to determine the influence of the amount of alcohol additive to gasoline on the performance of the carburettor engine in different loading modes.

Methods of research - experimental and design.

As a result of the calculations, it was found that with the increase in the value of the addition of alcoholic compounds to gasoline, its density increases, the theoretically necessary amount of air is reduced, necessary for combustion of 1 kg of fuel, and lowering the lower heat of gasoline combustion.

As a result of experimental studies, it was found that with constant regulation of the carburetor, the increase in the content of alcohol in gasoline to 36% leads to a significant depletion of fuel and air mixture, passage of working cycles, the growth of concentrations of unburned hydrocarbons and lower engine power.

To improve the performance of the carburetor engines for work on gasoline with a significant addition of alcohol compounds, it is proposed to change the regulation of the fuel system towards the enrichment of fuel and air mixture by increasing the throughput of fuel jets. With the corresponding adjustment of the fuel system with an increase in the content of alcohol in gasoline, the engine runs stably without the passes of working cycles. Insignificantly, the maximum engine power decreases, which can be explained by the depletion of the fuel mixture with an increase in the content of alcohol in gasoline.

The mentioned shortcoming occurs only in carburetor engines, in engines with an injection system and feedback, the system automatically maintains the stoichiometric composition of the fuel and air mixture regardless of the composition of gasoline.

KEY WORDS: ALCOHOL COMPOUNDS, BIOETHANOL, PETROL ENGINE, ENVIRONMENTAL INDICATORS, FUEL ECONOMY.

РЕФЕРАТ

Гутаревич Ю.Ф. Влияние величины добавки спиртовых соединений к бензину на показатели работы карбюраторного двигателя / Ю.Ф. Гутаревич, Е.В. Шуба, Д.В. Овчинников // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований влияния величины добавки спиртовых соединений на состав топливовоздушной смеси при работе карбюраторного двигателя в различных нагрузочных режимах, стабильность его работы и максимальные энергетических показателей в одном из скоростных режимов.

Объект экспериментальных исследований - бензиновый двигатель MeM3-245 с карбюраторной системой питания.

Цель исследований: установление влияния величины добавки спиртовых соединений к бензину на показатели работы карбюраторного двигателя в различных нагрузочных режимах.

Методы исследования - экспериментальный и расчетный.

В результате расчетных исследований установлено, что с увеличением величины добавки спиртовых соединений к бензину растет его плотность, уменьшается теоретически необходимое количество воздуха необходимое для сгорания 1 кг топлива и снижается низшая теплота сгорания бензина.

В результате экспериментальных исследований установлено, что при неизменном регулировании карбюратора увеличение содержания спирта в бензине до 36% приводит к значительному обеднению топливовоздушной смеси, пропусков рабочих циклов, росту концентраций несгоревших углеводородов и снижению мощности двигателя.

Для улучшения показателей работы карбюраторных двигателей при работе на бензине со значительной добавкой спиртовых соединений предложено менять регулировку топливной системы в сторону обогащения топливовоздушной смеси увеличением пропускной способности топливных жиклеров. При соответствующем регулировании топливной системы с увеличением содержания спирта в бензине двигатель работает стабильно без пропусков рабочих циклов. Незначительно уменьшается максимальная мощность двигателя, что можно объяснить обеднением топливной смеси при увеличении содержания спирта в бензине.

Названный недостаток имеет место только в карбюраторных двигателях, в двигателях с системой впрыска и обратной связью система автоматически поддерживает стехиометрический состав топливовоздушной смеси независимо от состава бензина.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СПИРТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, БИОЭТАНОЛ, БЕНЗИНОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ.

АВТОРИ:

Гутаревич Юрій Феодосійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 302.

Шуба Євгеній Васильович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Двигуни і теплотехніка», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

Овчинников Дмитро Володимирович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «Двигунів та теплотехніки», e-mail: dovchinnikov@ukr.net, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Gutarevich Yurii F. Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the department "Engines and Heating", e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1, of 302.

Shuba Y. V., Ph.D., Engineering, National Transport University, postgraduate, assistant of department of "Engines and Heating", e-mail: shuba90@i.ua, tel. +380688147423, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

Ovchinnikov Dmytro V., National Transport University, postgraduate department of engines and heating, email: dovchinnikov@ukr.net, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Гутаревич Юрий Феодосиевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Двигатели и теплотехника», e-mail: katedradvz.ntu@gmail.com, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 302.

Шуба Евгений Васильевич, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Двигатели и теплотехника», e-mail: shuba90@i.ua, тел. +380688147423, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 303а.

Овчинников Дмитрий Владимирович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: dovchinnikov@ukr.net, тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

Кравченко О.П., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедри автомобілі та автомобільне господарство, Житомир, Україна.

REVIEWER:

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the production, repair and materials science department, Kyiv, Ukraine.

Kravchenko A.P., Doctor of Technical Sciences, professor, Zhytomyr State Technological University, head of the automobiles and automobile industry department, Zhytomyr, Ukraine.

УДК 621.891
UDK 621.891

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ТОВЩИНИ МАСТИЛЬНОГО ШАРУ В СТАЦІОНАРНИХ УМОВАХ

Дмитриченко М.Ф., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Савчук А.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Туриця Ю.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

ESTABLISHMENT OF THE REGULARITIES OF THE FORMATION OF THE THICKNESS OF THE LUBRICATING LAYER IN STATIONARY CONDITIONS

Dmytrychenko M.F., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Savchuk A.N., PhD., National Transport University, Kyiv, Ukraine, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Turitsa Y.A., PhD., National Transport University, Kyiv, Ukraine, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ТОЛЩИНЫ МАСЛЯНОГО СЛОЯ В СТАЦИОНАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Дмитриченко Н.Ф., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, dmitrichenko@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4223-1838

Савчук А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, tolik_savchuk@bigmir.net, orcid.org/0000-0001-5460-4879

Турица Ю.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стаціонарні умови роботи є найбільш поширеними при експлуатації транспортних засобів, зокрема, автобусів та вантажних автомобілів міжміського та міжнародного сполучення [1]. В цілому стан системи при режимах мащення, особливо при граничному режимі, визначається процесами на поверхнях розділу тверде тіло – мастильний матеріал – тверде тіло, на які впливають чинники навколишнього середовища [2]. З метою встановлення в трибологічному контакті механізму граничної змащувальної дії, необхідно розглянути фізико-хімічні процеси утворення проміжної захисної плівки між контактними поверхнями, яка здатна забезпечити тверді тіла від безпосереднього контакту [3].

Постановка проблеми. Мастильні матеріали повинні забезпечувати надійну роботу устаткування в умовах тривалої роботи та в широкому інтервалі зміни температур при режимах граничного і гідродинамічного мащення або їх поєднаннях [4]. В межах застосування гідродинамічної теорії мащення єдиною властивістю оливи, яка визначає її змащувальну дію, є в'язкість [5]. В'язкість мастильної рідини є ефективним окремим показником, за яким визначають сферу застосування оливи. Дуже важливо встановити взаємозв'язок між несучою здатністю оливи, її реологічними і антифрикційними властивостями. На сучасному етапі встановлено, що неньютонівські властивості мастильних матеріалів суттєво впливають на триботехнічні характеристики еластогідродинамічного контакту [6].

Метою роботи являлось експериментальне дослідження для визначення впливу сумарної швидкості кочення при 15%-му проковзуванні на формування товщини мастильного шару в центральній зоні контакту методом оптичної інтерферометрії при використанні універсальних моторно-трансмісійних оливи ПРОТЕК СМТ-8 та МТ-8П.

Формування цілей статті. Для точкового контакту визначення центральної та мінімальної товщини мастильного шару являється важливою практичною стороною, так як підтримання необхідних товщин плівки має вагомe значення для довговічності деталей трибомеханічних

систем [7]. Головними вимогами, що висуваються до достовірності результатів, отриманих при використанні методу дослідження змащувальної плівки, є достатня точність, стабільність і безінерційність, а також забезпечення вимірювання товщини мастильного шару при дотриманні існуючих в контактних умов – кінематичних, силових, температурних. Метод оптичної інтерферометрії дозволяє одержати найфундаментальніше уявлення про умови мащення між пружними поверхнями. Цей метод дозволяє вимірювати товщину мастильного шару з урахуванням картини підведення і розподілу мащення в околицях контакту тертя і фактичної площі контакту та використовується в наших дослідженнях. Типова мікроінтерферограма ЕГД – точкового контакту представлена на рис. 1.

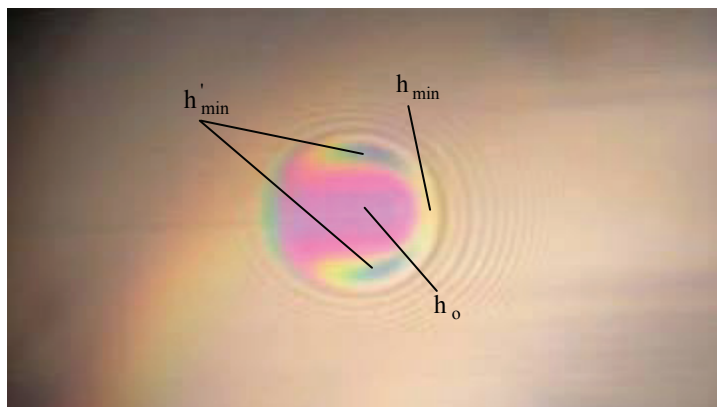


Рисунок 1 – Розподіл товщини мастильного шару в період формування мастильної плівки досліджуваними оливами

де h_o – товщина мастильного шару в центральній зоні контакту;

h_{min} – мінімальна товщина мастильного шару на виході із контакту;

h'_{min} – мінімальна товщина мастильного шару на кінцевих ділянках.

Figure 1 – Distribution of the thickness of the lubricant layer during the formation of the lubricating film by the studied oils

h_o – thickness of the lubricating layer in the central contact area;

h_{min} – is the minimum thickness of the lubricating layer at the outlet of the contact;

h'_{min} – is the minimum thickness of the lubricant layer on the finite parts.

Загальний вид стенду, який використовується в наших дослідженнях для створення умов, аналогічних, що виникають в контактах поверхонь для тіл кочення, представлений на рис. 2.



Рисунок 2 – Загальний вигляд установки з допоміжним обладнанням

Figure 2 – General view of the installation with auxiliary equipment

З його допомогою можна вимірювати, методом оптичної інтерферометрії, ультратонку товщину мастильного шару з урахуванням картини підведення і розподілу мастильного матеріалу в околицях точкового контакту тертя і фактичної площі контакту при використанні відеотелевізійної записуючої техніки. Контактуюча пара стальна кулька – скляний диск представлена на рис. 3.

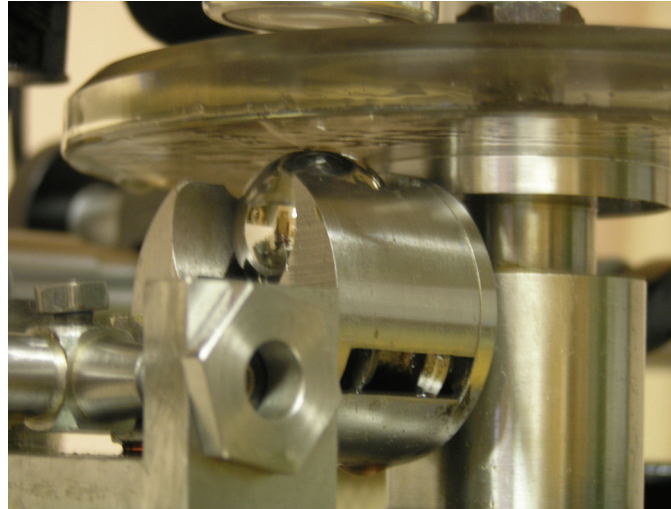


Рисунок 3 – Контактуюча пара стальна кулька-скляний диск
Figure 3 – The contacting pair is a steel ball-glass disk

Виклад основного матеріалу. За результатами проведеного експериментального дослідження встановлено, що формування товщини мастильної плівки оливою ПРОТЕК ЄМТ відбувається при швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,152 \text{ м/с}$, при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,27$ (рис. 4), дійсна товщина мастильної плівки складає $h_d = 1,27 \times 10^{-5} \text{ м}$ (рис. 4). При досягненні швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 1,43 \text{ м/с}$, товщина мастильної плівки складає $h_d = 4,22 \times 10^{-5} \text{ м}$ (рис. 4), при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda = 4,22$, який реалізується до $V_{\Sigma k} = 3,08 \text{ м/с}$.

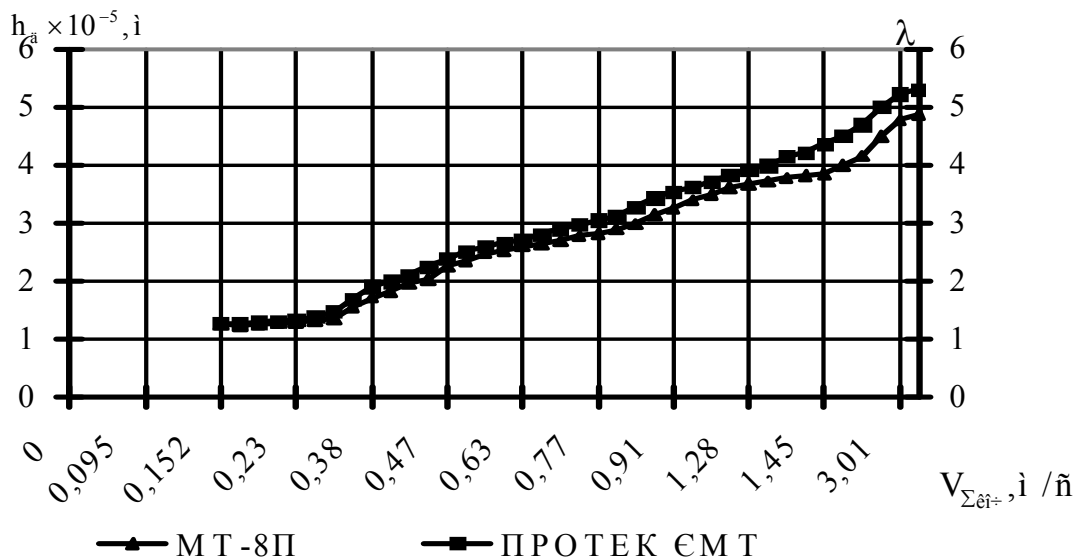


Рисунок 4 – Вплив сумарної швидкості кочення $V_{\Sigma \text{коч}}$ на формування дійсної товщини мастильного шару h_d з проковзуванням (15%)
Figure 4 – Influence of total rolling speed V_{Σ} on formation of actual thickness of lubricating layer h with slip (15%)

При використанні універсальної моторно-трансмісійної оливи МТ-8П встановлено, що товщина мастильної плівки формується при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma k} = 0,152 \text{ м/с}$ і становить $h_d = 0,125 \times 10^{-5} \text{ м}$ при цьому реалізується граничний режим мащення $\lambda = 1,25$ (рис. 4). Досягнувши

швидкості кочення $V_{\Sigma k}=1,57\text{ м/с}$ товщина мастильного шару складає $h_d=0,4\times 10^{-5}\text{ м}$, при цьому встановлюється гідродинамічний режим мащення $\lambda=4,00$, який домінує до $V_{\Sigma k}=3,08\text{ м/с}$. Порівнюючи властивості даної оливи з вищеописаною оливою слід відмітити, що олива МТ-8П в момент пуску формує аналогічну товщину мастильної плівки в порівнянні з оливою ПРОТЕК ЄМТ-8 (різниця 1-3%), але із зростанням $V_{\Sigma k}$ ефективність формування товщини мастильного шару зменшується на 10%.

При умові проковзування в контакті 15% динаміка формування початкової товщини мастильного шару, при якій спостерігається реалізація граничного режиму мащення характеризується збільшенням сумарної швидкості кочення, що сприяє утворенню захисного розділяючого шару між контактними поверхнями. Але чинник „проковзування”, збільшує початковий етап формування мастильної плівки, що призводить до реалізації в контакті напівсухого режиму мащення в період пуску.

Вирішальним чинником, який впливає на кінетику утворення мастильного шару в контакті, також є кінематична в'язкість та фізико – хімічний склад оливи, а механізм формування мастильної плівки залежить від стійкості компонентів оливи до градієнту швидкості зсуву, який має тенденцію до постійного зростання із збільшенням швидкості кочення [8].

При оцінці ефективності мащення олив, застосовуючи в якості мастильного матеріалу універсальну оливу ПРОТЕК ЄМТ встановлено, що при формуванні товщини мастильної плівки ($V_{\Sigma kоч}=0,152\text{ м/с}$) початкова ефективна в'язкість η_{ef} є найбільшою і становить $\eta_{ef}=3,68\text{ Па}\cdot\text{с}$ (рис. 5). На проміжку зміни швидкостей $V_{\Sigma kоч}=0,15-0,26\text{ м/с}$ відбувається нелінійне зменшення ефективної в'язкості η_{ef} (на 48%). Збільшення швидкості кочення ($V_{\Sigma kоч}>0,26\text{ м/с}$) призводить до зменшення ефективної в'язкості (η_{ef}) в контакті і крива зміни набуває майже лінійного характеру. При досягненні швидкості кочення $V_{\Sigma kоч}=3,38\text{ м/с}$ ефективна в'язкість становить $\eta_{ef}=1,0\text{ Па}\cdot\text{с}$ при встановленій інтерференційним методом товщині мастильного шару $h_d=0,596\times 10^{-6}\text{ м}$.

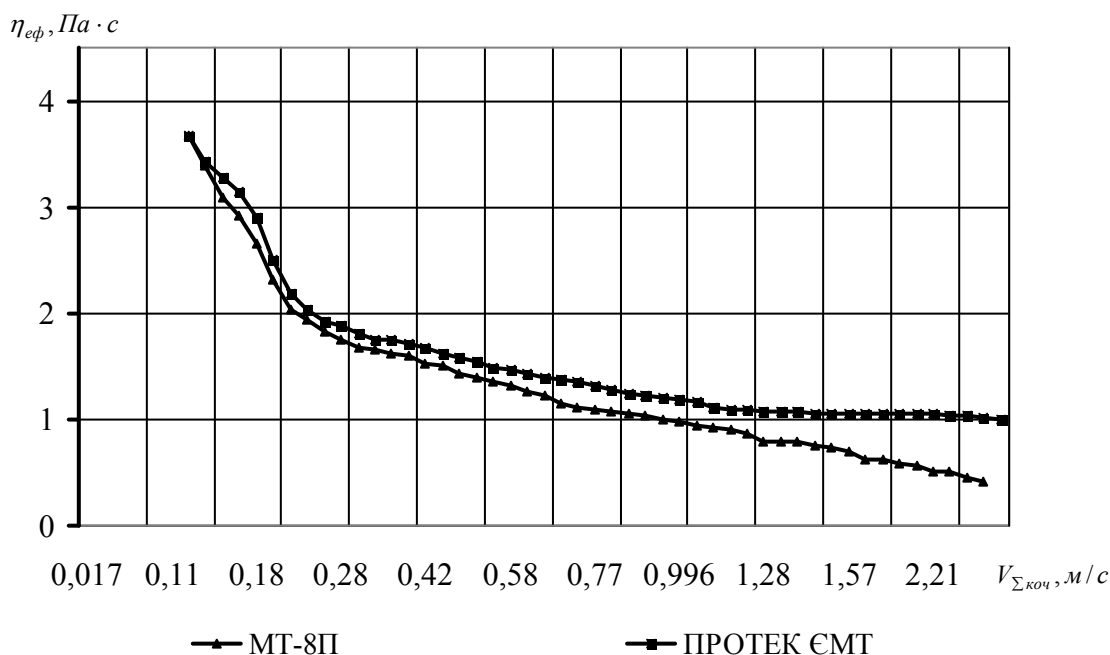


Рисунок 5 – Залежність ефективної в'язкості η_{ef} від сумарної швидкості кочення $V_{\Sigma kоч}$
 Figure 5 – Dependence of effective viscosity η on total rolling velocity V_{Σ}

При використанні в якості мастильного матеріалу оливи МТ-8п встановлено, що формування товщини мастильної плівки відбувається при аналогічній сумарній швидкості кочення ($V_{\Sigma kоч}=0,152\text{ м/с}$) за якої ефективна в'язкість в контакті становить $\eta_{ef}=3,67\text{ Па}\cdot\text{с}$ (рис. 5). На проміжку зміни швидкостей $V_{\Sigma kоч}=0,152-0,28\text{ м/с}$ відбувається суттєве зменшення ефективної в'язкості η_{ef} (52%) і крива зменшення має нелінійний характер. При досягненні швидкості $V_{\Sigma kоч}>0,28\text{ м/с}$ зміна η_{ef} набуває майже лінійного характеру. При швидкості кочення $V_{\Sigma kоч}=3,3\text{ м/с}$ ефективна в'язкість становить $\eta_{ef}=0,41\text{ Па}\cdot\text{с}$ при товщині мастильного шару $h_d=0,59\times 10^{-6}\text{ м}$.

Аналіз проведеного дослідження виявив загальну закономірність щодо зміни ефективної в'язкості в контакті олив універсального експлуатаційного призначення – в початковий період

формування товщини мастильного шару при пуску ефективна в'язкість в контакті нелінійно зменшується, в подальшому її зміна із збільшенням швидкості кочення складає, в середньому, 6%. Нами встановлено таким чином, що ефективна в'язкість залежить від градієнту швидкості зсуву, а отже олива в контакті набуває властивостей неньютонівських рідин, що не враховується в розрахункових формулах еластогідродинамічної теорії мащення. Зокрема, товщина мастильного шару в початковий період формування мастильної плівки на приблизно на 10 % перевищує товщину мастильної плівки, визначену за формулами Даусона та Хемрока.

Зростання ефективної в'язкості для досліджених олив ПРОТЕК ЄМТ та МТ-8П із збільшенням тиску відбувається за рахунок активації молекул поліальфаолефінів під дією градієнту швидкості зсуву γ . Часткова деструкція молекул РАО при зростанні градієнту швидкості зсуву в середньому 2,25 рази по мірі напруцювання до $V_{\Sigma\text{коч}}=1\text{м/с}$ обумовлює зниження ефективної в'язкості в контакті на 68% та 72%. Однак дані оливи не містять в'язкісної присадки, тому не відбувається додаткової структуризації активованих молекул – напруга зсуву мастильного шару для досліджуваних олив зменшується відповідно на 20% та 24% (табл. 1). Таким чином, нами встановлені загальні закономірності кінетики зміни реологічних характеристик досліджуваних олив, які свідчать про надбання оливами неньютонівських властивостей в контакті при початковому формуванні товщини мастильного шару та відновлення ньютонівських властивостей по мірі підвищення градієнту швидкості зсуву. Саме в цей час відбувається найбільший приріст товщини мастильного шару в контакті, зменшення напруги зсуву мастильного шару та коефіцієнта тертя, що забезпечує ефективне мащення, яке підвищує довговічність контактних поверхонь.

Таблиця 1 – Динаміка триботехнічних характеристик олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П при напруцюванні

Table 1 – Dynamics of tribotechnical characteristics of Protek EMT-8 and MT-8P oils at working-out

Змінні параметри	Досліджений мастильний матеріал	
	ПРОТЕК ЄМТ-8	МТ-8п
$V_{\Sigma\text{ст}}, \text{м/с}$	1,0	1,0
$V_{\Sigma\text{поч}}, \text{м/с}$	0,152	0,152
$\eta_{\text{эф. поч.}}, \text{Па}\cdot\text{с}$	3,68	3,67
$\eta_{\text{эф. ст.}}, \text{Па}\cdot\text{с}$	1,185	1,01
$\gamma_{\text{поч.}} \times 10^4 \text{с}^{-1}$	6,38	8,23
$\gamma_{\text{ст.}} \times 10^4 \text{с}^{-1}$	15,79	22,76
$\tau_{\text{поч.}}, \text{МПа}$	0,234	0,302
$\tau_{\text{ст.}}, \text{МПа}$	0,187	0,229
$f_{\text{поч.}}$	0,0014	0,00181
$f_{\text{ст.}}$	0,0009	0,00136

При дослідженні несучої здатності універсальних моторно – трансмісійних олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П в умовах збільшенні навантаження було встановлено зростання товщини мастильного шару при $V_{\Sigma\text{коч}}=1,0\text{м/с}$ зростає відповідно на 76%; 78%; 82% та 68%; 70%; 74% відповідно при σ_{max} 251,5; 316,9 та 362,7МПа. Аналіз реологічних властивостей даних олив показав, що відновлення ньютонівських властивостей із збільшенням швидкості кочення обумовлено зниженням ефективної в'язкості в контакті ПРОТЕК ЄМТ-8 (68%; 67% і 64%) і МТ-8П (72%; 72% і 66%) та зростанням градієнту швидкості зсуву відповідно в 2,47; 2,56; 2,50 та 2,76; 2, 8; 2,78 рази при досліджуваних контактних навантаженнях відповідно (рис. 6).

Найбільше збільшення γ при $\sigma_{\text{max}}=316,9\text{МПа}$ для обох досліджених мастильних матеріалів обумовлено тим, що початкова товщина мастильного шару формується при $V_{\Sigma\text{коч}}=0,13\text{м/с}$, що в середньому в 1,17 рази швидше, ніж при інших контактних навантаженнях.

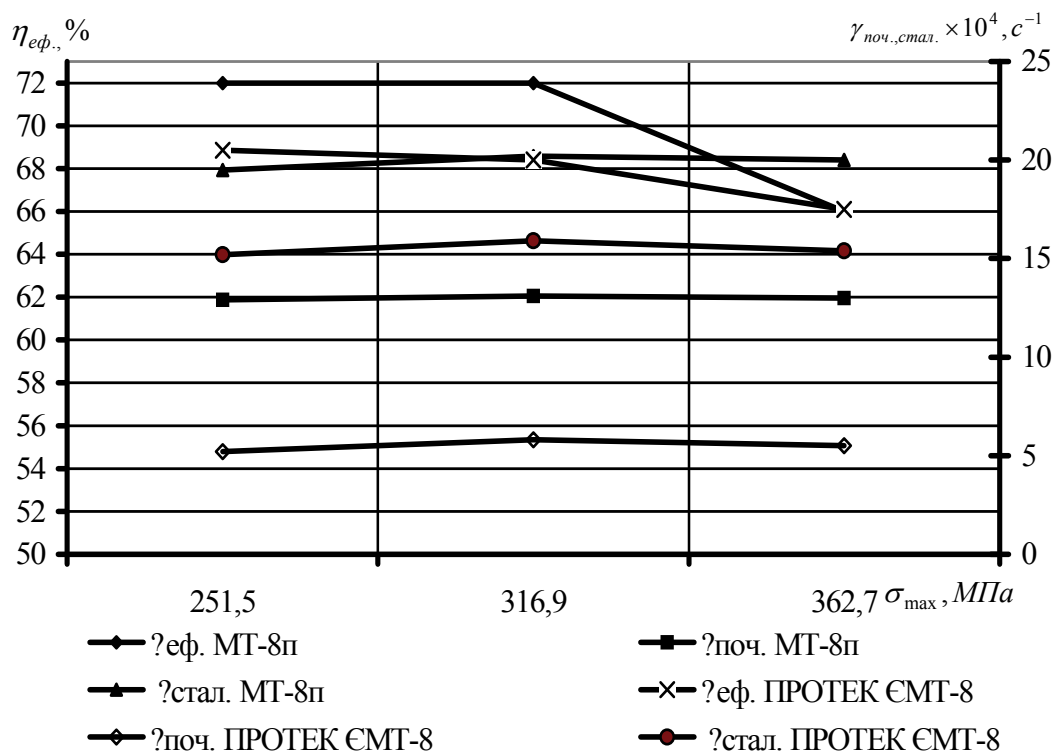


Рисунок 6 – Залежність ефективної в'язкості η_{eff} , початкового $\gamma_{\text{поч.}}$ і сталого $\gamma_{\text{стал.}}$ градієнта швидкості зсуву від контактної напруги σ_{max}

Figure 6 – Dependence of effective viscosity η , initial γ and stable γ the gradient of the shear rate from the contact voltage σ_{max}

При цьому, не відбувається більш інтенсивне зменшення η_{eff} , в результаті прискорення деструкційних процесів при напрацюванні, оскільки початкове формування мастильного шару реалізується при найнижчому градієнті швидкості зсуву, якому і відповідає найбільше значення η_{eff} , в порівнянні з реологічними властивостями оливи при σ_{max} 251,5 та 362,7 МПа.

Зростання ефективної в'язкості для дослідженої оливи із збільшенням тиску відбувається за рахунок активації молекул поліальфаолефінів під дією градієнту швидкості зсуву γ . Часткова деструкція молекул РАО при зростанні градієнту швидкості зсуву в середньому в 2,1 рази по мірі напрацювання до $V_{\Sigma\text{коч}}=1\text{м/с}$ обумовлює зниження ефективної в'язкості досліджуваних олив в контактні на 65% (ПРОТЕК ЄМТ-8) та 70% (МТ-8П). Однак дана олива не містить в'язкісної присадки, тому не відбувається додаткової структуризації активованих молекул – напруга зсуву мастильного шару зменшується на 19%.

Висновок. Експериментально встановлено, що для досліджених мастильних матеріалів ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П початкове формування товщини мастильного шару, при якому забезпечується граничний режим мащення відбувається при сумарній швидкості кочення $V_{\Sigma\text{коч}}=0,152\text{м/с}$, при цьому градієнт швидкості зсуву складає відповідно $6,38 \times 10^4 \text{с}^{-1}$ та $8,23 \times 10^4 \text{с}^{-1}$. При такому градієнту швидкості зсуву відбувається часткова деструкція поліальфаолефінових молекул, що призводить до додаткового зниження кінематичної в'язкості оливи. При цьому активація молекул РАО внаслідок деструкції не забезпечує підвищення ефективності мащення, тому що продовжується зростання градієнта швидкості зсуву, в середньому на 60%. Аналіз ефективності мащення розглянутих олив дозволяє стверджувати, що при виборі оливи для вузла тертя необхідно ґрунтуватися на підборі оливи за кінематичною в'язкістю та фізико – хімічним складом мастильного матеріалу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Білякович О. М. Дослідження ефективності мастильної дії трансмісійних олив в умовах тривалої експлуатації при стаціонарних режимах тертя / О. М. Білякович, Л. В. Курбет, К. В. Богайська //

- Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 9. – С. 219–223.
2. Кульгавый Э.А. Триботехнические характеристики и их применение // Проблемы трибологии. – 2003. – №3. – С.51-61.
3. Кеба И.В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Транспорт. – 1968. – С. 248.
4. Войтов В.А. Технологии триботехнического восстановления, обзор и анализ перспектив. // Проблемы трибологии. – 2005. – № 2 – с.86 – 94.
5. Айнбиндер С.Б. О механизме граничного трения / С.Б. Айнбиндер // Трение и износ. –1983.– том.4, № 1. – С. 5-11.
6. Кульгавый Э.А. Триботехнические характеристики и их применение // Проблемы трибологии.– 2003. – №3. – С.51-61.
7. Крагельский И.В. Основы расчета на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
8. Антипенко А.М. Властивості якісної оливи / А.М. Антипенко, М.Г. Макаренко // «Агробізнес сьогодні» (346). – 2009. – №3.

REFERENCES

1. Biliakovych O. M. (2012). Doslidzhennia efektyvnosti mastylnoi dii transmissiinykh olyv v umovakh tryvaloi ekspluatatsii pry statsionarnykh rezhymakh tertia [Investigation of efficiency of lubricating action of transmission oils in conditions of long-term operation under stationary friction modes]. Avyatsyonno-kosmycheskaia tekhnika y tekhnolohyia – Aerospace technology and technology, 9, 219–223 [in Ukrainian]
2. Kulgavy E.A. (2003). Tribological characteristics and their application. Problems tribologii, 3, 51-61 [in Russian].
3. Keba I.V. (1968). Diagnosis of aircraft gas turbine engines. Moscow: Transport [in Russian].
4. Voitov V.A. (2005). Technology tribological recovery, review and analysis of the prospects. Problems of Tribology, 2, 86-94 [in Russian].
5. Ainbinder A.B. (1983) On the mechanism of boundary friction. Friction and wear. Vol.4 (1), 5-11 [in Russian].
6. Kulgavy E.A. (2003). Tribological characteristics and their application. Problems tribologii, 3, 51-61 [in Russian].
7. Kragelsky I.V. (1977) Fundamentals of calculating the friction and wear. Moscow: Engineering [in Russian].
8. Antipenko, AM & Makarenko, M.G. (2009). Properties of high-quality oil [Properties of quality oil]. Agribusiness Today 3 (346) [in Ukrainian]

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Встановлення закономірностей формування товщини мастильного шару в стаціонарних умовах / М.Ф. Дмитриченко, Ю.О. Туриця, А.М. Савчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К. : НТУ – 2018. – Вип. 3 (42).

У статті представлені результати досліджень, які виконували на стенді при використанні контактуючої пари стальна кулька – скляний диск для створення умов, аналогічних, що виникають в контактах поверхонь для тіл кочення, максимальне контактне навантаження по Герцу становило 362,7 МПа. Мастильні матеріали – універсальні моторно-трансмісійні оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8п.

Об'єкт дослідження – кінетика зміни товщини змащувального шару в триботехнічному контакті.

Метою роботи було дослідження для визначення впливу сумарної швидкості кочення при проковзуванні на формування товщини мастильного шару в контактній тертя.

Метод дослідження – експериментальне визначення товщини мастильного шару в центральній зоні контакту.

Порівнюючи властивості оливи МТ-8П з властивостями оливи ПРОТЕК ЄМТ-8 слід відмітити, що олива МТ-8П в момент пуску формує аналогічну товщину мастильної плівки в порівнянні з

оливою ПРОТЕК ЄМТ-8 (різниця 1-3%), але із зростанням V_{Σ} ефективність формування товщини мастильного шару зменшується на 10%.

При умові проковзування в контакті 15% динаміка формування початкової товщини мастильного шару, при якій спостерігається реалізація граничного режиму мащення характеризується збільшенням сумарної швидкості кочення, що сприяє утворенню захисного розділяючого шару між контактними поверхнями. Але чинник „проковзування”, збільшує початковий етап формування мастильної плівки, що призводить до реалізації в контакті напівсухого режиму мащення в період пуску.

При дослідженні несучої здатності універсальних моторно – трансмісійних олив ПРОТЕК ЄМТ-8 та МТ-8П в умовах збільшенні навантаження було встановлено зростання товщини мастильного шару при $V_{\Sigma \text{коч}}=1,0\text{м/с}$ зростає відповідно на 76%; 78%; 82% та 68%; 70%; 74% відповідно при σ_{max} 251,5; 316,9 та 362,7МПа. Аналіз реологічних властивостей даних олив показав, що відновлення ньютонівських властивостей із збільшенням швидкості кочення обумовлено зниженням ефективної в'язкості в контакті ПРОТЕК ЄМТ-8 (68%; 67% і 64%) і МТ-8П (72%; 72% і 66%) та зростанням градієнту швидкості зсуву відповідно в 2,47; 2,56; 2,50 та 2,76; 2,8; 2,78 рази при досліджуваних контактних навантаженнях відповідно

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УНІВЕРСАЛЬНА МОТОРНО-ТРАНСМІСІЙНА ОЛИВА, ТОВЩИНА МАСТИЛЬНОГО ШАРУ, ГРАНИЧНИЙ РЕЖИМ, КОНТАКТНА ПОВЕРХНЯ, НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ.

ABSTRACT

Dmitrichenko N.F., Savchuk A.N., Turitsa Yu.A. Establishment of the regularities of the formation of the thickness of the lubricating layer in stationary conditions. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article presents the results of researches carried out on a stand using a contacting pair of steel ball – a glass disk to create conditions similar to those occurring in contact surfaces for rolling bodies, the maximum contact load for Hertz was 362.7 MPa. Lubricants – universal propellant oils PROTEK YMT-8 and MT-8p.

The object of the study is the kinetics of changing the thickness of the lubricating layer in the tribotechnical contact.

The purpose of the work was to investigate the effect of the total rolling velocity when slipping on the formation of the thickness of the lubricant layer in contact with friction.

The method of investigation is an experimental determination of the thickness of the lubricating layer in the central contact zone.

Comparing the properties of MT-8P oil with the properties of EMT-8, it should be noted that the MT-8P oil at the start of the formation produces a similar thickness of the lubricating film in comparison with the Protek EMT-8 oil (difference 1-3%), but with the growth of V_{Σ} the formation efficiency the thickness of the lubricating layer decreases by 10%.

Under the condition of slipping in contact 15% of the dynamics of the formation of the initial thickness of the lubricating layer, in which the implementation of the boundary lubrication regime is characterized by an increase in the total rolling velocity, which contributes to the formation of a protective separating layer between the contact surfaces. But the factor of "slipping", increases the initial stage of formation of lubricating film, which leads to the realization in contact with a semi-dry regime lubrication in the start-up period.

In the study of the bearing capacity of universal propellant oils Protek EMT-8 and MT-8P in conditions of increased loading, it was established that the growth of the thickness of the lubricating layer at $V_{\Sigma} = 1.0 \text{ m / s}$ increases, respectively, by 76%; 78%; 82% and 68%; 70%; 74% respectively at σ_{max} 251.5; 316.9 and 362.7 MPa. The analysis of the rheological properties of these oils showed that the recovery of Newtonian properties with an increase in rolling speed was due to a decrease in the effective viscosity in contact Protek EMT-8 (68%, 67% and 64%) and MT-8P (72%, 72% and 66%) and the gradient of the shear velocity increasing in 2.47; 2.56; 2.50 and 2.76; 2,8; 2.78 times for the investigated contact loads, respectively

KEYWORDS: UNIVERSAL ENGINE-TRANSMISSION OIL, OIL LAYER THICKNESS, BORDER MODE, CONTACT SURFACE, CARRYING CAPACITY.

РЕФЕРАТ

Дмитриченко М.Ф. Установление закономерностей формирования толщины смазочного слоя в стационарных условиях / М.Ф. Дмитриченко, Савчук А.М., Ю.О. Турица // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье представлены результаты исследований, которые проводили на стенде при использовании контактирующей пары стальной шарик - стеклянный диск для создания условий, аналогичных, которые возникают в контактах поверхностей для тел качения, максимальная контактная нагрузка по Герцу составила 362,7 МПа. Смазочные материалы - универсальные моторно-трансмиссионные масла ПРОТЕК ЕМТ-8 и МТ-8П.

Объект исследования – кинетика изменения толщины смазочного слоя в триботехническом контакте.

Целью работы было исследование для определения влияния суммарной скорости качения при проскальзывании на формирование толщины смазочного слоя в контакте трения.

Метод исследования – экспериментальное определение толщины смазочного слоя в центральной зоне контакта..

Сравнивая свойства масла МТ-8П со свойствами масла ПРОТЕК ЕМТ-8 следует отметить, что масло МТ-8П в момент пуска формирует аналогичную толщину масляной пленки по сравнению с маслом ПРОТЕК ЕМТ-8 (разница 1-3%), но с ростом $V_{\Sigma\text{кач}}$ эффективность формирования толщины смазочного слоя уменьшается на 10%.

При условии проскальзывания в контакте 15% динамика формирования первоначальной толщины смазочного слоя, при которой наблюдается реализация предельного режима смазки характеризуется увеличением суммарной скорости качения, способствует образованию защитного разделяющего слоя между контактными поверхностями. Но фактор "проскальзывания", увеличивает начальный этап формирования смазочной пленки, что приводит к реализации в контакте полусухого режима смазки в период пуска.

При исследовании несущей способности универсальных моторно - трансмиссионных масел ПРОТЕК ЕМТ-8 и МТ-8П в условиях увеличении нагрузки было установлено рост толщины смазочного слоя при $V_{\Sigma\text{кач}} = 1,0\text{ м / с}$ возрастает соответственно на 76%; 78%; 82% и 68%; 70%; 74% соответственно при σ_{max} 251,5; 316,9 и 362,7 МПа. Анализ реологических свойств данных масел показал, что восстановление ньютоновских свойств с увеличением скорости качения обусловлено снижением эффективной вязкости в контакте ПРОТЕК ЕМТ-8 (68%; 67% и 64%) и МТ-8П (72%; 72% и 66%) и ростом градиента скорости сдвига соответственно в 2,47; 2,56; 2,50 и 2,76; 2,8; 2,78 раза при исследуемых контактных нагрузках соответственно.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УНИВЕРСАЛЬНОЕ МОТОРНО-ТРАНСМИССИОННОЕ МАСЛО, ТОЛЩИНА МАСЛЯНОГО СЛОЯ, ГРАНИЧНЫЙ РЕЖИМ, КОНТАКТНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ.

АВТОРИ:

Дмитриченко Микола Федорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. +380442808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838.

Туриця Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. +380442801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 102, orcid.org/0000-0002-2205-0426.

Савчук Анатолій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел.: +380442801886, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879.

AUTHOR:

Dmytrychenko Mykola F., Doctor of Technical Science, National Transport University, professor of the Manufacturing repair and materialoved department, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel. +380442808203, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838.

Turitsa Yuliya A., associate professor, National Transport University, associate professor of the manufacturing repair and materialoved department, e-mail: yuliya_tur@ukr.net, tel. +380442801886, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 102, yuliya_tur@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2205-0426.

Savchuk Anatoliy N., PhD., associate professor, National Transport University, associate professor of the manufacturing repair and materialoved department, e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, tel. +380442801886, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879.

АВТОРЫ:

Дмитриченко Николай Федорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Производство, ремонт и материаловедство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. +380442808203, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318, orcid.org/0000-0003-4223-1838.

Савчук Анатолий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материаловедство», e-mail: tolik_savchuk@bigmir.net, тел. 380442801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 102, orcid.org/0000-0001-5460-4879.

Турица Юлия Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Производство, ремонт и материаловедство», e-mail: yuliya_tur@ukr.net, тел. (044)2801886, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 102, orcid.org/0000-0002-2205-0426.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Тамаргазін О.А., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, професор кафедри екології та технологій аеропортів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, head of the engines and heating engineering department, Kyiv, Ukraine.

Tamargazin O.A., Doctor of Technical Science, National Aviation University, professor of the ecology and safety of vital functions department, Kyiv, Ukraine.

УДК 629.3.018.7
UDK 629.3.018.7

PORÓWNANIE WYNIKÓW EMISJI TOKSYCZNYCH SKŁADNIKÓW SPALIN Z POJAZDÓW
SAMOCHODOWYCH UZYSKANYCH Z SYSTEMU PEMS Z MODELEM OBLICZENIOWYM
EMEP/CORINAIR PROGRAMU OPERAT FB

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, ajaworsk@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-1599-1711

MĄDZIEL Maksymilian, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, mmadziel@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-3957-8294

COMPARISON OF THE EMISSION RESULTS OF EXHAUST TOXIC COMPOUNDS OF CARS
OBTAINED FROM THE PEMS SYSTEM WITH THE EMEP / CORINAIR CALCULATION MODEL OF
OPERAT FB PROGRAM

JAWORSKI Artur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland,
ajaworsk@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-1599-1711

MĄDZIEL Maksymilian, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland,
mmadziel@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0002-3957-8294

ПОРІВНЯННЯ ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ОТРИМАНИХ
ІЗ СИСТЕМИ PEMS, З МОДУЛЕМ РОЗРАХУНКУ EMEP/CORINAIR OPERAT FB

ЯВОРСКИ Артур, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, ajaworsk@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-1599-1711

МОНДЗИЄЛ Максиміліан, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, mmadziel@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-3957-8294

WSTĘP

W związku z ciągle rosnącą liczbą pojazdów samochodowych zwiększa się sumaryczna emisja toksycznych składników spalin. Prowadzi to do pogorszenia jakości powietrza, jak i zdrowia mieszkańców. Pomimo tego, że podjęto się eliminacji tego problemu poprzez wprowadzenie norm, realizacji wielu kampanii społecznych oraz projektów badawczych, to emisja zanieczyszczeń spalin z transportu drogowego jest wciąż istotnym zagrożeniem. Emisja zanieczyszczeń w spalinach z transportu drogowego zależy od wielu czynników, m.in. wielkości ruchu drogowego, charakterystyki drogi i samochodów, warunków atmosferycznych, zachowań kierowców, jak również rodzaju zastosowanych skrzyżowań [3].

Obecne trendy w zakresie badań emisji spalin z pojazdów samochodowych obejmują testy drogowe z wykorzystaniem aparatury PEMS (ang. Portable Emissions Measurement System) [2]. Wyniki badań z rzeczywistych przejazdów stanowią bazę danych, która jest podstawą do opracowania modeli obliczeniowych emisji spalin. Jednym z takich modeli jest pakiet samochodowy z programu Operat FB, który wykorzystuje metodyki EMEP/CORINAIR B710 i B760, stosowane m.in. w programie COPERT IV oraz V. Pojazdy w tym module zostały podzielone na 6 głównych grup, natomiast każda grupa na kilka rodzajów w zależności od pojemności lub masy. Ponadto pojazdy są wydzielone ze względu na zgodność emisji z normami EURO.

Celem pracy jest porównanie wartości wybranych wskaźników emisji uzyskanych z testu drogowego z użyciem systemu PEMS, do wyników z modelu symulacyjnego - moduł samochodowy, programu Operat FB.

TESTY DROGOWE

Test NEDC, który powstał w 1997 r., obejmuje dystans o długości 11 km, trwa 20 min., natomiast średnia prędkość jazdy podczas jego trwania wynosi 34 km/h [5]. Utrata wiarygodności wyników testu NEDC wynikała z tego, że rozwój konstrukcji samochodów wraz z upływem lat spowodował, że pomijał on pewne ważne kwestie związane z samą charakterystyką pracy pojazdu. Coraz to nowsze modele samochodów posiadały różne wersje wyposażenia, natomiast test ten np. nie uwzględniał włączenia urządzeń dodatkowych samochodu (np. klimatyzacji), co zaniża wartości emisji składników spalin. Błędne dla tego testu jest również wymuszenie na każdym z pojazdów takich samych punktów zmiany przełożeń skrzyni biegów oraz to, że stosunek jazdy miejskiej do jazdy w terenie pozamiejskim wynosił odpowiednio 66% do 34% [1,7].

Opisane powyżej kwestie przyczyniły się do opracowania nowej procedury przeprowadzania testów jezdnych pojazdów – WLTP. Procedura ta rozgranicza 3 typy pojazdów, kategoryzując je względem stosunku mocy do masy. Kolejno dla danego typu pojazdu przeprowadzany jest test jezdny WLTC (ang. Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicle Test Cycle) - światowy zharmonizowany cykl badania pojazdów lekkich, podczas którego mierzona jest emisja gazowych zanieczyszczeń spalin (CO_2 , NO_x , THC, CO), cząstek stałych (PM) oraz zużycie paliwa [4,8]. Uzupełnieniem testów na hamowni jest test drogowy RDE, którego zadaniem jest określenie wielkości emisji szkodliwych składników spalin w warunkach ruchu na drodze. Przeprowadzanie tego typu testów drogowych jest istotne, ponieważ jazda może odbywać się m.in. w zmiennych warunkach ruchu, odmiennych warunkach klimatycznych, czy dla różnych wysokości położenia drogi, co znacząco wpływa na wyniki emisji zanieczyszczeń spalin [5]. Dlatego też z powodu występowania wielu zmiennych oraz dynamiki testu RDE, konieczne było opracowanie wymagań odnośnie kompozycji drogi (równy podział na część miejską, pozamiejską oraz autostradową), kalibracji oprzyrządowania systemu PEMS, warunków klimatycznych panujących podczas trwania testu oraz dynamiki jazdy (np. dopuszczalny zakres przyspieszeń), aby wyniki były reprezentatywne oraz miarodajne dla każdej przeprowadzonej próby [6].

Wybrany do testów odcinek drogi powinien zaczynać się od części miejskiej (prędkość jazdy nie przekracza 60 km/h), następnie powinien obejmować część pozamiejską (prędkość jazdy wyższa niż w obszarze miejskim, natomiast nie większa niż 90 km/h) oraz kończyć się częścią autostradową (prędkość wyższa niż 90 km/h). Opisane części drogi powinny być równe, natomiast ich minimalne długości powinny wynosić ok. 16 km. Czas podróży powinien wynieść od 90 do 120 minut. Temperatura otoczenia musi zawierać się w przedziale od 0 do 30°C. Testy drogowe muszą być przeprowadzane w normalnych dniach pracy z wyłączeniem weekendów [3].

SYSTEM PEMS

Istotnym elementem nowej procedury jest system pomiarowy umożliwiający badania drogowe. Systemy PEMS wyposażone są w następujące czujniki oraz metody pomiaru zanieczyszczeń w spalinach: detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID) do pomiaru HC, niedyspersyjny spektrometr w podczerwieni (NDIR) do pomiaru CO oraz CO_2 , niedyspersyjny ultrafiolet (NDUV) do pomiaru NO oraz NO_2 . Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji UE 2017/1151 dopuszczalne odchylenia pomiarów z PEMS zestawione z wynikami z analizatora stacjonarnego (na hamowni podwoziowej) nie powinny być większe niż: 15% dla HC, CO, NO_x oraz 10% dla CO_2 [3].

PEMS może być zainstalowany w bagażniku testowanego pojazdu, natomiast sensory pomiarowe z przepływomierzem przyłączone są do rury wylotowej. Przewód pobierający próbkę spalin musi być rozgrzany do temperatury 190°C, żeby uniknąć kondensacji węglowodorów. Dodatkowo, do systemu podłączone są czujniki temperatury i wilgotności powietrza otoczenia, jak również nadajnik GPS. Do uzyskania pełnego obrazu wpływu pracy silnika na generowaną emisję, do sterownika ECU pojazdu można podłączyć interfejs OBDII [5,4,6].

OPERAT FB – MODUŁ SAMOCHODY

Pakiet programu Operat FB służy do modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym ze źródeł punktowych, liniowych oraz powierzchniowych. Posiada on dodatkowy moduł samochody, dzięki któremu możliwe jest obliczenie emisji pochodzącej z ruchu samochodów po drogach. Wyniki emisji zanieczyszczeń obliczane są metodyką EMEP/Corinair B710 oraz B760. Polega ona na obliczaniu emisji gorącej pochodzącej ze spalin silnika pojazdu, emisji zimnej powstającej na początku pracy silnika oraz emisji odparowania pochodzącej z oparów, której źródłem są m.in. zmiany objętości oparów zbiorników pojazdu oraz rozgrzewanie zbiornika po wyłączeniu silnika pojazdów. Można również obliczyć emisję pochodzącą ze ścierania klocków hamulcowych oraz opon [10].

Model Corinair wyróżnia ponad 200 kategorii pojazdów, wydzielonych do 6 grup – pojazdy osobowe, dostawcze, ciężarowe, autobusy, motorowery oraz motocykle. Kolejnym kryterium podziału jest pojemność silnika pojazdu oraz spełnianie danego standardu emisji spalin. W celu obliczenia emisji należy podać udział określonych pojazdów na danym odcinku drogi, określić ich prędkość oraz zaznaczyć czy przejazd wykonywany był na odcinku drogi miejskiej, podmiejskiej, czy autostradowej.

WYNIKI BADAŃ

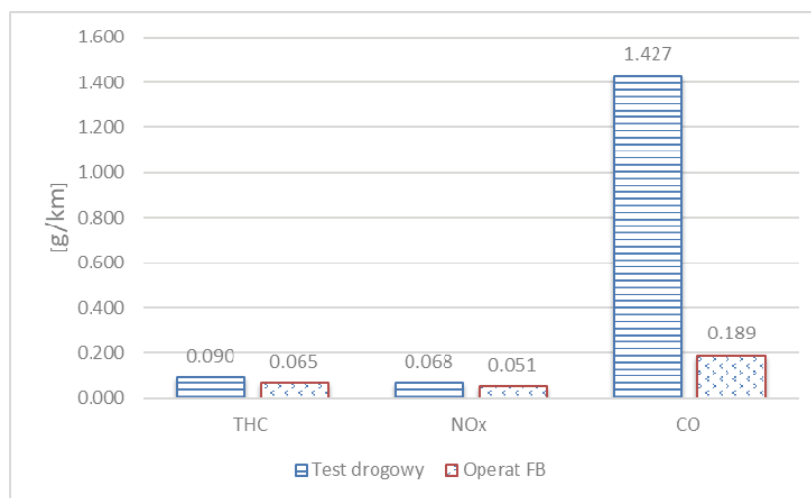
Badania drogowe przeprowadzono przy użyciu systemu PEMS (model Horiba OBS-2200), będącym na wyposażeniu Laboratorium Ekologii Motoryzacyjnej Katedry Silników Spalinowych i Transportu na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

Zgodnie z przepisami zawartymi w najnowszym Rozporządzeniu Komisji Europejskiej, test RDE rozpoczęto od porównania pomiarów z systemu PEMS ze stacjonarnym systemem analizy spalin AMAi60. Badania wstępne przeprowadzono na hamowni podwoziowej zabudowanej w komorze klimatycznej na

samochodzie osobowym. Wyniki badań wykazały, że różnice wartości emisji zanieczyszczeń w teście NEDC, mierzonych za pomocą systemu PEMS i AMAi60, mieściły się w dopuszczalnych wartościach odchyłek i wyniosły odpowiednio: CO₂ 6%, THC 6,1%, NO_x 14,2% oraz CO 14,4 %. W związku z tym dalsze pomiary emisji realizowane w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego, można uznać za poprawne.

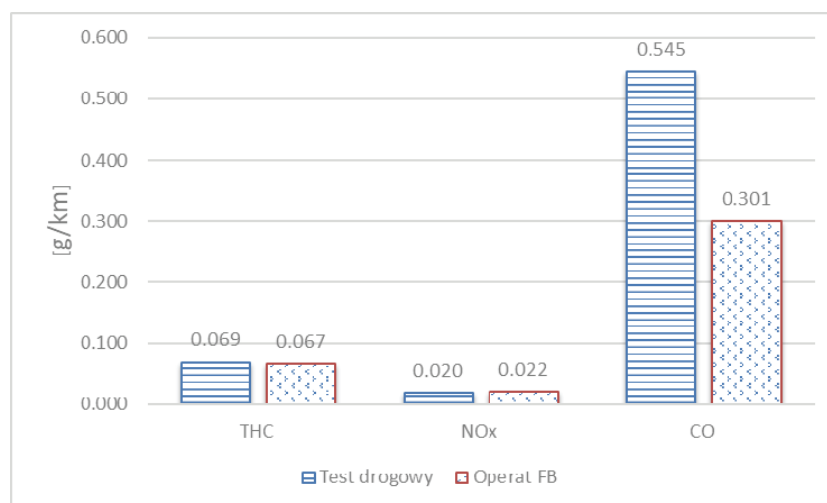
Do badań drogowych wybrany został pojazd z silnikiem benzynowym spełniającym normy EURO 5. Pojazd posiada silnik z wtryskiem typu MPI. W związku z tym w programie Operat FB wszystkie ustawienia odnośnie pojazdu skorygowano zgodnie do tych rzeczywistych – norma EURO 5 oraz odpowiednia pojemność silnika.

Celem badań przeprowadzonych w warunkach drogowych było określenie wartości emisji zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego dla wybranego regionu. Badana trasa składała się z części miejskiej, pozamiejskiej oraz autostradowej. Średnia prędkość jazdy dla poszczególnych części testu drogowego wyniosła odpowiednio: część miejska – 28 km/h, część pozamiejska 73 km/h, część autostradowa – 101 km/h. Wymagane dane z testów drogowych zostały przeniesione do modułu samochodu programu Operat FB, w celu wyznaczenia wskaźników emisji z modelu symulacyjnego oraz porównania ich z wynikami rzeczywistymi (rys. 1,2,3).



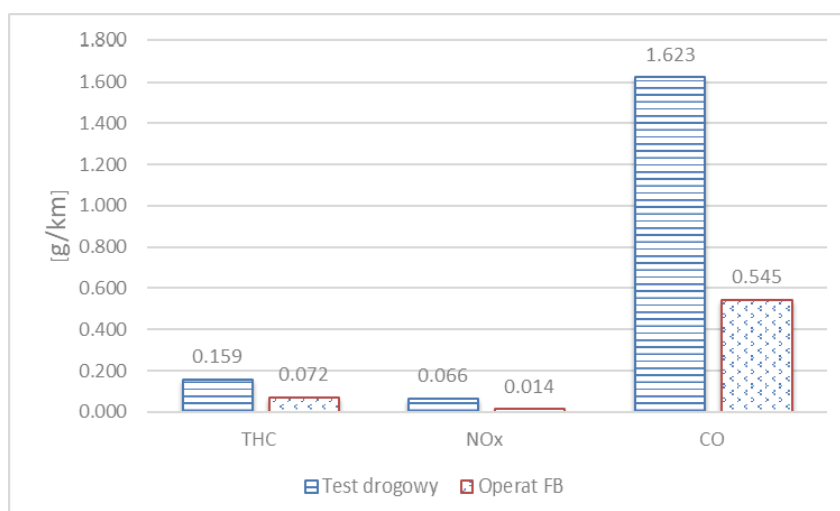
Rysunek 1 – Wyniki wybranych wskaźników emisji z testu drogowego oraz programu Operat FB dla części miejskiej

Figure 1 – The results of selected emission factors from the road test and the FB Operational Program for the urban part



Rysunek 2 – Wyniki wybranych wskaźników emisji z testu drogowego oraz programu Operat FB dla części podmiejskiej

Figure 2 – The results of selected emission factors from the road test and the FB Operational Program for the rural part



Rysunek 3 – Wyniki wybranych wskaźników emisji z testu drogowego oraz programu Operat FB dla części autostradowej

Figure 3 – The results of selected emission factors from the road test and the FB Operational Program for the highway part

Wyniki dla prawie wszystkich części testu dla programu Operat FB są niższe w porównaniu do wyników z testów rzeczywistych. Największe różnice wyników względem wszystkich części testu występują dla tlenków węgla. Zestawienie procentowe wyników emisji z testu rzeczywistego do programu Operat FB przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 – Wartości względne emisji zanieczyszczeń uzyskanych w badaniach drogowych do wyników wyznaczonych w badaniach symulacyjnych

Table 1 – Relative values of pollutant emissions obtained in road tests to results determined in simulation studies

Odcinek testu	THC [%]	NO _x [%]	CO [%]
miejski	28,02	25,05	786,76
podmiejski	3,82	-8,05	44,77
autostradowy	55,08	78,37	166,42

PODSUMOWANIE

Najmniejsze odchylenia wyników uzyskanych z testu rzeczywistego i programu Operat FB (moduł samochody) występują dla węglowodorów (THC). Spośród analizowanych zanieczyszczeń, jedynym składnikiem toksycznym spalin, którego wartość była wyższa w badaniach symulacyjnych w stosunku do testu rzeczywistego jest tlenek azotu (NO_x) – różnica 8,05 % (w części podmiejskiej).

Należy mieć na uwadze to, że wyniki z programu symulacyjnego Operat FB są dla określonej, dużej grupy pojazdów spełniających standardy EURO 5, natomiast wyniki z testu drogowego tyczą się tylko badanego pojazdu. Stosowność tego rodzaju uogólnionych modeli symulacyjnych ma sens w przypadku badania emisji na określonym obszarze, względem danego natężenia ruchu drogowego. Badania rzeczywiste z użyciem systemu PEMS dla każdego pojazdu są praktycznie mało prawdopodobne. W związku z tym konieczne są dalsze badania drogowe i symulacyjne, w tym również dla samochodów spełniających różne standardy emisji zanieczyszczeń, które pozwolą na uzyskanie uśrednionych wartości emisji.

W rozważaniach należy również zaznaczyć, że testy RDE, jak również systemy analizy spalin PEMS, cechują pewne ograniczenia. Modalny pomiar emisji na drodze w dłuższym przedziale czasu powoduje zwiększenie czasu reakcji analizatora (m.in. poprzez wahania temperatury otoczenia). W związku z tym pomiary emisji podczas prób drogowych cechują jeszcze większe marginesy błędów (dla NO_x nawet do 20-30%) względem pomiaru emisji na analizatorach stacjonarnych, mimo tego, że analizatory PEMS spełniają podobne wymagania odnośnie dokładności pomiarowej.

REFERENCES

1. Bosteels, D. (2014). Real Driving Emissions and Test Cycle Data from 4 Modern European Vehicles. *IQPC 2nd International Conference Real Driving Emissions*.
2. Jaworski, A., Kuszewski, H., Lejda, K., Ustrzycki, A., Mądziel, M., Latała, D. (2018). Nowa procedura przeprowadzania badań emisji spalin z pojazdów samochodowych z wykorzystaniem testów drogowych. *Automotive engineering and transport innovations monograph*, 119-125.
3. Jaworski, A., Lejda, K., Mądziel, M. (2017). Emission of pollution from motor vehicles with respect to selected solutions of roundabout intersections. *Polish Scientific Society of Combustion Engines. Combustion Engines* 1 (168).
4. Ligterink, N. E. (2016) On-road determination of average Dutch driving behaviour for vehicle emissions *TNO Report 2016 R 10188*. TNO - Netherlands Organisation for Applied Scientific Research. Available at https://www.researchgate.net/publication/303809697_Onroad_determination_of_average_Dutch_driving_behaviour_for_vehicle_emissions.
5. Weiss, M. et al. (2011) On-road emissions of light-duty vehicles in Europe. *Environ. Sci. Technol.* 45.
6. Vlachos, T et al. (2016). The Euro 6 Real-Driving Emissions (RDE) procedure for light-duty vehicles: Effectiveness and practical aspects. *37th International Vienna Motor Symposium*.
7. Steven H. (2015). Analysis of the WLTP EU in-use database and additional data with respect to dynamic driving behavior parameters. *RDE Task Force*.
8. Tietge U., et al. (2015) From laboratory to road: a 2015 update of official and "real-world" fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe. *ICCT white paper*.
9. Commission Regulation UE 2017/1151 of 1 June 2017 r. supplementing Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6).
10. Operat FB dla Windows, instrukcja obsługi. Proeko.

STRESZCZENIE

JAWORSKI Artur, MĄDZIEL Maksymilian. Porównanie wyników emisji toksycznych składników spalin z pojazdów samochodowych uzyskanych z systemu PEMS z modelem obliczeniowym EMEP/CORINAIR programu OPERAT FB / A. JAWORSKI, M. MĄDZIEL // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

W pracy przedstawiono problematykę emisji zanieczyszczeń z pojazdów samochodowych. Poruszono kwestie testów drogowych z wykorzystaniem systemu PEMS do mobilnego pomiaru emisji spalin. Opisano wymagania jakie stawiane są tego rodzaju testom oraz porównano wyniki testu typu RDE i symulacji emisji z wykorzystaniem modelu EMEP/CORINAIR programu OPERAT FB. Analizę wyników przeprowadzono dla wszystkich części testu drogowego, tj. miejskiego, podmiejskiego oraz autostradowego. Najmniejsze odchyłki różnic emisji występują dla części podmiejskiej, natomiast największe dla części miejskiej, głównie w zakresie tlenku węgla.

РЕФЕРАТ

ЯВОРСКИ Артур, МОНДЗИЕЛ Максиміліан. Порівняння вихлопних газів транспортних засобів, отриманих із системи PEMS, з модулем розрахунку EMEP/CORINAIR OPERAT FB / А. ЯВОРСКИ, М. МОНДЗИЕЛ // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглядається проблема оцінки викидів забруднюючих речовин від автотранспорту, а також проводиться порівняльний аналіз значень шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів транспортних засобів, що були отримані за допомогою портативної системи вимірювання викидів (PEMS) і змодельованих за допомогою імітаційної моделі – модуля автомобілів, програми OPERAT FB.

Об'єкт дослідження – процес вимірювання шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів отриманих шляхом дорожніх випробувань транспортних засобів і робота імітаційної моделі для визначення рівня забруднення.

Мета роботи – порівняння значень шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів транспортних засобів, що були отримані за допомогою PEMS і змодельованих за допомогою модуля автомобілів, програми OPERAT FB.

Через постійно зростаючу кількість транспортних засобів загальна кількість викидів токсичних вихлопних компонентів зростає. Це призводить до погіршення якості повітря, а також до здоров'я мешканців. Незважаючи на усунування цієї проблеми шляхом впровадження стандартів, впровадження багатьох соціальних кампаній та дослідницьких проєктів, емісія забруднень автотранспортом все ще є серйозною загрозою. Викиди забруднюючих речовин у вихлопні гази залежать від багатьох факторів, у тому числі інтенсивності дорожнього руху, дорожніх умов та характеристик автомобіля, атмосферних умов, поведінки водіїв та типу перехрестя.

Поточні тенденції у випробуванні вихлопних газів автотранспорту включають дорожні випробування з використанням PEMS. Результати реальних тестів складають базу даних, яка є основою для розробки моделей розрахунку вихлопних газів. Однією з таких моделей є модуль автомобілів для програми OPERAT FB, яка використовує також методології EMEP / CORINAIR B710 та B760 в програмах COPERT IV та V.

Метою випробувань, проведених у дорожніх умовах, було визначення обсягу викидів забруднюючих речовин в реальних умовах руху у вибраному регіоні. Тестовий маршрут складався з міської, заміської частини та автомагістралі. Середня швидкість для кожного дорожньої ділянки випробування становила: частина міста – 28 км/год, частина за містом – 73 км/год, частина автомагістралі – 101 км/ч. Необхідні дані дорожніх випробувань були передані в програмний модуль автомобілів OPERAT FB, для того, щоб визначити коефіцієнти викидів з імітаційної моделі і порівняти їх з фактичними результатами.

Результати роботи можуть бути впроваджені в подальші методи дослідження викидів шкідливих речовин, а також для поліпшення методів їхнього вимірювання.

Прогнозовані припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – збільшення бази даних на основі натуральних дорожніх випробувань з метою підвищення точності роботи імітаційної моделі, що дозволить зменшити витрати на дослідження забруднення навколишнього середовища від дії шкідливих речовин у відпрацьованих газах автотранспортних засобів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІДПРЦЬОВАНІ ГАЗИ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКИДІВ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ШКІДЛИВІ РЕЧОВИНИ.

ABSTRACT

JAWORSKI Artur, MAȢZIEL Maksymilian. Comparison of the emission results of exhaust toxic compounds of cars obtained from the PEMS system with the EMEP / CORINAIR calculation model of OPERAT FB PROGRAM. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article deals with the problem of motor vehicles' emissions and comparative analysis of the harmful substances value in the exhaust gases of motor vehicles obtained with the a portable emission measurement system (PEMS) and simulated by using the model - OPERAT FB program.

The object of research is the measuring process of the harmful substances in engines' exhaust gases obtained by means of vehicles' road tests and the results of the simulation model for determining the level of pollution.

The purpose of the study is to compare the values of the harmful substances in the exhaust gases of the vehicle engines, obtained by PEMS and simulated by the OPERAT FB program.

Due to the ever increasing number of vehicles, the total emissions of toxic exhaust components is increasing too. It leads to a deterioration of air quality and health of inhabitants. Despite the elimination of this problem through the introduction of standards, many social campaigns and research projects, the emission of road transport is still a serious threat. The vehicle's emissions depend on many factors, including road traffic, vehicle characteristics, atmospheric conditions, driver behavior, as well as the type of road crossings.

Current trends in testing vehicle exhaust emissions include road tests using PEMS. The results of real tests make up the database, which is the basis for developing models for calculating exhaust gases. One of these models is the car module for the OPERAT FB program, which also uses the EMEP / CORINAIR B710

and B760 methodologies in COPERT IV and V programs.

The purpose of road tests was to determine the volume of emissions during real movement conditions in the selected region. Test route consisted of city part, suburban part and highway part. The average speed for each road test site was: the city part – 28 km / h, the suburban part – 73 km / h, the highway part – 101 km / h. The required road test data was transmitted to the OPERAT FB software module in order to determine the emission factors from the simulation model and compare it with the actual results.

The results of the work can be implemented in further methods of study of emissions of harmful substances, as well as to improve its measurement methods.

The ways of future research are to increase the database of road tests in order to improve the accuracy of the simulation model, which will reduce the cost of environmental pollution researches from the harmful substances in exhaust gases of motor vehicles.

KEYWORDS: VEHICLE'S EMISSIONS, IMITATION MODEL, EQUIVALENT COEFFICIENT, ENVIRONMENT, HARMFUL SUBSTANCES.

AUTOR:

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48178651506, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

MĄDZIEL Maksymilian, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, asystent, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, mmadziel@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-3957-8294.

AUTHOR:

JAWORSKI Artur, PhD, Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, tel.: +48178651506, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711

MĄDZIEL Maksymilian, Rzeszow University of Technology, assistant of the internal combustion engines and transport department, mmadziel@prz.edu.pl, tel.: +48 178651531, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-3957-8294.

АВТОРИ:

ЯВОРСЬКІ Артур, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, e-mail: ajaworsk@prz.edu.pl, тел.: +48178651506, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-1599-1711.

МОНДЗИЄЛ Максиміліан, магістр, Жешовська Політехніка, асистент, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, mmadziel@prz.edu.pl, тел.: +48178651531, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-3957-8294.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Двигуни і теплотехніка», Київ, Україна.

ЗЕЛІНЬСКА Едита, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент, кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Head of the Engines and Heating Engineering Department, Kyiv, Ukraine.

ZIELINSKA Edyta, PhD., Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 621.548
UDC 621.548

КЛАСИФІКАЦІЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ДВОМАСОВИХ МАХОВИКІВ У ПРИВОДАХ АВТОМОБІЛІВ ТА ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

Кіндрацький Б.І., доктор технічних наук, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, me@in.lviv.ua, orcid.org/0000-0001-6761-0223

Літвін Р.Г., Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, roman.h.litvin@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-4418-5970

THE CLASSIFICATION OF MALFUNCTION OF DUAL MASS FLYWHEEL IN AUTOMOTIVE VEHICLES DRIVES AND CAUSES OF THEIR APPEARANCE

Kindratsky B.I., Doctor of Technical Science, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, me@in.lviv.ua, orcid.org/0000-0001-6761-0223

Litvin R.H., Postgraduate student, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, roman.h.litvin@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-4418-5970

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВОМАССОВЫХ МАХОВИКОВ В ПРИВОДАХ АВТОМОБИЛЕЙ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Киндрацкий Б.И., доктор технических наук, Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина, orcid.org/0000-0001-6761-0223

Литвин Р.Г., Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина, roman.h.litvin@lpnu.ua, orcid.org/0000-0002-4418-5970

Постановка проблеми. Виробники автомобілів у боротьбі за екологічність та економічність транспортних засобів, намагаються розширити діапазон крутного моменту двигуна з можливістю роботи на низьких обертах. Відповідно такі двигуни генерують великі крутильні коливання, для поглинання яких був сконструйований двомасовий маховик (ДММ), оскільки традиційний демпфер у вигляді пружин, розташованих у веденому диску зчеплення з таким завданням справитися вже не міг. Так, автомобільна промисловість західної Європи у 1996 р. випускала лише 10% автомобілів з механічною коробкою перемикачів передач (МКПП) обладнаних ДММ, сьогодні близько 85% всіх випущених європейських легкових автомобілів з МКПП обладнані ДММ, ця динаміка значною мірою показує перспективність застосування ДММ на автомобілях.

Завдяки ефективній роботі ДММ, на трансмісію автомобіля передаються значно менші крутильні коливання, що, у свою чергу, підвищує довговічність її компонентів. Також при використанні ДММ в автомобілі перемикачів передач стає комфортнішим.

Проте ДММ, як і будь-який інший пристрій, здатний виходити з ладу, тому аналіз несправностей ДММ, причин їх виникнення та збір статистичних даних про пробіги до поломки дасть можливість виявити найпоширеніші з них і розробити рекомендації щодо підвищення терміну експлуатації ДММ.

Аналіз публікацій за темою досліджень. Праці [1-4] присвячені вивченню геометрії ДММ, моделюванню в середовищі MatLab, створенню експериментальних установок, дослідженню крутильних коливань генерованих двигуном та пошуку шляхів їх зменшення, розрахунку основних елементів ДММ.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Однак у наведених працях недостатньо приділено уваги несправностям ДММ та факторам які впливають на їх виникнення. Тому, аналіз несправностей ДММ, збір пробігів та характерних симптомів виникнення несправностей на автомобільних форумах та станції технічного обслуговування (СТОА) є актуальною задачею, оскільки дасть можливість з'ясувати, які основні несправності ДММ, в результаті чого вони виникають та в подальшому проводити дослідження щодо їх усунення.

Мета та завдання досліджень. Аналіз несправностей ДММ, збір статистичних даних пробігів до настання несправностей ДММ у приводах автомобілів, порівняння зібраних даних з заявленими виробниками, надання рекомендацій щодо запобігання виникненню типових несправностей.

Виклад основного матеріалу. Двомасовий маховик, складається з первинної та вторинної мас, які з'єднані між собою з допомогою пружинно-демпферної системи, упорного та радіального підшипників з можливістю відносного повертання первинної та вторинної мас на 60 – 75°, залежно

від виду ДММ. Всередині первинної маси розміщені дугові пружини в кількості від 32 до 54 штук, а радіус їх встановлення складає від 120 мм [6]. Пружини розділені між собою пластиковими сепараторами для зменшення тертя між пружинами та пружин об корпус ДММ. Пружини та сепаратори, які розміщені в первинній масі ДММ, заповнені консистентним мастилом та закриті ущільнювальною кришкою. У процесі роботи приводу автомобіля ДММ сприймає навантаження, яке змінюється у широких межах як за величиною, так і за частотою. Тому пробіг ДММ, порівняно з одномасним маховиком, є обмеженим та істотно залежить від багатьох факторів.

З метою виявлення реального пробігу ДММ, аналізу причин виникнення і класифікації несправностей ДММ були зібрані статистичні дані (табл. 1) з автомобільних форумів [12, 13, 16] і СТОА «Негабарит-Сервіс», м. Ковель (дані пробігів, марок, моделей автомобілів, типів встановлених двигунів та характерних симптомів, якими супроводжувалося виникнення несправності).

Таблиця 1 – Статистика пробігів автомобілів до настання несправності ДММ
Table 1 – Statistics of car mileage before the onset malfunction of DMF

№	Автомобіль			Пробіг до настання несправності, тис. км	Симптоми
	Марка	Модель	Тип двигуна та КПП		
1	2	3	4	5	6
1	Ford	Focus	Дизельний, МКПП	224	Сторонні звуки на холостих обертах
2	VW	B5	Дизельний, МКПП	70	Стук на холостих обертах двигуна. Скрегіт при різкому наборі швидкості
3	Hyundai	ix35	Дизельний, МКПП	86, 67	Сторонні звуки при збільшенні обертів двигуна
4	Ford	Mondeo	Дизельний, МКПП	60	Стук при роботі двигуна на холостому ході, при рушанні скрегіт, при водінні стук та вібрація
5	Skoda	Octavia	Дизельний, МКПП	71	Скрегіт, при витиснутій педалі зчеплення до половини. При повністю витиснутій педалі зчеплення скрегіт відсутній
6	Volvo	S60	Бензиновий, МКПП	231,7	Сторонні звуки на холостих обертах двигуна і в процесі водіння
7	Skoda	Octavia	Бензиновий, МКПП	176	Значна вібрація на холостих обертах та при прискоренні, незначна складність при перемиканні передач
8	Nissan	X-Trail	Дизель, МКПП	256	Вібрації в районі зчеплення, які збільшувалися при експлуатації автомобіля
9	BMW	5 series	Бензиновий, МКПП	281	Ривки при перемиканні передач, шум при натисканні педалі зчеплення
10	Fiat	Linea	Бензиновий, МКПП	80,5	Сторонній звук при роботі двигуна, стуки на холостих обертах, при натисканні на педаль зчеплення стуки зникають
12	VW	Jetta	Дизельний, МКПП	75	Вібрація на холостих обертах, при збільшенні обертів двигуна вібрація зникає, металевий стук, вібрація при натисканні на педаль зчеплення
13	Audi	TT	Бензиновий, МКПП	164,9	Шуми та стуки зі сторони ДММ
14	Ford	Kuga	Дизельний, МКПП	90	Скрегіт, який при натисканні педалі зчеплення зникає
15	VW	Caravelle GP	Дизельний, DSG	154,4	Ривки автомобіля при рушанні, значний шум зі сторони КПП при непрогрітому двигуні, при прогріванні зникає, вібрація на холостих обертах
16	Peugeot	407	Дизельний,	266,2	Сильний стук на холостих обертах,

			МКПП		інколи проблемно вмикаються передачі
--	--	--	------	--	--------------------------------------

У результаті проведеного авторами аналізу несправностей ДММ, останні були згруповані за характерними ознаками і поділені на три групи (рис. 1).



Рисунок 1 – Класифікація несправностей ДММ

Figure 1 – Classification of DMF malfunctions

Причинами виникнення механічних пошкоджень – руйнування сепараторів (рис. 2) та пружин (рис. 3) є перевищення максимального відносного кута закручування первинної і вторинної мас ДММ, коли він працює на гранично високих або непередбачених конструкцією режимах (спортивна манера керування автомобілем, часте гальмування двигуном, чіп-тюнінг двигуна, запуску та глушінні двигуна без витиснутої педалі зчеплення, різкому відпусканні педалі зчеплення при рушанні, а також втомою матеріалу пружин при циклічному їх навантаженні: тривалій роботі на холостому ході, постійному керуванні транспортним засобом на низьких обертах, близьких до холостих, використанні системи «старт-стоп», буксируванні автомобіля на гнучкому зчепі, тривалому буксуванні автомобіля.

Заклинювання підшипника ДММ може виникнути у результаті недостатнього його мащення (висихання мастила), що призводить до руйнування ДММ, термічних впливів, його зношення або пошкодження.



Рисунок 2 – Руйнування сепараторів [12]

Figure 2 – Destruction of separators



Рисунок 3 – Руйнування пружин всередині ДММ [6]
Figure 3 – Destruction of the springs inside the DMF

При механічних пошкодженнях ДММ, його робота супроводжується сильним шумом, скреготом, тріском, відчутні значні вібрації, стуки, що іноді унеможлиблює рух транспортного засобу [5 – 8, 11 – 14].

Втрата демпфувальних властивостей ДММ виникає у результаті його роботи в умовах підвищеного теплового навантаження, витікання мастила, зберіганні маховика понад 3 роки. При втраті демпфувальних властивостей робота ДММ також супроводжується шумом, відчутні значні вібрації, стук [7 – 9, 14].

Термічні пошкодження – вигорання мастила в ДММ виникає через тривалу дію підвищеного температурного навантаження у результаті неправильної експлуатації (наприклад, тривале пробуксовування зчеплення). При впливі на ДММ теплових навантажень, його фрикційна поверхня з часом забарвлюється у відповідний колір, що при огляді дає змогу оцінити, яких саме теплових навантажень зазнавав ДММ (незначне, середнє, високе чи надмірно високе) [10, 15].

Перелічені несправності зменшують ресурс роботи ДММ, часто істотно, порівняно з ресурсом, закладеним при його проектуванні, і це призводить до необхідності його заміни при виникненні поломок. Конструкція ДММ нерозбірна і жоден з виробників не передбачає і не рекомендує виконувати його ремонт чи відновлення, тому при настанні однієї з несправностей ДММ підлягає заміні. Оскільки ресурс деталей зчеплення складає близько 180 – 200 тис. км, з розрахунку типового європейського річного пробігу 15 тис. км [5, 6], то ідеальним варіантом була б заміна ДММ разом із заміною зчеплення. Як видно з даних, наведених у табл. 1, мінімальний пробіг ДММ до настання поломки і виходу з ладу в понад три рази менший від максимального пробігу зчеплення до заміни.

Для запобігання виникненню перерахованих вище механічних пошкоджень і збільшення ресурсу ДММ слід намагатися керувати автомобілем на вищих обертах ніж холості, не виконувати різких стартів та зупинок автомобіля, не проводити чіп-тюнінг двигуна, запускати та глушити двигун тільки з витиснутою педалью зчеплення, уникати тривалої роботи двигуна (особливо дизельного) на холостих обертах.

Висновки. 1. Проаналізовано основні несправності ДММ, зібрано статистичні дані про пробіги автомобілів до настання несправностей ДММ.

2. З'ясовано що основними несправностями ДММ є руйнування пружин та сепараторів у результаті сприймання ними циклічних навантажень.

3. Надано рекомендації, яких потрібно дотримуватися для зменшення ймовірності виходу з ладу ДММ і підвищення терміну їх експлуатації.

Перспективи подальшого дослідження. Аналіз несправностей ДММ дозволив виокремити основні з них, і в подальшому доцільно зосередити дослідження на аналізі втомної міцності пружних елементів та шляхів її підвищення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dighole D.G. Design and Development of Dual Mass Flywheel for Improving Energy Storage Capability / D.G. Dighole, Prof. R.S. Shelke, Prof. Dr. S.N. Shelke // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 7, July 2015, pp. 2359-2364.
2. Berbyuk V. Dual Mass Flywheel for Torsional Vibrations Damping. Parametric study for application in heavy vehicle / Supervisor: V. Berbyuk, H. Johansson, L. Wramner. Examiner: V. Berbyuk // Master's Thesis 2016:22, Department of Applied Mechanics, Chalmers university of technology, Gothenburg, Sweden 2016, 86 pages.
3. Shelke R.S. A Review paper on Dual Mass Flywheel system / Prof. R.S. Shelke, D.G. Dighole // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 1, January 2016, Department of Mechanical Engineering, Sir Visvesvaraya Institute of Technology, Nashik, Maharashtra, India, Savitribai Phule Pune University, pp. 326-331.
4. Baran P. Comparison of dynamic properties of dual mass flywheel / P. Baran, R. Grega // Diagnostyka, vol. 16, no. 1, 2015, *Olsztyn, Poland*, pp. 29-33.
5. «Одна правда о двухмассовом маховике». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ua.motofocus.eu/news/20518,odna-pravda-o-dvuhmassovom-mahovike>
6. Автокомпоненты «Двухмассовые маховики: перезагрузка». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.armtek.ru/downloads/Dvuhmassoviy-mahovik.pdf>
7. Информация по обслуживанию skoda auto, 1-я часть «Двухмассовый маховик, устройство, рабочая проверка, описание отказа, техническое описание продукции». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ddrservice.info/f0z/Auto/Volkswagen/skoda_dvuhmassovy_mahovik_rus.pdf
8. «Признаки неисправности двухмассового маховика». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smagresta.ru/pages/malfunction-flywheel>
9. «Двухмассовый маховик симптомы поломки DMF». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ozapuske.ru/mahovik/dvuxmassovyy-mahovik-simptomy-polomki-dmf.html#i>
10. СТО Ковш «Одна правда о двухмассовом маховике». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kovsh.com/library/ice/crank_mechanism/flywheel/dmf/jdna_pravda_o_dvuxmfccovux-mahov
11. 11 Автомобильный портал «Двухмассовый маховик: конструкция, ресурс, причины поломки». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://5koleso.ru/articles/garazh/dvuhmassovyy-mahovik-konstrukciya-resurs-prichiny-polomki>
12. Драйв 2 «Сообщество машин и людей». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/>
13. Партбокс «Двухмассовый маховик (ZMS) Причины выхода з строя». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://partbox.com.ua/dvuhmassovyy-mahovik>.
14. «Гид покупателя по выбору маховика». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://dok.dbroker.com.ua/gid-pokupatelya/korobka_peredach/124/gid-pokupatelya-po-vyboru-mahovika
15. «Двухмассовый маховик Технологические решения Диагностика неисправностей». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/29086626-Dvuhmassovyy-mahovik-tehnologicheskie-resheniya-diagnostika-neispravnostey.html>
16. Международный автомобильный клуб «S-Max Galaxu». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.s-maxclub.ru/forum/index.php?showtopic=4086>

REFERENCES

1. Dighole D.G. Design and Development of Dual Mass Flywheel for Improving Energy Storage Capability / D.G. Dighole, Prof. R.S. Shelke, Prof. Dr. S.N. Shelke // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 4, Issue 7, July 2015, pp. 2359-2364 [in English].
2. Berbyuk V. Dual Mass Flywheel for Torsional Vibrations Damping. Parametric study for application in heavy vehicle / Supervisor: V. Berbyuk, H. Johansson, L. Wramner. Examiner: V. Berbyuk // Master's Thesis 2016:22, Department of Applied Mechanics, Chalmers university of technology, Gothenburg, Sweden 2016, 86 pages [in English].
3. Shelke R.S. A Review paper on Dual Mass Flywheel system / Prof. R.S. Shelke, D.G. Dighole //

- International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Volume 5, Issue 1, January 2016, Department of Mechanical Engineering, Sir Visvesvaraya Institute of Technology, Nashik, Maharashtra, India, Savitribai Phule Pune University, pp. 326-331 [in English].
4. Baran P. Comparison of dynamic properties of dual mass flywheel / P. Baran, R. Grega // Diagnostyka, vol. 16, no. 1, 2015, Olsztyn, Poland, pp. 29-33 [in English].
5. «Oдна pravda o dvuhmassovom mahovike» [«One truth about a dual mass flywheel»]. (n.d.). ua.motofocus.eu Retrieved from <http://ua.motofocus.eu/news/20518,odna-pravda-o-dvuhmassovom-mahovike> [in Russian].
6. Avtokomponentyi «Dvuhmassovyye mahoviki: perezagruzka» [«Dual mass flywheels: reboot»]. (n.d.). www.armtek.ru Retrieved from <http://www.armtek.ru/downloads/Dvuhmassoviy-mahovik.pdf> [in Russian].
7. Informatsiya po obsluzhivaniyu skoda auto, 1-ya chast «Dvuhmassovyy mahovik, ustroystvo, rabochaya proverka, opisanie otkaza, tehicheskoe opisanie produktsii» [Skoda auto service information, part 1 «Dual mass flywheel, device, work check, refusal description, technical description of the product»]. (n.d.). www.ddrservice.info Retrieved from http://www.ddrservice.info/f0z/Auto/Volkswagen/skoda_dvuhmassovy_mahovik_rus.pdf [in Russian].
8. «Priznaki neispravnosti dvuhmassovogo mahovika» [«Symptoms of a dual mass flywheel malfunction»]. (n.d.). smagresta.ru Retrieved from <https://smagresta.ru/pages/malfunction-flywheel> [in Russian].
9. «Dvuhmassovyy mahovik simptomyi polomki DMF» [«Dual mass flywheel breakdown symptoms DMF»]. (n.d.). ozapuske.ru Retrieved from <http://ozapuske.ru/mahovik/dvuhmassovyy-maxovik-simptomy-polomki-dmf.html#i> [in Russian].
10. STO Kovsh «Oдна pravda o dvuhmassovom mahovike» [Service station Kovsh «One truth about the dual mass flywheel»]. (n.d.). kovsh.com Retrieved from https://kovsh.com/library/ice/crank_mechanism/flywheel/dmf/jdna_pravda_o_dvuhmassovyy-maxovik [in Russian].
11. Avtomobilnyy portal «Dvuhmassovyy mahovik: konstruktsiya, resurs, prichinyi polomki» [Automotive Portal «Dual mass flywheel: design, resource, causes of breakage»]. (n.d.). 5koleso.ru Retrieved from <http://5koleso.ru/articles/garazh/dvuhmassovyy-mahovik-konstruktsiya-resurs-prichinyi-polomki> [in Russian].
12. Drayv 2 «Soobshchestvo mashin i lyudey» [Drive 2 «The Community of Cars and People»]. (n.d.). www.drive2.ru Retrieved from <https://www.drive2.ru/> [in Russian].
13. Partboks «Dvuhmassovyy mahovik (ZMS) Prichinyi vyihoda z stroya» [«Partbox Dual mass flywheel (ZMS) Reasons for malfunction»]. (n.d.). partbox.com Retrieved from <https://partbox.com.ua/dvuhmassovyy-mahovik> [in Russian].
14. «Gid pokupatelya po vyiboru mahovika» [«Buyer's guide for choosing a flywheel»]. (n.d.). dok.dbroker.com.ua Retrieved from http://dok.dbroker.com.ua/gid-pokupatelya/korobka_peredach/124/gid-pokupatelya-po-vyiboru-mahovika [in Russian].
15. «Dvuhmassovyy mahovik Tehnologicheskie resheniya Diagnostika neispravnostey» [«Dual mass flywheel Technological solutions Malfunction diagnosis»]. (n.d.). docplayer.ru Retrieved from <http://docplayer.ru/29086626-Dvuhmassovyy-mahovik-tehnologicheskie-resheniya-diagnostika-neispravnostey.html> [in Russian].
16. Mezhdunarodnyy avtomobilnyy klub «S-Max Galaxy» [International Automobile Club «S-Max Galaxy»]. (n.d.). www.s-maxclub.ru Retrieved from <http://www.s-maxclub.ru/forum/index.php?showtopic=4086> [in Russian].

РЕФЕРАТ

Кіндрацький Б.І. Класифікація несправностей двомасових маховиків у приводах автомобілів та причини їх виникнення. / Б.І. Кіндрацький, Р.Г. Літвін // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У статті на основі статистичних даних, зібраних на автомобільних форумах і станції технічного обслуговування автомобілів, проаналізовано основні несправності двомасових маховиків (ДММ) та причини, які призводять до їх виникнення. Запропоновано класифікацію несправностей ДММ і надано рекомендації щодо запобігання їх виникненню.

Об'єкт досліджень – навантажувальна здатність елементів ДММ у приводах автомобілів.

Мета досліджень – структурувати основні несправності ДММ та причини їх виникнення і розробити рекомендації щодо підвищення терміну експлуатації ДММ.

Методи дослідження – статистичний аналіз.

На основі зібраних статистичних даних щодо несправностей ДММ та причин їх виникнення встановлено, що середній пробіг до настання несправності ДММ коливається в широких межах – від 60 до 200 тис. км. Найчастіше ДММ виходять з ладу через механічні пошкодження пружних елементів і сепараторів у результаті дії на них циклічних навантажень зі сторони двигуна внутрішнього згорання та змінного крутного моменту в приводі автомобіля, який залежить від стилю та манери керування транспортним засобом. Розроблена класифікація пошкоджень ДММ і встановлені симптоми їх прояву на відповідних режимах руху автомобіля, надані рекомендації з підвищення терміну експлуатації ДММ.

Результати статті можуть бути використані при удосконаленні конструкцій ДММ та режимів їх експлуатації з метою підвищення ресурсу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДВОМАСОВИЙ МАХОВИК, СЕПАРАТОР, ПРУЖИНА, МАСТИЛО, ВТОМНА МІЦНІСТЬ, ПОШКОДЖЕННЯ.

ABSTRACT

Kindratsky B.I., Litvin R.H. The classification of malfunction of dual mass flywheel in automotive vehicles drives and causes of their appearance. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

In the article, based on the statistics collected in the automobile forums and the station of technical maintenance of cars we analyzed the main malfunctions of dual mass flywheels (DMF) and the reasons that lead to their occurrence. The classification of DMF defects is proposed and recommendations for prevention of their occurrence are given.

The object of study – loading capacity of DMF elements in car drives.

Objective – to structure the main malfunction of DMF and the reasons for their occurrence and to develop recommendations for increasing the lifetime of DMF.

Research Methods – statistical analysis.

Based on the collected statistical data on the malfunctions of DMF and the causes of their occurrence, it was found that the average mileage before the failure of the DMF varies widely from 60 to 200 thousand km. Most often, the DMF fails due to mechanical damage to the elastic elements and separators as a result of the cyclic loads on the side of the internal combustion engine and the alternating torque in the car's drive, which depends on the style and manner of driving of the vehicle. The classification of damage to DMF has been developed and the symptoms of their manifestation have been established in the corresponding modes of the car, recommendations have been given on increasing the lifetime of DMF.

The results of the article can be used to improve the design of DMF and the modes of their operation in order to increase the resource.

KEYWORDS: DUAL MASS FLYWHEELS, SEPARATOR, SPRING, LUBRICANT, FATIGUE STRENGTH, DAMAGE.

РЕФЕРАТ

Киндрацкий Б.И. Классификация неисправностей двухмассовых маховиков в приводах автомобилей и причины их возникновения. / Б.И. Киндрацкий, Р.Г. Литвин // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье на основе статистических данных, собранных на автомобильных форумах и станции технического обслуживания автомобилей, проанализированы основные неисправности двухмассовых маховиков (ДММ) и причины, которые приводят к их возникновению. Предложена классификация неисправностей ДММ и даны рекомендации по предотвращению их возникновения.

Объект исследования – нагрузочная способность элементов ДММ в приводах автомобилей.

Цель исследования – структурировать основные неисправности ДММ и причины их возникновения, разработать рекомендации по повышению срока эксплуатации ДММ.

Методы исследования – статистический анализ.

На основе собранных статистических данных по неисправностям ДММ и причин их возникновения установлено, что средний пробег до наступления неисправности ДММ колеблется в широких пределах – от 60 до 200 тыс. км. Чаще всего ДММ выходят из строя из-за механических повреждений упругих элементов и сепараторов в результате воздействия на них циклических нагрузок со стороны двигателя внутреннего сгорания и переменного крутящего момента в приводе автомобиля, который зависит от стиля и манеры управления транспортным средством. Разработана классификация повреждений ДММ и установлены симптомы их проявления на соответствующих режимах движения автомобиля, даны рекомендации по повышению срока эксплуатации ДММ.

Результаты статьи могут быть использованы при совершенствовании конструкций ДММ и режимов их эксплуатации с целью повышения ресурса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДВУХМАССОВЫЙ МАХОВИК, СЕПАРАТОРЫ, ПРУЖИНА, МАСЛО, УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ, ПОВРЕЖДЕНИЯ.

АВТОРИ:

Кіндрацький Б.І., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», завідувач кафедри «Експлуатація та ремонту автомобільної техніки», e-mail: me@in.lviv.ua, тел. 380322582171, Україна, 79013, Львів, вул. С. Бандери 32, 6-й навчальний корпус, кім. 110, orcid.org/0000-0001-6761-0223.

Літвін Р.Г., аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», кафедра «Експлуатації та ремонту автомобільної техніки», e-mail: roman.h.litvin@lpnu.ua, +380967545739, Україна, 79013, Львів, вул. С. Бандери 32, 6-й навчальний корпус, кім. 113, orcid.org/0000-0002-4418-5970.

AUTHORS:

Kindratsky B.I., Doctor of Technical Science, professor, Lviv Polytechnic National University, Head of Department of Operation and Repair of Automotive Vehicles, e-mail: me@in.lviv.ua, tel. +380322582171, Ukraine, 79013, Lviv, S. Bandera str. 32, 6th educational building, room 110, orcid.org/0000-0001-6761-0223.

Litvin R.H., Postgraduate student, Lviv Polytechnic National University, Department of Operation and Repair of Automotive Vehicles, e-mail: roman.h.litvin@lpnu.ua, +380967545739, Ukraine, 79013, Lviv, S. Bandera str. 32, 6th educational building, room 113, tel. orcid.org/0000-0002-4418-5970.

АВТОРЫ:

Киндрацкий Б.И., доктор технических наук, профессор, Национальный университет «Львовская политехника», заведующий кафедрой «Эксплуатация и ремонта автомобильной техники», e-mail: me@in.lviv.ua, +380322582171, Украина, 79013, Львов, ул. С. Бандеры 32, 6-й учебный корпус, ком. 110, тел. orcid.org/0000-0001-6761-0223.

Литвин Р.Г., аспирант, Национальный университет «Львовская политехника», кафедра «Эксплуатация и ремонта автомобильной техники», e-mail: roman.h.litvin@lpnu.ua, +380967545739, Украина, 79013, Львов, ул. С. Бандеры 32, 6-й учебный корпус, ком. 113, orcid.org/0000-0002-4418-5970.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гудз Г.С., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», професор кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки, Львів, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

REVIEWER:

Hudz H.S., Doctor of Technical Science, professor, Lviv Polytechnic National University, professor of Department of Operation and Repair of Automotive Vehicles, Lviv, Ukraine.

Sakhno V.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Automobile Department, Kyiv, Ukraine

УДК 621.436.12
UDC 621.436.12

СТВОРЕННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЯ, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ГАЗОДИЗЕЛЬНИМ ЦИКЛОМ

Ковбасенко С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Петренко В.Г., кандидат технічних наук, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна, petrko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6591-9550

Голик А.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, andrexaznk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0994-9541

CREATION AND TUNING OF A MICROPROCESSOR-BASED SYSTEM FOR DIESEL ENGINES OPERATING ON A DIESEL-GAS CYCLE

Kovbasenko S.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Petrenko V.G., Ph.D., Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine, petrko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6591-9550

Holyk A.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, andrexaznk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0994-9541

СОЗДАНИЕ И НАСТРОЙКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПО ГАЗОДИЗЕЛЬНОМУ ЦИКЛУ

Ковбасенко С.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Петренко В.Г., кандидат технических наук, КПИ им. Игоря Сикорского, Киев, Украина, petrko@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6591-9550

Голык А.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, andrexaznk@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0994-9541

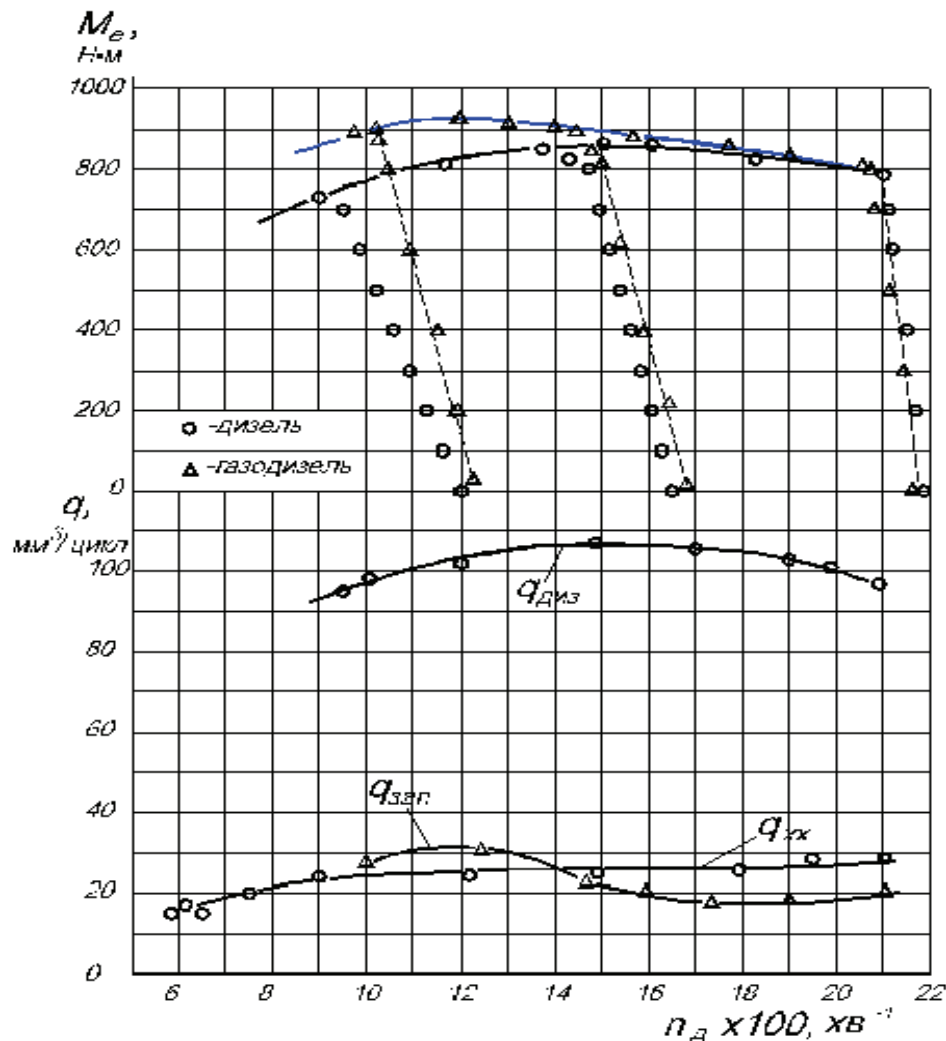
Вступ. Дизель – один із основних споживачів рідкого вуглеводного палива, запаси якого вичерпуються. За даними British Petroleum запасів сирої нафти при нинішніх темпах споживання вистачить приблизно на 50 років [1]. Для України, яка імпортує значну кількість сирої нафти та нафтопродуктів проблеми паливного забезпечення дизелів є особливо актуальними. Крім того, з кожним роком кількість транспорту в містах зростає і проблема екологічної безпеки стає більш гострою [2]. Вирішити зазначені проблеми можливо використанням більш екологічно чистих моторних палив. В якості альтернативи для часткової заміни традиційного нафтового палива та поліпшення екологічних показників може бути використання стисненого природного газу (СПГ) [3]. Основний екологічний ефект, який отримується при згорянні природного газу в дизелях, це значне зменшення викидів твердих частинок (димність відпрацьованих газів дизеля), які є основними носіями токсичних та канцерогенних речовин. В зв'язку з цим останні десятиліття не зменшується інтерес до використання СПГ в якості моторного палива для дизелів.

Мета роботи. Розробка і налаштування мікропроцесорної системи живлення для поліпшення паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників та розширення паливної бази дизелів дорожніх транспортних засобів (ДТЗ), що перебувають в експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Широкі дослідження з переобладнання дизелів в газодизелі проведені в Національному транспортному університеті та КПІ ім. Ігоря Сікорського [4, 5]. Розроблена газодизельна система ГД-КПІ в КПІ ім. Ігоря Сікорського спільно з виробничо-комерційною компанією «АвтоГазГлобал» призначена для встановлення на дизель з паливним насосом високого тиску (ПНВТ) з механічним регулюванням [4]. Характерною особливістю системи живлення є безперервне впорскування СПГ до впускного колектора двигуна під змінним надлишковим тиском залежно від режиму роботи газодизеля. Такий спосіб подачі газу має забезпечити більшу точність дозування газового палива та забезпечити гомогенність газоповітряної суміші. Другою особливістю системи ГД-КПІ є збереження всережимності регулювання частоти

обертання колінчастого вала (КВ) при роботі, як за дизельним, так і за газодизельним циклах, що має істотне значення для великовантажних автомобілів і тракторів, які працюють у тяжких умовах різкої зміни навантажень.

Для прикладу на рис. 1 показано порівняльну зовнішню характеристику дизеля ЯМЗ-238М2 при його роботі за дизельним та газодизельним циклами.



M_e – ефективний крутний момент; q – циклова подача дизельного палива;
 n_d – частота обертання КВ двигуна

Рисунок 1 – Зовнішня швидкісна характеристика газодизеля ЯМЗ-238М2 при роботі за дизельним та газодизельними циклами

Figure 1 – External speed characteristic diesel-gas YaMZ-238M2 which working on diesel and diesel-gas cycles

Як видно з наведеної характеристики (рис.1), запальна доза дизельного палива (ДП) газодизеля $q_{\text{зап}}$ складає 18...30 мм³/цикл в зоні швидкісної характеристики, що становить близько 20...30 % циклової подачі рідкого палива дизелем ($q_{\text{диз}}$) в тому ж режимі.

Максимальний крутний момент за роботи за дизельним циклом складає 880 Нм при частоті обертання КВ 1500 хв⁻¹, тоді як за роботи двигуна за газодизельним циклом він збільшився на 4,5 % і складає 920 Нм при частоті обертання КВ 1200 хв⁻¹.

Дослідженнями щодо створення систем живлення займаються всесвітньо відомі компанії в усьому світі. Компанія Bosch здійснює розробку та випробування систем живлення у Південній Америці, зокрема, в Бразилії. В 2012 році компанія Bosch представила газодизельну систему живлення DG-Flex або Diesel-Gas System – Bosch [6], яка призначена для використання на вантажних автомобілях та автобусах. На рис. 2 показана принципова схема газодизельної системи живлення DG-Flex.

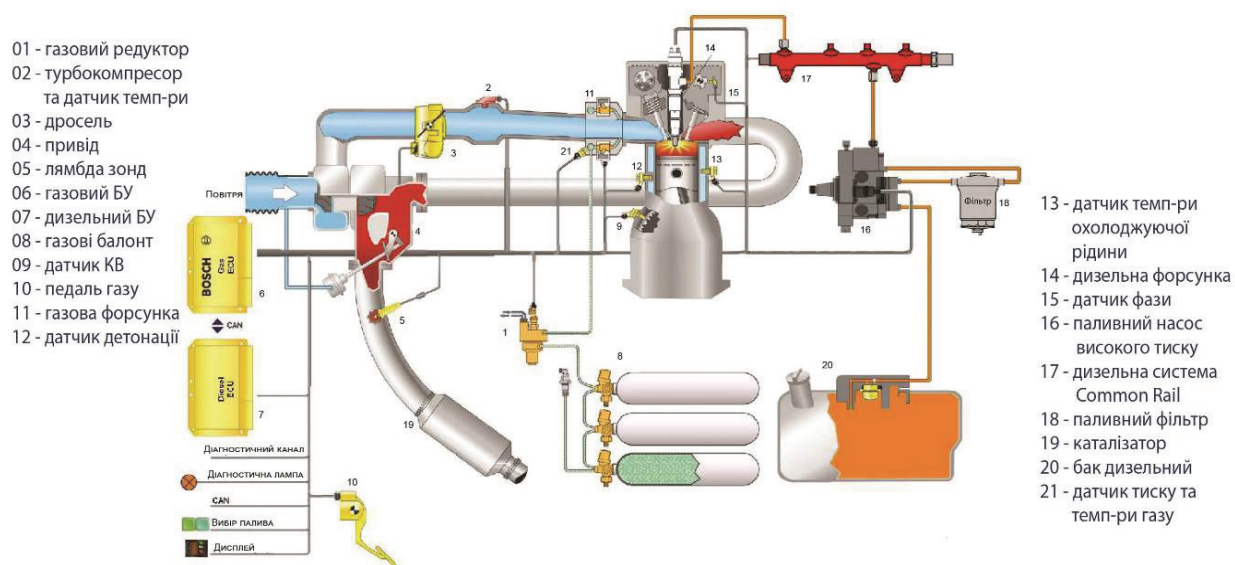


Рисунок 2 – Схема принципова газодизельної системи DG-Flex BOSCH
Figure 2 – Principal scheme of diesel-gas system DG-Flex BOSCH

Як видно зі схеми, газодизельна система живлення DG-Flex призначена для двигунів з системою подачі дизельного палива Common Rail. В системі використовуються: датчик температури повітря, лямбда зонд (широкосмуговий датчик повітря), датчик детонації, датчик температури охолоджуючої рідини, датчик клінчастого вала, датчик фази, датчик тиску та температури газу і, головне, газовий блок управління.

Використання газодизельної системи живлення DG-Flex дозволяє зменшити загальну об'ємну витрату палива (СПГ+ДП) на 13%, а витрати на паливо – на 39%. Частка заміщення ДП природним газом складає 74 %.

На рис. 3 показано агрегати газодизельної системи живлення Solaris Diesel Dual Fuel (Польща) [7]. Газодизельна система живлення, розроблена компанією Solaris включає: автоматичне керування впорскування газу (автоматичне калібрування), перевірку рівня витрати палива в реальному часі, дистанційне діагностування, помічник водія, який допомагає водію вибрати режим роботи, а також датчик клапанів заправки газу.

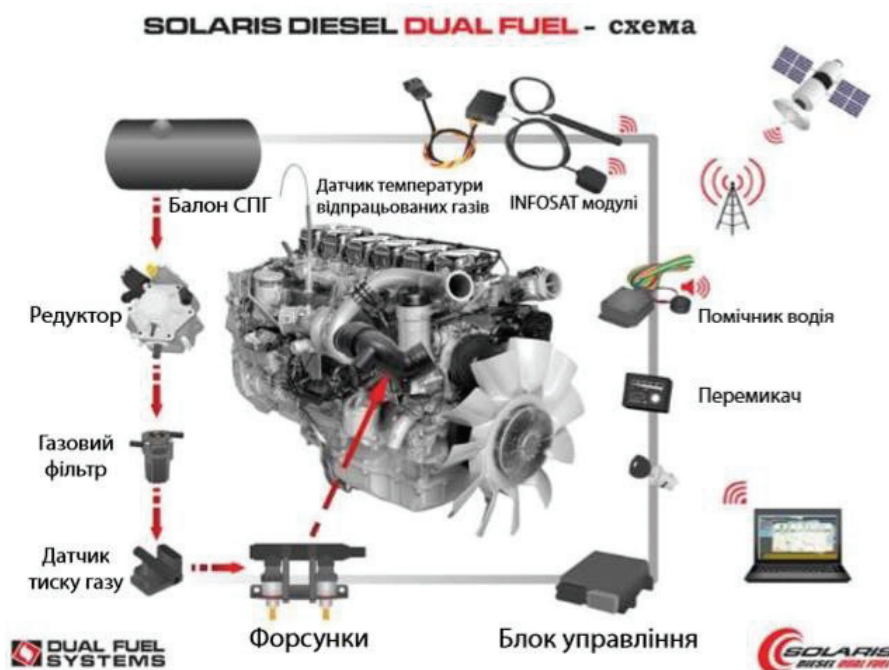


Рисунок 3 – Агрегати газодизельної системи Solaris
Figure 3 – Units of Solaris diesel-gas system

Однак, ця система має відносно незначну частку заміщення ДП газовим паливом, яка складає 50 %. Така система призначена для встановлення на автобуси, самоскиди, трактори, сміттевози, екскаватори-навантажувачі, однокішшеві екскаватори, вантажівки та мікроавтобуси. Використання такої газодизельної системи живлення забезпечує зменшення загального об'єму викидів на 20 %, а саме: викиди NO_x зменшуються на 8,52 %, викиди CO_2 – на 4,5 %, викиди твердих частинок зменшуються на 85 %.

На рис. 4 показана принципова схема газодизельної системи живлення скандинавського виробника тракторів Valtra [8]. Газодизельна система живлення призначена для дизелів з системами Common Rail. Цікавою особливістю системи є наявність каталізатора на виході з системи випуску для додаткового зменшення викидів метанових та неметанових вуглеводневих сполук та CO.

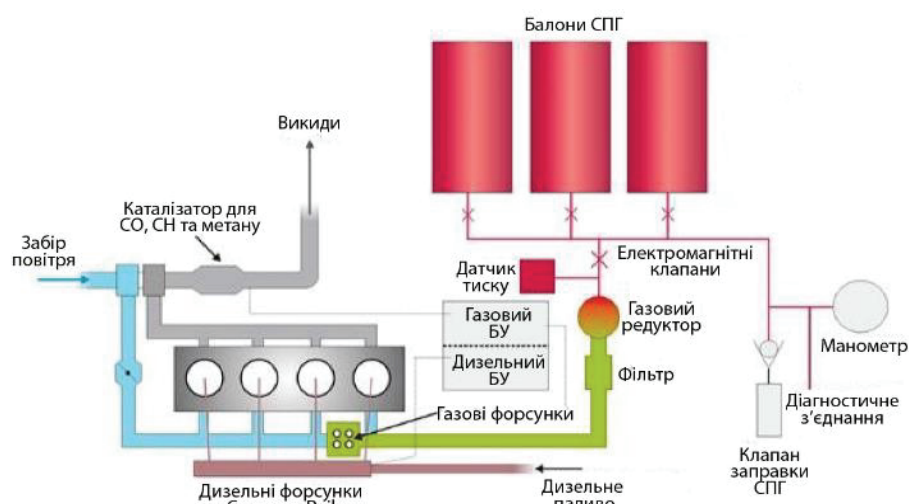


Рис. 4. Схема газодизельної системи Valtra

Figure 4 – Scheme of Valtra diesel-gas system

В таблиці 1 наведено показники трактора N103.4 HiTech при роботі за дизельним та газодизельним циклами.

Як видно з таблиці, за роботи за газодизельним циклом потужність двигуна не змінюється, а максимальний крутний момент дещо більший, 480 Нм в порівнянні з 460 Нм, при меншій частоті обертання КВ, 1400 хв^{-1} і 1500 хв^{-1} , відповідно. Частка заміщення ДП стисненим природним газом сягає 83%.

Таблиця 1 – показники трактора N103.4 HiTech з дизельною та газодизельною системами

Table 1 – indicators of tractor N103.4 HiTech with diesel and diesel-gas systems

Показник	Дизель	Газодизель
Потужність, кВт/хв^{-1}	69/2000	69/2000
Крутний момент, Нм/хв^{-1}	460/1500	480/1400
Співвідношення ДП/СПГ, %	100/0	17/83

Італійська газодизельна система живлення компанії Landireenzo [9] для легкого, середнього та важкого комерційного транспорту включає в себе: газобалонне обладнання, перемикач з дизельного режиму роботи на газодизельний, блок керування, редуктор-регулятор, електромагнітні газові форсунки, газовий фільтр та датчики.

Частка заміщення ДП в такій системі 45 % у середнього та важкого комерційного транспорту та 50 % у легкого комерційного транспорту. Використання такої газодизельної системи дозволяє зменшити викиди CO_2 на 12 %, а викиди твердих частинок – на 40 %. Витрати на паливо під час експлуатації зменшуються на 22 %.

В 2012 році компанія Caterpillar представила систему Cat® Dynamic Gas Blending™ (DGB) для двигунів 3512C DGB [10]. Частка заміщення ДП газовим в такій системі складає 70 %. Ця система не має перемикача для роботи за дизельним або газодизельним циклом, оскільки вона автоматично вмикає газодизельний режим в залежності від режиму роботи двигуна. Газодизельний режим в такій системі використовують при навантаженні двигуна від 20 % до 90 %. На рис. 5 показано криву заміщення ДП стисненим природним газом в залежності від режиму роботи ДТЗ.

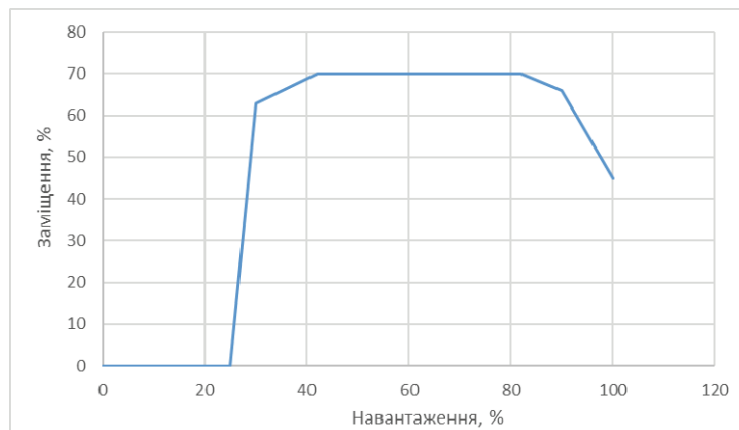


Рисунок 5 – Крива заміщення ДП природним газом при роботі системи Cat DGB
Figure 5 – The curve of replacing diesel fuel with CNG with working the Cat DGB system

В кінці 2017 року компанією Caterpillar анонсовано випуск газодизельного комплекту обладнання із системою DGB для дообладнання кар’єрного самоскиду CAT 785C, на якому використовується двигун 3512B [11]. Використання такої системи кар’єрним самоскидом CAT 785C має зменшити витрати на паливо до 40 % при частці заміщення ДП газовим до 85 %.

В Wayne State University (США) спільно з Xi'an Jiaotong University (КНР) створена газодизельна мікропроцесорна система живлення для дизелів із системою Common Rail [12]. Принципова схема системи показана на рис. 6.

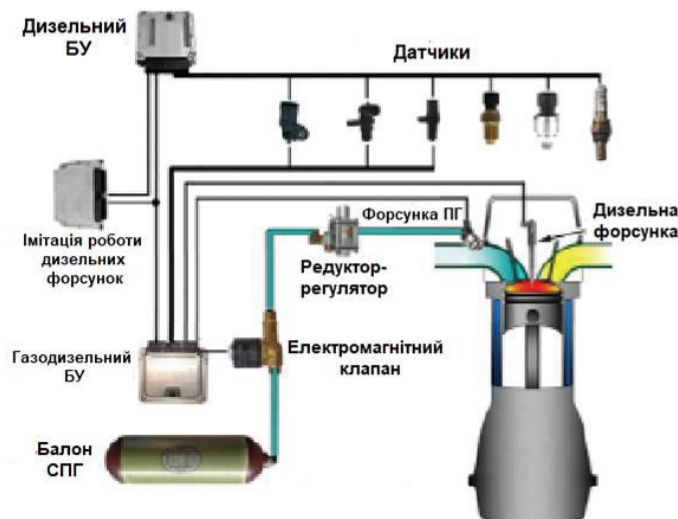


Рисунок 6 – Схема газодизельної мікропроцесорної системи живлення (Wayne State Univ. та Xi'an Jiaotong Univ.)
Figure 6 – Scheme of diesel-gas microprocessor-based fuel system (by Wayne State Univ. & Xi'an Jiaotong Univ.)

Ця система забезпечує заміщення ДП стисненим природним газом до 86 %. В дослідженнях відмічається, що при використанні такої системи зменшуються викиди CO_2 та NO_x в порівнянні з дизельною системою. Енергетичні показники при цьому зростають у порівнянні з роботою на традиційному ДП.

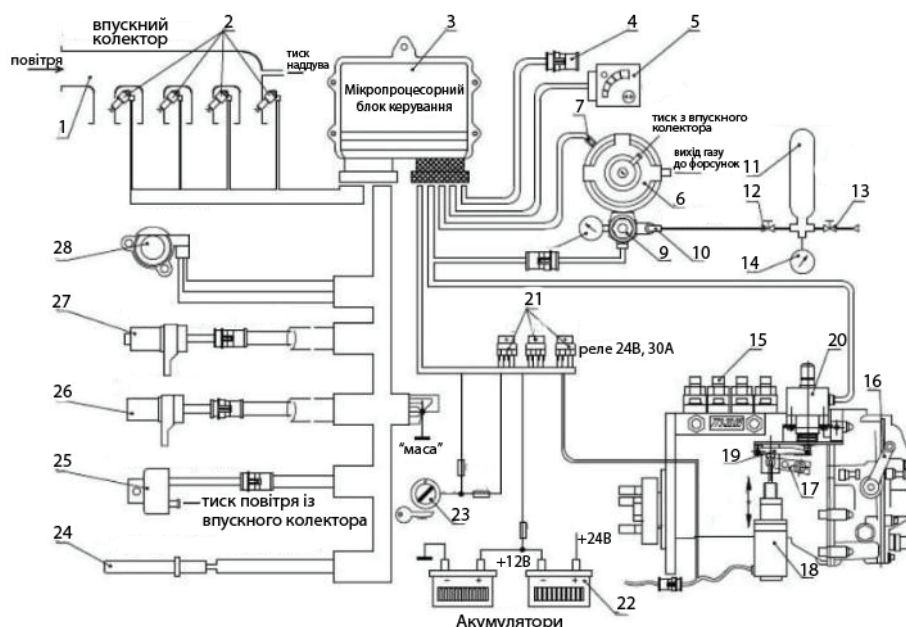
В результаті виконаного аналізу наведених досліджень встановлено, що світові компанії розробляють та вдосконалюють власні газодизельні системи живлення. В таких системах частка заміщення ДП складає від 45 до 86 %. Практично у всіх роботах відмічається поліпшення екологічних показників при роботі транспортного засобу за газодизельним циклом.

В Україні велика кількість автомобілів з дизелями, які споживають значну частку палив нафтового походження та потребують поліпшення екологічних показників. Зменшити споживання традиційних палив нафтового походження та знизити викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах можна за допомогою часткової заміни ДП стисненим природним газом. Тому виникла потреба в розробці вітчизняної газодизельної системи живлення з мікропроцесорним керуванням, яку можна

встановлювати на автомобілях, що перебувають в експлуатації. Ця система мала б враховувати переваги наведених систем, зокрема, мати дозоване впорскування газового палива та забезпечувати можливість фазового регулювання подачі СПГ до дизеля.

Виклад основного матеріалу. В КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національному транспортному університеті розроблено газодизельну мікропроцесорну систему живлення (МПСЖ). Ця система забезпечує роботу дизельних двигунів на суміші дизельного палива та стисненого природного газу за газодизельним циклом зі збереженням стандартної паливної системи.

На рис. 7 показана принципова схема МПСЖ. Система працює наступним чином: при відкритті витратного вентиля 12, газ із балонів 11 по трубопроводу надходить на вхід двоступеневого редуктора 6. При переході на газодизельний режим роботи двигуна, спрацьовує механізм задання запальної дози (МЗЗД) 19 (встановлений на ПНВТ 15), що обмежує подачу дизельного палива, а блок керування вмикає електромагнітний клапан 9 редуктора 6, який відкриває подачу газового палива до електромагнітних газових форсунок 2. Дозована подача газового палива в кожен циліндр двигуна на такті впуску здійснюється за рахунок відкриття електромагнітних газових форсунок (газових інжекторів) на фіксовані проміжки часу відповідно до алгоритму роботи мікропроцесорної системи управління. З газових форсунок 2, які встановлені на патрубках впускного колектора 1, газ впорскується на такті впуску до впускного колектору і потрапляє до камери згоряння двигуна разом із повітрям. Далі газоповітряна суміш надходить в циліндри і в кінці такту стиснення в неї впорскується запальна доза дизельного палива (надходить з ПНВТ). Величина запальної дози регулюється МЗЗД палива 19.



- 1 – впускний колектор двигуна; 2 – форсунок газові електромагнітні; 3 – блок керування мікропроцесорний; 4 – роз'єм діагностичний; 5 – пульт; 6 – редуктор газовий; 7 – датчик температури корпусу редуктора; 8 – манометр редуктора; 9 – електромагнітний клапан; 10 – штуцер підведення газу до редуктора; 11 – балони для СПГ; 12 – вентиль витратний; 13 – вентиль наповнювальний; 14 – манометр високого тиску; 15-ПНВТ; 16 – важіль управління швидкісним режимом двигуна; 17 – важіль зупинки двигуна; 18 – електромагніт зупинки двигуна; 19 – МЗЗД; 20 – кроковий двигун МЗЗД; 21 – реле; 22 – акумуляторні батареї; 23 – вимикач приладів і стартера; 24 – датчик температури відпрацьованих газів; 25 – датчик тиску наддуву; 26 – датчик фази; 27 – датчик частоти обертання колінчастого вала двигуна; 28 – датчик положення важеля подачі палива

Рисунок 7 – Схема газодизельної мікропроцесорної системи живлення

Figure 7 – Scheme of diesel-gas microprocessor-based fuel system

Зчитуючи і аналізуючи інформацію з датчиків 7, 24...28 системи, мікропроцесорний блок 3 керує роботою газових форсунок 2, електроклапана 9 редуктора газу, кроковим двигуном 20 МЗЗД і трьома реле 21, відповідно до закладеного алгоритму, реалізуючи всережимне регулювання частоти обертання КВ двигуна в газодизельному режимі.

В цій системі реалізовано всережимний ПІ-регулятор подачі газового палива в залежності від режиму роботи двигуна. Регулятор призначений для забезпечення необхідної характеристики подачі

СПГ у всьому діапазоні частоти обертання КВ дизеля. Значення коефіцієнтів впливає на підсилення відповідно пропорційної, інтегральної та диференційної складових ПД-регулятора. Наявність або відсутність тієї чи іншої складової визначає тип ПД-регулятора. Для запропонованої МПСЖ визначено, що доцільно використовувати ПД-регулятор з такими коефіцієнтами: коефіцієнт пропорційної складової $K_p=0.25$, коефіцієнт інтегральної складової $K_i=0.01$, коефіцієнт диференційної складової $K_d=0$ [13]. Фрагмент осцилограми роботи системи газоподачі МПСЖ (форсунки, датчик КВ, датчик ВМТ) з ПД-регулятором ($K_p=0.25$; $K_i=0.01$) показано на рис.8.

В системі реалізовано налаштування корегувальних таблиць подачі дизельного та газового палив, відслідковування помилок в системі та її налаштування за допомогою розробленого інтерфейсу (рис. 9).

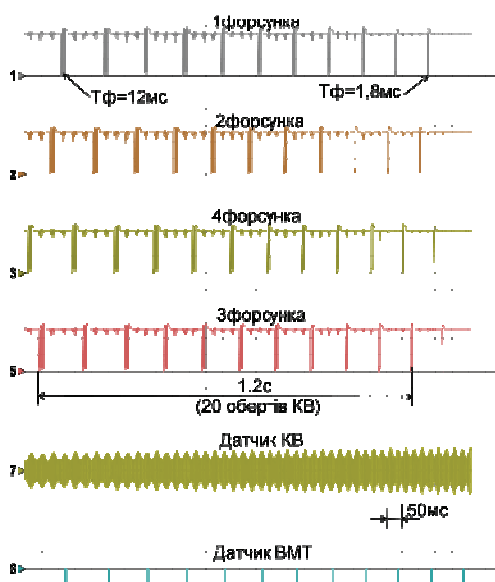


Рисунок 8 – Фрагмент роботи ПД-регулятора при $n=1000...1200 \text{ хв}^{-1}$
Figure 8 – Fragment of the PI-regulator working at $n=1000...1200 \text{ rpm}$

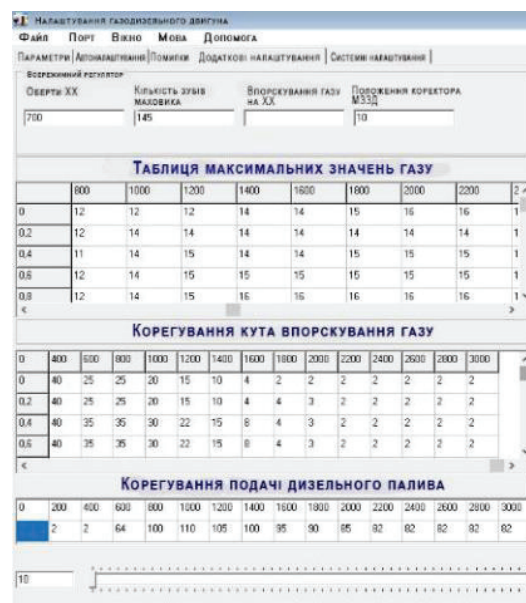


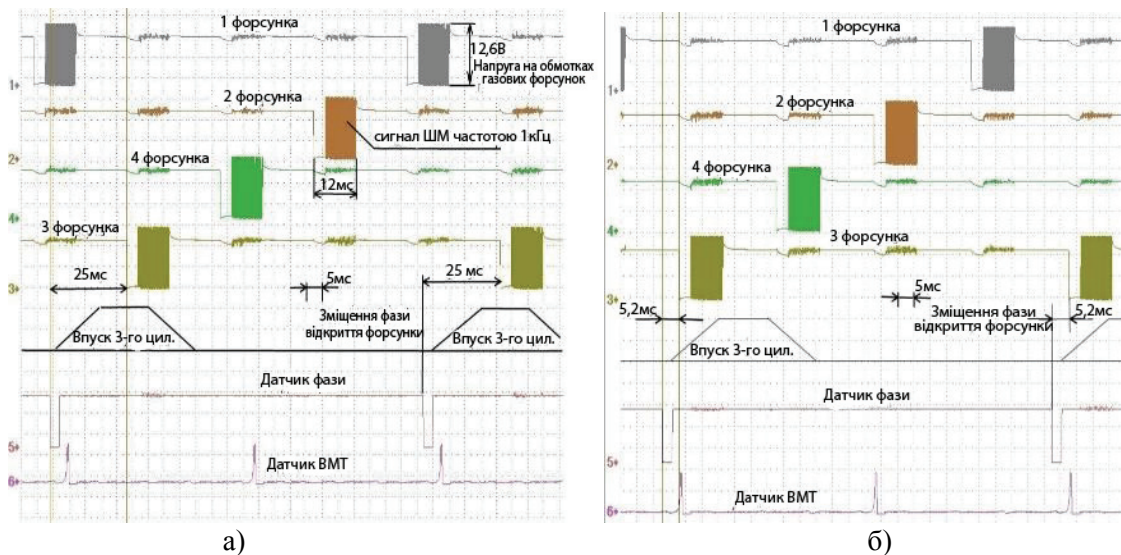
Рисунок 9 – Корегувальні таблиці інтерфейсу подачі дизельного та газового палив
Figure 9 – Correction tables of interface for diesel and gas fuel supply

Як видно з рис. 8 час впорскування СПГ зменшувався від максимального значення $T_f=12 \text{ мс}$ до повного закриття форсунок $T_f=1,8 \text{ мс}$ за 20 обертів КВ дизеля, що склало $1,2 \text{ с}$ за незмінного положення датчика педалі $U_p=1,02 \text{ В}$. Отже, розроблений ПД-регулятор при незмінному положенні важеля подачі палива повністю припиняє подачу СПГ до впускного колектора двигуна трохи більше ніж за одну секунду. Діапазон частоти обертання КВ дизеля за якої спрацювала регуляторна гілка розробленого ПД-регулятора знаходився в межах від 900 хв^{-1} до 1150 хв^{-1} .

В розробленій МПСЖ за допомогою корегувальних таблиць інтерфейсу можна встановлювати: час відкриття форсунок (регулювання витрати СПГ), кут відкриття газової форсунки відносно верхньої мертвої точки (ВМТ) (фаза впорскування) ψ та запальну дозу ДП в залежності від частоти обертання КВ та тиску наддуву повітря. Фаза впорскування газового палива – це момент подачі СПГ разом із повітрям під час такту впуску у впускний колектор. В розробленій МПСЖ для забезпечення фазної подачі газу на валу привода ПНВТ встановлено датчик фази (ДФ), положення якого визначається кутом ψ_{df} відносно ВМТ першого циліндра двигуна. Значення ψ_{df} вимірюється після установки ДФ на двигуні і вводиться параметром до мікропроцесорного блока. При встановленні ДФ треба виконати умову:

$$\psi_{df} \geq \psi_{вп.}$$

Оптимальні процеси фазного впорскування газу (ФВГ) передбачають зміну поточного значення кута $\psi_{вп.}(\psi)$ залежно від частоти обертання КВ двигуна n . Для цього в систему параметрів МПСЖ введена залежність $\psi = f(n)$. Принципово ФВГ може проходити впродовж всієї фази впуску, але існують оптимальні значення $\psi_{овп}$ кута ψ , за яких робочі процеси газодизеля найбільш ефективні. Для прикладу впливу фази впорскування ψ , на рис. 10 приведено порівняльні осцилограми роботи системи газоподачі МПСЖ (форсунки, датчик фази, датчик ВМТ) із різними значеннями фази впорскування газового палива ($\psi_1=40^\circ$ (рис. 10а), $\psi_2=15^\circ$ (рис. 10б)).



а) б)
Рисунок 10 – Фрагмент роботи МПСЖ при $n=1000 \text{ хв}^{-1}$
Figure 10 – Fragment of the MPSJ working at $n=1000 \text{ rpm}$

Як видно з наведених осцилограм (рис. 10), розроблена МПСЖ дозволяє змінювати значення фази впорскування газу в межах від 0° до 60° після ВМТ в залежності від режиму роботи дизеля. Оскільки фаза впорскування може позначитися на сумішеутворенні в камері згоряння двигуна, можна передбачити вплив фази ψ на показники ДТЗ. Тому під час експериментальних стендових та дорожніх випробувань буде встановлено доцільне значення фази впорскування газу із врахуванням паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників.

Під час створення та налаштування МПСЖ було здійснено перевірку димності відпрацьованих газів (ВГ) в режимі вільного прискорення та динаміку автомобіля при розгоні до 60 км/год [14]. В результаті перевірок підтверджено зменшення димності ВГ при роботі за газодизельним циклом.

Висновок. В результаті проведеного аналізу існуючих газодизельних систем живлення встановлено, що багатьма компаніями розробляються та вдосконалюються газодизельні мікропроцесорні системи живлення, які можуть бути встановлені на ДТЗ. Частка заміщення ДП стисненим природним газом в таких системах коливається в межах $45\ldots 86\%$. Екологічні показники при використанні таких систем поліпшуються. Крім того, такі системи дозволяють зменшити споживання більш дорогого ДП та розширити паливну базу дизелів дешевшим та екологічно безпечнішим СПГ.

КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національним транспортним університетом розроблено газодизельну МПСЖ для конвертації дизелів для роботи за газодизельним циклом. Розроблена МПСЖ забезпечує роботу дизелів, що перебувають в експлуатації, на суміші дизельного палива та СПГ за газодизельним циклом, зі збереженням стандартної паливної системи. Очікувана частка заміщення ДП стисненим природним газом складає близько 80% . В системі реалізовано розподільне фазне впорскування газу до циліндрів дизеля, що дозволяє визначити вплив зміни фази та встановити оптимальні параметри впорскування, за яких можна досягти поліпшення показників дизелів з механічним ПНВТ, які працюють за газодизельним циклом.

При розробці МПСЖ здійснена комплексна робота щодо розробки, налаштування, діагностики та адаптації МПСЖ для дизелів, виготовлено комплект агрегатів газодизельної МПСЖ для експериментального автомобіля ГАЗ-3309, налаштовано ПД-параметри газового регулятора, здійснено перевірку димності відпрацьованих газів та динаміку автомобіля.

Остаточні налаштування МПСЖ буде здійснено при проведенні стендових та дорожніх випробувань з врахуванням паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників автомобіля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. BP statistical review of world energy // bp.com [сайт]. [2017]. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>. – BP, June 2017.
2. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д.В. та інші. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник 2-ге вид., перероблене та доповнене. – К.: Арістей, 2008. – 296 с
3. Ковбасенко С. Переобладнання дизеля в газодизель, як можливість розширення паливної бази автомобільного транспорту/ С.Ковбасенко, В.Петренко, С.Гутаревич, А.Голик// Вісник. Науково-технічний збірник №1 (37). Серія «Технічні науки». НТУ. – К: 2017. – с.154-160.
4. Дикий М.О., В.Г. Петренко, Коваленко О.О. Газодизельна система живлення автомобільних і тракторних двигунів ГД-КПІ // Вісник Національного транспортного університету, Вип.18, – 2009р., С. 76-84.
5. Назаренко М.Б. Покращення екологічних показників КТЗ переобладнанням дизелів в газодизелі в умовах експлуатації: дис.канд. техн. наук – К: НТУ, 2009.
6. Bosch dual-fuel – future of diesel engines. // gazeo.com: [сайт]. [2014]. URL: <http://gazeo.com/automotive/technology/Bosch-Dual-Fuel-future-of-diesel-engines,article,7831.html>.
7. Solaris diesel dual fuel. // <http://fuelfusion.pl/>: [сайт]. URL: <http://www.solarisdiesel.eu/ru/solaris-diesel-dual-fuel-3/>.
8. Valtra dual fuel tractors – The natural choice [http:// valtra.com](http://valtra.com): [сайт]. URL: www.valtra.com/dual-fuel.aspx.
9. Lazdirenzo diesel dual fuel (DDF). Brochure: // <https://landirenzo.com/>: [сайт]. URL: <https://landirenzo.com/sites/default/files/gamma-ddf-en.pdf>.
10. Dual-fuel Retrofit Kit Coming for CAT 785C: // <http://www.ngvglobal.com>: [сайт]. URL: <http://www.ngvglobal.com/blog/dual-fuel-retrofit-kit-coming-cat-785c-1103>.
11. Dynamic Gas Blending. // <https://www.cat.com>: [сайт]. URL: https://www.cat.com/en_US/support/operations/technology/dynamic-gas-blending.html
12. The Development of an Electronic Control Unit for a High Pressure Common Rail Diesel/Natural Gas Dual-Fuel Engine // <https://www.researchgate.net> [сайт]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/271446895>.
13. Ковбасенко С.В. Визначення раціональних ПД-параметрів регулятора газодизельної мікропроцесорної системи живлення / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, А.В. Голик, С.Ю. Гутаревич // Автошляховик України. Науково-технічний збірник. – К. , ДП «ДержавтотрансНДІпроект» 2018. – Вип. № 1.
14. Ковбасенко С.В. Розробка та дослідження мікропроцесорної системи живлення дизеля, що працює за газодизельним циклом / С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, А.В. Голик та інші // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. , ТНУ 2018. – Том 29 (68) № 1.

REFERENCES

1. BP statistical review of world energy // bp.com [сайт]. [2017]. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>. – BP, June 2017.
2. Hutarevych, Y.F., Zerkalov, D.V., & others. (2008). Ecologia ta avtomobilnyi transport. [Marketing distribution policy] Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
3. Kovbasenko, S.V., Petrenko, V.H., Hutarevych, S.Y., Holyk, A.V. (2017). Pereobladnania dyzelia v hazodyzel yak mozhlyvist rozshyrenia palyvnoi bazy avtomobilnoho transportu. Kyiv: Visnyk NTU [in Ukrainian].
4. Dykyi, M. O., Petrenko V.H., Kovalenko, O.O. (2009). Hazodyzelna systema zhyvlена avtomobilnyh I tractornyh dyvahuniv GD-KPI. Kyiv: Visnyk NTU [in Ukrainian].
5. Nazarenko, M.B. (2009). Pokraschenia ecolohichnyh pokaznykiv KTZ pereobladnaniam dyzeliv v hazodyzeli. Kyiv: PhD. Diss. NTU [in Ukrainian].

6. Bosch dual-fuel – future of diesel engines. Available at: URL: <http://gazeo.com/automotive/technology/Bosch-Dual-Fuel-future-of-diesel-engines,article,7831.html>.
7. Solaris diesel dual fuel. // <http://fuelfusion.pl/>: [сайт]. URL: <http://www.solarisdiesel.eu/ru/solaris-diesel-dual-fuel-3/>.
8. Valtra dual fuel tractors – The natural choice. Available at: URL: www.valtra.com/dual-fuel.aspx
9. Lazdirenzo diesel dual fuel (DDF). Available at: URL: <https://landirenzo.com/sites/default/files/gamma-ddf-en.pdf>
10. Dual-fuel Retrofit Kit Coming for CAT 785C. Available at: URL: <http://www.ngvglobal.com/blog/dual-fuel-retrofit-kit-coming-cat-785c-1103>
11. Dynamic Gas Blending. Available at: URL: https://www.cat.com/en_US/support/operations/technology/dynamic-gas-blending.html
12. The Development of an Electronic Control Unit for a High Pressure Common Rail Diesel/Natural Gas Dual-Fuel Engine. Available at: URL: <https://www.researchgate.net/publication/271446895>.
13. Kovbasenko, S.V., Petrenko, V.H., Holyk, A.V., Hutarevych, S.Y. (2018). Vyznachenia ratsionalnyh PID-parametriv rehuliatora hazodyzelnoi microprocesornoï systemy zhyvlenia. Kyiv: SD “StatevehicleSRProject”.
14. Kovbasenko, S.V., Petrenko, V.H., Holyk, A.V. (2018). Rozrobka ta doslidzhenia microprocernoï systemy zhyvlenia dyzelia scho pratsiuie za hazodylenym tsyclom. Kyiv: Tavriiskyi National University [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Створення та налаштування мікропроцесорної системи живлення дизеля, що працює за газодизельним циклом // С.В. Ковбасенко, В.Г. Петренко, А.В. Голик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглянуті існуючі газодизельні системи живлення, а також доцільність переобладнання в Україні дизеля, що перебуває в експлуатації, в газодизель з використанням мікропроцесорної техніки.

Об’єкт дослідження – паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники дизеля, що працює за газодизельним циклом.

Мета роботи – розробка і налаштування вітчизняної газодизельної мікропроцесорної системи живлення для розширення паливної бази дизелів ДТЗ, що перебувають в експлуатації

Метод дослідження – аналіз існуючих досліджень та розробка власної газодизельної мікропроцесорної системи живлення для роботи дизеля за газодизельним циклом.

Встановлено, що переобладнання дизеля в газодизель є доцільним і актуальним. Багатьма компаніями, а також університетами з усього світу розробляються та вдосконалюються газодизельні мікропроцесорні системи живлення. Використання газодизельних мікропроцесорних систем живлення поліпшує екологічні та паливно-економічні показники дизеля.

КПІ ім. Ігоря Сікорського та Національним транспортним університетом розроблено газодизельну МПСЖ для конвертації дизелів для роботи за газодизельним циклом. Розроблена МПСЖ призначена для встановлення на дизелі з механічним ПНВТ зі збереженням стандартної паливної системи. В системі реалізовано розподільне фазне впорскування газу до циліндрів дизеля, що дозволяє визначити вплив зміни фази та встановити оптимальні параметри впорскування газу для поліпшення показників роботи дизеля, що працює за газодизельним циклом.

Результати статті можуть бути застосовані для подальших досліджень розробленої газодизельної мікропроцесорної системи живлення з використанням СПГ.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – вдосконалення розробленої газодизельної мікропроцесорної системи живлення для переобладнання дизелів ДТЗ, що перебувають в експлуатації та поліпшення їх паливно-економічних, екологічних та енергетичних показників.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТИСНЕНИЙ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ПІД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВИКИДИ, МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ.

ABSTRACT

Kovbasenko S.V., Petrenko V.H., Holyk A.V. Creation and tuning of a microprocessor-based system for diesel engines operating on a diesel-gas cycle. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article considers existing diesel-gas fuel systems, as well as the advisability of re-equipment in Ukraine of a diesel engine in operation in a diesel-gas with the use of microprocessor technology.

Object of the study – fuel-economic, ecological and energy indicators of a diesel engine operating on a gas-diesel cycle.

Purpose of the study – the development and adjustment of the domestic gas-diesel microprocessor power supply system for expanding the fuel base of road vehicles diesel engines in service

Method of the study – the analysis of existing research and the development of its own diesel-gas microprocessor-based fuel system for diesel engine operation on the diesel-gas cycle.

It is established that the conversion of a diesel engine into a diesel-gas is expedient and relevant. Many companies, as well as universities around the world, are developing and improving diesel-gas microprocessor fuel systems. The use of diesel-gas microprocessor fuel systems improves the ecological and fuel-economic indicators of the diesel engine.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute and the National Transport University, a diesel-gas MPSJ for the conversion of diesel engines for diesel-gas operation was developed. The developed MPSJ is designed for installation on diesel engines with a mechanical fuel pump, while maintaining the standard fuel system. The system implements the distributive phase injection of gas into the diesel cylinders, which allows to determine the effect of the phase change and establish the optimal gas injection parameters for improving the performance of the diesel engine operating on the diesel-gas cycle.

The results of the article can be applied for further studies of the developed diesel-gas microprocessor fuel system using CNG.

The forecast assumptions about the development of the research object are the improvement of the developed diesel-gas microprocessor fuel supply system for re-equipment of road vehicles diesel engines in operation and improvement of their fuel-economic, ecological and energy indicators.

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Создание и настройка микропроцессорной системы питания дизеля, работающего по газодизельному циклу // С.В. Ковбасенко, В. Петренко, А.В. Голик // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассмотрены существующие газодизельные системы питания, а также целесообразность переоборудования в Украине дизеля, находящегося в эксплуатации, в газодизель с использованием микропроцессорной техники.

Объект исследования - топливно-экономические, экологические и энергетические показатели дизеля, работающего по газодизельному циклу.

Цель работы - разработка и настройка отечественной газодизельной микропроцессорной системы питания для расширения топливной базы дизелей ДТС, находящихся в эксплуатации

Метод исследования – анализ существующих исследований и разработка собственной газодизельной микропроцессорной системы питания для работы дизеля по газодизельному циклу.

Установлено, что переоборудование дизеля в газодизель целесообразно и актуально. Многими компаниями, а также университетами по всему миру разрабатываются и совершенствуются газодизельные микропроцессорные системы питания. Использование газодизельных микропроцессорных систем питания улучшает экологические и топливно-экономические показатели дизеля.

КПИ им. Игоря Сикорского и Национальным транспортным университетом разработана газодизельного МПСЖ для конвертации дизелей для работы по газодизельному циклу. Разработанная МПСЖ предназначена для установки на дизели с механическим ТНВД с сохранением стандартной топливной системы. В системе реализовано распределительное фазное впорскивание газа в цилиндры дизеля, которое позволяет определить влияние изменения фазы и установить оптимальные параметры впрыска газа для улучшения показателей работы дизеля, работающего по газодизельному циклу.

Результаты статьи могут быть применены для дальнейших исследований разработанной газодизельной микропроцессорной системы питания с использованием СПГ.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - совершенствование разработанной газодизельной микропроцессорной системы питания для переоборудования дизелей ДТС, находящихся в эксплуатации и улучшение их топливно-экономических, экологических и энергетических показателей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЖАТЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, ПИД РЕГУЛЯТОР, ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ, ВЫБРОСЫ, МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ.

АВТОРИ:

Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Україна, 02232, м.Київ, бульв. Леоніда Бикова 12, кв. 25, orcid.org/0000-0002-7309-8200.

Петренко Валерій Георгійович, кандидат технічних наук, КПІ ім. Ігоря Сікорського, старший науковий співробітник кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Україна, Київська обл., 07400, м. Бровари, вул. Возз'єднання, 15, кв. 40, orcid.org/0000-0001-6591-9550.

Голик Андрій Віталійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри дорожніх машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Україна, 03148, м. Київ, вул. Володимира Покотила 5, кв.56, orcid.org/0000-0002-0994-9541.

AUTHORS:

Kovbasenko Sergii V., PhD, National Transport University, associate professor department of road machines, e-mail: s-kov@ukr.net, tel. +380503539600, Ukraine, 02232, Kyiv, Leonida Bykova Blvd., 12, ap. 25, orcid.org/0000-0002-7309-8200.

Petrenko Valerii H., PhD, associate professor, National Technical University of Ukraine «Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», department of theoretical and industrial heat engineering, e-mail: petrko@ukr.net, tel. +380957282124, Ukraine, 07400, Kyiv region, Voziednania street, 15, ap.40, orcid.org/0000-0001-6591-9550.

Holyk Andrii V., National Transport University, graduate student department of road machines, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Ukraine, 03148, Kyiv, Volodymyra Pokotyly street, 5, ap.56, orcid.org/0000-0002-0994-9541.

АВТОРЫ:

Ковбасенко Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: s-kov@ukr.net, тел. +380503539600, Украина, г.Київ, бульв. Леониды Быкова 12, кв. 25, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Петренко Валерий Георгиевич, кандидат технических наук, КПИ им. Игоря Сикорского, с.н.с. кафедры теоретической и промышленной теплотехники, e-mail: petrko@ukr.net, тел. +380957282124, Украина, Киевская обл., г. Бровары, ул. Воссоединения, 15, кв.40, orcid.org/0000-0001-6591-9550.

Гольк Андрей Виталиевич, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры дорожных машин, e-mail: andrexaznk@gmail.com, тел. +380950446069, Украина, г. Киев, ул. Владимира Покотыла 5, кв.56, orcid.org/0000-0002-0994-9541.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Кравченко О.П., доктор технічних наук, Житомирський державний технологічний університет, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомир, Україна.

REVIEWERS:

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Head of the Engines and Heating Engineering Department, Kyiv, Ukraine.

Kravchenko O.P., Doctor of Technical Science, professor, Zhytomyr State Technological University, professor, department of automobiles and automobile economy, Zhytomyr, Ukraine.

УДК 658.511.3
UDK 658.511.3

ANALIZA PROBLEMÓW W ZARZĄDZANIU MAGAZYNEM

LATAŁA Dawid, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, d389@stud.prz.edu.pl, orcid.org/0000-0001-8879-1326

ANALYSIS OF PROBLEMS IN THE MANAGEMENT OF THE WAREHOUSE

LATALA Dawid, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, d389@stud.prz.edu.pl, orcid.org/0000-0001-8879-1326

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ В УПРАВЛІННІ СКЛАДОМ

ЛАТАЛА Давід, Магістр інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, d389@stud.prz.edu.pl, orcid.org/0000-0001-8879-1326

WSTĘP

Efektywna realizacja procesów magazynowych zależy od racjonalnego użytkowania systemów logistycznych. Wykonalne jest to pod warunkiem zapoznania się z odpowiednimi procedurami, które zapewnią efektywność użytkowania systemu. Nieodpowiednia organizacja magazynu oraz niewłaściwe zarządzanie przepływem materiałów wiąże się z pojawieniem się licznych problemów, które mają wpływ na funkcjonowanie organizacji. Zadaniem przedsiębiorstw jest więc zapobieganie oraz eliminacja przyczyn powstawania problemów. Dążąc do wysokiej jakości usług i sprawnego funkcjonowania na potrzeby rynku.

Właściwe funkcjonowanie magazynu uzależnione jest w znacznym stopniu od struktury organizacyjnej gospodarki magazynowej. To ona jest jednym z ogniw, na którym oparty jest system zarządzania. Tworzy się ją, aby ułatwić zarządzanie całością gospodarki magazynowej. Stanowi ona główny warunek sprawnego funkcjonowania całości przedsiębiorstwa. Podstawowym czynnikiem wpływającym na tą strukturę są odpowiednie kwalifikacje personelu, ich relacje wynikające z organizacji przedsiębiorstwa, powiązania z innymi działami przedsiębiorstwa oraz cechy osobowości kierowników. W przedsiębiorstwach produkcyjnych typowy schemat organizacyjny wygląda w ten sposób, że pracę magazynów materiałowych nadzorują najczęściej działy zaopatrzenia, albo działy gospodarki materiałowej, a pracę magazynów wyrobów gotowych działy sprzedaży lub zbytu, przy jednoczesnej współpracy z komórką logistyki [1]. Pracownicy poszczególnych komórek muszą składać się z wykwalifikowanej kadry, posiadającej stosowną wiedzę do zajmowanego stanowiska. Brak kompetencji ze strony personelu powoduje brak nadzoru i kontroli nad zadaniami oraz wpływa na wydajność przedsiębiorstwa. Powoduje nieracjonalne wykorzystanie zasobów firmy i gospodarki magazynowej [5].

CHARAKTERYSTYKA PROBLEMATYKI ZARZĄDZANIA MAGAZYNEM

Efektywne działanie gospodarki magazynowej polega głównie na utrzymywaniu zapasów, koniecznych do realizacji zamówień poprzez optymalne wykorzystanie magazynu i przy jak najniższych kosztach. Wysoka ilość zapasów generuje wysokie koszty dla przedsiębiorstwa. Natomiast niski poziom tworzy niskie koszty utrzymywania, ale wysokie koszty ich wyczerpania. Z punktu widzenia marketingu ważne jest, aby poziom utrzymania zapasów był wystarczający w stosunku do popytu, a unikania sytuacji wyczerpania go. Z punktu widzenia finansowego dąży się do zminimalizowania kosztów przez obniżanie ich stanu. Zrównoważenie ich jest trudnym zadaniem każdego przedsiębiorstwa. Pomocnym jest klasyfikacja zapasów według celu zaspokajania potrzeb. Wyróżniamy zapasy operacyjne, które są niezbędne do regularnego zaspokajania popytu, zgodnego z realizacją zamówień, przez co poziom utrzymywania zapasów jest minimalny. Z zapasami operacyjnymi przechowywane są zapasy bezpieczeństwa. Chronią one przedsiębiorstwo przed wahaniami popytu przez co zachodzi konieczność utrzymywania ich na wyższym poziomie. Zapasy w tranzycie to te, które są w drodze od nadawcy do odbiorcy. Ostatnie to zapasy spekulacyjne. Utrzymywane są z takich powodów jak [2]:

- popyt sezonowy;
- wzrosty cen;

- niedobory produktów.

Przechowywanie zapasów ma na celu zaspokajanie popytu. Brak ich lub niedostateczna ilość powoduje straty dla przedsiębiorstwa. W przedsiębiorstwach produkcyjnych ich niedobór może doprowadzić do poważnych konsekwencji. Niezapewnienie odpowiedniej ilości surowców, półfabrykatów potrzebnych do wyprodukowania partii towaru może spowodować przestój linii produkcyjnej, a zarazem opóźnienia w realizacji zamówień klienta. Przez to przedsiębiorstwo naraża się na ogromne straty finansowe, a nawet utratę klienta. W odwrotnym przypadku, gdzie zapasy przechowywane są w nadmiernej ilości prowadzi do zamrożenia kapitału i braku pewności ich wykorzystania [6].

Zadaniem magazynu jest dostarczenie materiałów, w odpowiedniej ilości i w odpowiednim czasie, niezbędnych do procesu produkcyjnego, następnie odbiór i zmagazynowanie wyrobów gotowych we właściwej lokalizacji, na końcu przygotowanie i skompletowanie wyrobów do wysyłki. W dużych przedsiębiorstwach produkcyjnych zadania te wspierane są przez informatyczne systemy. Jednym z nich jest system klasy ERP, który pozwala na eliminowanie problemów związanych z:

- niedoborem materiałów do produkcji;
- niedostarczeniem surowców na czas;
- nadprodukcją;
- nadmiarem zapasów;
- nadmiarem składowania wyrobów gotowych.

Zastosowanie systemów informatycznych pozwala nie tylko na wspieranie przepływu materiałów w procesie produkcyjnym, ale też racjonalne sterowanie magazynem wyrobów gotowych. Integracja systemu ze zleceniami produkcyjnymi znacznie ogranicza błędy występujące przy wydawaniu materiałów, kontroluje ich faktyczne zużycie, a tym samym umożliwia rozliczenie produkcji. Ponadto śledzi partie produkcyjne z jednoczesnym opisem wydarzeń, zachodzących w procesie produkcyjnym. Zastosowanie systemu pozwala na faktyczne wykorzystanie potrzebnych surowców oraz kontrolę ich lokalizacji [4].

Przedsiębiorstwo dążąc do eliminowania marnotrawstwa musi skupić się na elementach, które tworzą wartość dodaną, a eliminować potencjalne zagrożenia w procesach. W tym celu konieczne jest zidentyfikowanie [7]:

- zbędnych ruchów magazynowych oraz produkcyjnych;
- okresu bezczynności maszyn i ludzi oraz materiałów;
- zapasów;
- nadprodukcji;
- nadmiernej rotacji.

Zakłócenia w przepływie materiałów występują w systemie składowania. Wynikają one z nieuporządkowanych procesów i konieczności przechowywania dużej ilości towarów jednocześnie. Odpowiedzialnymi za to zadanie są osoby zarządzające magazynem, które powinny w jak najlepszy sposób wykorzystać dostępne zasoby i przestrzeń magazynową. Optymalne wykorzystanie powierzchni magazynowej musi uwzględniać łatwy dostęp do zapasów, częstotliwość rotacji zapasów i uporządkowanie w rozmieszczeniu zapasów. Niewłaściwe rozmieszczenie zapasów w strefach składowania powoduje trudny dostęp, stratę czasu oraz zakłócenia w przepływie. Dlatego ważne jest umieszczanie towarów wg częstotliwości pobrań. Towary szybko rotujące umieszcza się w przestrzeni łatwo dostępnej i w najbliższym możliwym miejscu.

Materiały dostarczane na czas do produkcji pozwalają na racjonalne sterowanie przepływem materiałów, umożliwiając jednocześnie harmonogramowanie prac związanych z ich przemieszczaniem i racjonalnym wykorzystaniem czasu pracowników na magazynie. Sprawny przebieg przepływu zapewnia optymalne wykorzystanie powierzchni magazynowych, w tym powierzchni składowania wyrobów gotowych.

W magazynie wyrobów gotowych najczęściej pojawiającymi się problemami są straty jakościowe spowodowane długim czasem realizacji zamówień i błędami w kompletacji. Straty wydajnościowe powstają przy nadmiernej ilości obsługiwanych wydań i ilości realizowanych zleceń w danej jednostce czasu. Prowadzi to do wzrostu kosztów i ponoszenia strat finansowych dla przedsiębiorstwa. Rozwiązaniem jest zastosowany system informatyczny, który wspiera kompletację zamówień poprzez automatyczne planowanie i przydzielanie zadań. Pracownicy magazynu znają dokładną lokalizację wyrobu, co pozwala na umiejętną kompletację wyrobu i jego wydanie. Czas realizacji staje się krótszy, zwiększa się wydajność pracy oraz

umożliwia ograniczenie siły roboczej i nakładu środków. Zwiększa się przepływ towarów bez konieczności ponoszenia większych kosztów.

Przyjęcie materiałów na magazyn, dopuszczenie do procesu produkcyjnego i wydanie wyrobów gotowych wiąże się z kontrolą jakościową. Brak precyzyjnej kontroli ilościowej i jakościowej powoduje dopuszczenie wadliwego materiału do produkcji i często sprzedaż do finalnego klienta. Przedsiębiorca nie może pozwolić na użycie materiałów o niedostatecznej jakości. Każdy dostarczony towar i wydany wyrób musi podlegać ocenie technicznej. W niektórych przypadkach jakość towarów musi być udokumentowana poprzez certyfikaty i atesty. Brak odpowiednich wymagań technicznych i dokumentów powoduje zatrzymanie partii towaru, co wpływa na przepływ materiałów i zakłóca proces produkcyjny [3].

Uszkodzenia materiałów i wyrobów występują również podczas procesów magazynowych. Brak wykwalifikowanych pracowników, nierzetelnie wykonywanie powierzonych zadań, pośpiech czy brak koncentracji prowadzi do błędów. Najczęściej spotykanymi błędami są:

- niewłaściwe rozmieszczenie materiałów w miejscach składowych;
- uszkodzenie towaru podczas transportu wewnętrznego;
- błędne wydania materiałów do procesu produkcyjnego;
- straty czasu w procesach magazynowych;
- korygowanie zadań;
- użycie niewłaściwych urządzeń przeładunkowych;
- zakłócenia w przepływie informacji.

Wszystkie problemy pojawiające się na magazynie powinny być eliminowane natychmiast w momencie ich wykrycia. Pracownicy powinni informować o trudnościach i błędach swoich przełożonych w celu wdrożenia środków zapobiegawczych i usprawniających. Niedopuszczalnym jest fakt zatajenia jakichkolwiek pomyłek z winy pracowników. Wczesne wyeliminowanie problemów wyklucza straty i wymusza znalezienie racjonalnego rozwiązania.

PODSUMOWANIE

Unikając problemów w zarządzaniu magazynem niezbędne jest zastosowanie odpowiednich systemów informatycznych przez przedsiębiorstwa. Pozwala to na zwiększenie efektywności zarządzania gospodarką magazynową oraz wpływa na funkcjonowanie całej organizacji. Dzięki zastosowaniu odpowiednich systemów zarządzających magazynem możliwe jest planowanie zharmonizowanej produkcji, właściwe rozmieszczenie materiałów, towarów oraz weryfikacja zapasów. Optymalizacja procesów zarządzania gospodarką magazynową wiąże się ze zmniejszeniem kosztów jego utrzymania oraz zwiększeniem jakości oferowanych usług.

Odpowiednio skonfigurowany i wdrożony system jest podstawą działalności nowoczesnych przedsiębiorstw. Nie możemy zapomnieć o czynniku ludzkim, a więc o wykwalifikowanej i odpowiedzialnej kadrze pracowników, która stanowi główny warunek sprawnego funkcjonowania całości przedsiębiorstwa.

REFERENCES

1. Z. Dudziński, M. Kizyn (2002) Vademecum Gospodarki magazynowej. *Ośrodek Doradztwa I Doskonalenia Kadr Sp. z o.o.*, Gdańsk, 334-336
2. P.R Murphy, D.F Wood: (2011) Nowoczesna logistyka, Wydanie X. *Wydawnictwo Helion S.A.*, Gliwice, 196-197.
3. PN-83/N-03010 (1983) Statystyczna kontrola jakości. Losowy wybór jednostek produktu do próbk. *PKN*, Warszawa.
4. Auksztol J., Balwierz P., Chomuszek M. (2013) SAP zrozumieć system ERP. *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa.
5. Dudziński Z., Kizyn M.(2000) Poradnik magazyniera. *Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne*, Warszawa
6. Grzybowska K (2010) Gospodarka zapasami i magazynem, Część II, Zarządzanie magazynem. *Difin S.A.*, Warszawa.
7. Niemczyk A. (2007) Zapasy i magazynowanie, Tom II, Magazynowanie, Podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk. *Instytut Logistyki i Magazynowania*, Poznań
8. Praca zbiorowa (1999) Kompendium wiedzy o logistyce. *Wydawnictwo naukowe PWN*, Warszawa-Poznań.

STRESZCZENIE

LATAŁA Dawid. Analiza problemów w zarządzaniu magazynem / D. LATAŁA // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

W artykule przedstawiono problemy związane z zarządzaniem magazynu. Omówione zostały najczęstsze błędy oraz przyczyny ich występowania. Zwrócono również uwagę m. in. na czynnik ludzki jakim są pracownicy, odpowiedni poziom zapasów magazynowych oraz filozofię Just In Time. Przedstawiono zalety wprowadzenia odpowiedniego systemu informatycznego klasy ERP do zarządzania magazynem.

РЕФЕРАТ

ЛАТАЛА Давид. Анализ проблем в управлении складом / Д. ЛЕТАЛА // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглядається проблема процесу керування складом та прийняття рішень при плануванні його роботи в сучасних умовах.

Об'єкт дослідження – система керування складом і чинники, що впливають на неї.

Мета роботи – визначити і провести аналіз зовнішніх і внутрішніх чинників, що впливають на роботу складу, на його систему керування і контролю враховуючи сучасні тенденції розвитку даного виду діяльності.

Ефективна реалізація складських процесів залежить від раціонального використання логістичних систем. Правильне функціонування складу, в значній мірі, залежить від організаційної структури його управління. Це головна умова для безперебійного функціонування всього підприємства, з метою забезпечення високоякісних послуг та ефективного функціонування для потреб ринку.

Управління складом, в основному, полягає в підтримці запасів, необхідних для виконання замовлень, за рахунок оптимального використання складу і за рхунок найнижчою ціною. З точки зору маркетингу важливо, щоб рівень запасів був достатній відносно попиту. Також важливо уникати ситуацій їх вичерпання. З фінансової точки зору, процес управління спрямований на мінімізацію витрат.

У системі зберігання часто відбуваються зриви потоку товарів, матеріалів і сировини. Вони виникають внаслідок невпорядкованих процесів та необхідності одночасно зберігати велику кількість різноманітних об'єктів. Ефективний рух потоку забезпечує оптимальне використання складських приміщень, включаючи всі зони зберігання.

Для полегшення роботи складських працівників та підвищення ефективності роботи складу, застосовують програмні рішення на основі ІТ-систем. ІТ-система підтримує виконання замовлень завдяки автоматичному плануванню та присвоєнню завдань. За рахунок чого, потік товарів збільшується без необхідності посилювати витрати.

Результати дослідження можуть бути використані при аналізі ефективності роботи складів різного типу і призначення, а також як основа для розробки нових систем управління складським господарством.

Шляхами подальших досліджень є розробка схеми ІТ-системи керування і прийняття рішень, з урахуванням різних зовнішніх і внутрішніх чинників, для підвищення ефективності роботи складів і зменшення впливу людського фактору на їх роботу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМПЕТЕНТНІСТЬ, ЛОГІСТИЧНІ ПОТОКИ, ОПТИМІЗАЦІЯ, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, СКЛАД.

ABSTRACT

LATALA David. Analysis of problems in the management of the warehouse. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article deals with the problem of warehouse management and decision making while planning its work in modern conditions.

The object of research is a warehouse management system and factors which influence on it.

The purpose of the work is to identify and analyze the external and internal factors which affect the warehouse work, its management and control systems taking into account the current development trends.

Efficient implementation of warehouse processes depends on the rational use of logistics systems. The proper functioning of the warehouse depends on the organizational structure of its management. This is a prerequisite for the uninterrupted operation of the entire enterprise, in order to provide high-quality services and to function effectively for the needs of the market.

Warehouse management, basically, based on maintaining the stocks needed to execute orders, due to the optimal use of the warehouse and at the lowest price. In terms of marketing, it is important that the stock levels be sufficiently out of demand and avoid situations of exhaustion. From a financial point of view, it's management process is aimed at minimizing costs.

In the storage system, there are often failures in the flow of goods, materials and raw materials. They arise out of unordered processes and the need to simultaneously store a large number of different objects. Efficient flow of goods ensures optimum use of storage space, including all storage areas.

To facilitate the warehouse workflow and increase the efficiency of the warehouse, the software solutions based on IT systems are applied. The IT system supports the execution of orders through automatic scheduling and assignment of tasks. Due to this, the flow of goods increases without the need to increase costs.

The results of the research can be used in efficiency analysis of warehouses, as well as the basis for the development of new warehouse management systems.

The way of further research is to develop an IT control system and decision making system, taking into account various external and internal factors, to increase the efficiency of the warehouse and reduce the impact of the human factor on their work.

KEYWORDS: LOGISTIC FLOWS, OPTIMIZATION, MANAGEMENT SYSTEM, WAREHOUSE.

AUTOR:

LATAŁA Dawid, mgr inż, Politechnika Rzeszowska, Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji, d389@stud.prz.edu.pl, tel.: +48178651100, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0001-8879-1326

АВТОР:

ЛАТАЛА Давід, магістр, Жешовська Політехніка, кафедра машин та виробничої інженерії, d389@stud.prz.edu.pl, tel.: +48178651100, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0001-8879-1326

AUTHOR:

LATAŁA Dawid, MSc, Rzeszow University of Technology, department of manufacturing and production organization, d389@stud.prz.edu.pl, tel.: +48178651100, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0001-8879-1326

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Ложачевська О.М., доктор економічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Менеджмент», Київ, Україна.

ЗЕЛІНЬСКА Едита, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент, кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Lozhachevskaya O.M., Doctor of Economic Sciences, professor, National Transport University, Head of The Management department, Kyiv, Ukraine

ZIELINSKA Edyta, PhD., Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 638.7.(075.8)
UDC 638.7.(075.8)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ПІДПРИЄМСТВА АВТОСЕРВІСУ

Марков О.Д., Національний транспортний університет, Київ, Україна, markovod@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8023-3389

Савостін-Косяк Д.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна, daniel_s@ukr.net, orcid.org/0000-0002-8795-5939

EFFICIENCY OF AUTOMOTIVE SERVICE ENTERPRISE RESOURCES USE

Markov O.D., National Transport University, Kiev, Ukraine, markovod@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8023-3389

Savostin-Kosiak D.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine, daniel_s@ukr.net, orcid.org/0000-0002-8795-5939

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ АВТОСЕРВИСА

Марков О.Д., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, markovod@ukr.net, orcid.org/0000-0001-8023-3389

Савостин-Косяк Д.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, daniel_s@ukr.net, orcid.org/0000-0002-8795-5939

Постановка проблеми.

Аналіз ефективності використання ресурсів добре працюючого підприємства показав парадоксальні результати – в цілому, потужність підприємства використовувалася на 11%. Це на тлі загальної картини, в порівнянні з двадцятьма іншими підприємствами. Розрахунки були проведені виходячи з припущення, що деякі показники можуть бути досягнуті, за умови раціонального використання ресурсів підприємства. Наприклад, кабінет директора площею 24 м² використовується кілька годин в день і може тижнями не використовуватися, коли директор у відрядженні. Цех малярних робіт має два поста при загальній площі 245 м². З точки зору оренди, це звичайна ситуація. Але чи можна таким чином використовувати ресурси?

При відновленні економіки після другої світової війни, підприємства працювали в три зміни тому, що це було необхідністю. В умовах нормального функціонування економіки навряд чи такий підхід можна вважати доречним. Завдання формулюється інакше – окрім зростання економічних показників необхідно забезпечити якість трудового життя. Для цього створюються ресурси побутового призначення, які і забезпечують належні умови праці, а не використовуватися у виробничих цілях. Наприклад, зал для зборів, їдальня, кімната переговорів, кімната для клієнтів, роздягальні, тощо.

Проте є ресурси, які за прямим призначенням повинні використовуватися з максимальною ефективністю. Наприклад, підйомник, мийна установка, діагностичний стенд, фарбувальна камера ін. Це не означає використання на 100% потужності і часу, це означає, що даних ресурсів достатньо для повного задоволення запитів клієнтів. Інакше кажучи, їх пропускна здатність еквівалентна попиту. Якщо ця умова задовольняється, тоді все в порядку. Проте якщо ні, тоді потрібно шукати шляхи більш ефективного використання ресурсів, підвищувати продуктивність праці, більш раціонально організовувати роботу, встановлювати ще один стенд.

Мета дослідження – визначити основні причини низької якості автосервісних послуг та навести пропозиції щодо шляхів підвищення ефективності використання ресурсів підприємства.

Результати дослідження.

Що означає ефективне використання ресурсів? На автосервісному підприємстві ресурси створюються з певним запасом для забезпечення бездоганного обслуговування клієнтів за рахунок неповного використання потужностей. Інакше кажучи, створюється деякий рівень резервних ресурсів. Це основна ідея забезпечення задоволеності клієнта. На практиці, функціональні ресурси підприємства не завжди використовуються ефективно. Найчастіше це відбувається через недостатнє завантаження, причина якого – низький рівень організації на якості послуг. Типовою ситуацією для нормально працюючого підприємства є середньостатистична річний виробіток дорівнює 1500 нормо-

годин, при річному фонді робочого часу поста 2500 год. Багато підприємств мають завантаження на рівні 40...50%. Обумовлено це недостатньою якістю послуг і поганою організацією обслуговування. Розповсюджена проблема автосервісу – недостатній рівень завантаження потужностей.

На практиці ефективність використання ресурсів – далеко не перше питання, яке хвилює керівника. Його хвилює дохід, який він отримає від інвестицій у обладнання або інші основні фонди або дохід, який зможе забезпечити той чи інший працівник. Наприклад, інвестуючи в новий верстат для рихтування дисків 1000 доларів, власник прагне отримати в день 1000 грн. доходу, приймаючи на роботу нового механіка для чистки форсунок, він очікує добового доходу не менше 800 грн., який забезпечував його попередник. В результаті, механік, потрібно-не-потрібно, рихтує диск; потрібно-не-потрібно – вписує в замовлення-наряд регулювання кутів встановлення коліс, виконуючи установку керівництва збільшити середню вартість чека. Як наслідок – клієнт більше не з'являється. В результаті, кількість клієнтів стає менше, устаткування простоє, зарплата падає, робота не клеїться. Потрібно шукати щось нове. На новому місці все повторюється. Виникає питання: що ж робити? Спробуємо знайти на нього відповідь.

На рис. 1 приведена структура ресурсів підприємства. Перша група ресурсів – ті, які ми купуємо. Наприклад, той же верстат для рихтування дисків коліс. Для того, щоб на ньому можна було працювати, його потрібно встановити відповідно до технічних умов та вимог безпеки. Робоче місце потрібно організувати, оснастити та забезпечити матеріалами. В цьому випадку ми отримуємо функціональне робоче місце, завдання якого надавати послуги з рихтування дисків. Таким чином, ми створюємо функціональні ресурси, завдяки яким можливо виконувати роботи, які потрібні клієнтам.

Ресурси успіху на робочому місці

На цьому, як правило, закачується наша діяльність в по формуванню пропозиції. Ми створили робоче місце для ремонту автомобіля, навчили ремонтника виконувати роботу з рихтування дисків. І все! А що для клієнта? Можливо, він теж вимагає уваги і має право на неї? Відновили диск, які можуть бути питання? А питання виникають. Наприклад, чому після відновлення, симптоми несправності (биття рульового колеса) як були, так і залишилися. Може цього не слід було робити, причина в іншому?

Досвідчений ремонтник розуміє, що відновити можна ребра диска, але площа диска, яка посилена ребрами жорсткості, практично не піддається відновленню. Його краще замінити. Чому ж все таки диск відновлюється? Тому, що в центрі уваги не потреба клієнта, а вказівки та інтереси керівника. Механік показує клієнтові свої глибокі знання особливостей технології відновлення дисків і пояснюємо, що все правильно. Клієнт не сперечається, але більше не повертається на даний сервіс. Замість 1000 грн. в день підприємство втратило клієнта, а може і всіх клієнтів.

Для того, щоб клієнт залишався, потрібно працювати на нього. А для цього потрібна наступна група ресурсів – ресурси, які забезпечують успіх.

Ресурси успіху на робочому місці – це ресурси, які формує працівник на своєму робочому місці. Питання вирішується просто – ви розглядаєте конкретний випадок, як випадок на вашому автомобілі, а не автомобілі клієнта. Ви думаєте, як можна усунути несправність? Диск реально відновити не можна, потрібна Заміна. Бувають диски б/у, бувають нові. Хто клієнт? Професор, серйозна людина, грошей небагато, але статусний. Треба поцікавитись з приводу диска б/у делікатно і обережно, що б не образити. Потрібно підібрати диск, найбільш подібний за кольором і станом до решти дисків на його автомобілі. Можна запропонувати нові, виробництва кременчуцького заводу, але висловити сумніви з приводу якості. Можна запропонувати імпортовий і вказати ціну. Начебто і просте питання, а вирішити непросто. Необхідно знайти спосіб зрозуміти клієнта, задати йому навідні питання, «не бити в лоб». Продемонструвати щире бажання вирішити проблему. Завдання пошуку рішення не просте і вимагає зусиль, уваги та часу. Це ваша робота. Якщо здатні вирішити це завдання – ви приречені на успіх. Скільки рішень вам доводиться приймати протягом дня, місяця, року, багатьох років? Ваша звичка вирішувати проблеми перетворюється на ресурс, який приносить успіх. Ви не тільки ремонтуєте диски, ви працюєте заради задоволення потреби клієнта.

Ресурси, спрямовані на успіх, створюються конкретному працівником, групою працівників, майстром, приймальником, менеджером з продажу запасних частин, начальником сервісу, директором, раціоналізаторами, власником, запозичуються у інших організацій, тощо. Парадокс ресурсів успіху в тому, що по мірі їх застосування, розвитку і вдосконалення, вони не втрачають актуальності. Навпаки, вони стають більш якісними, наповненими, набувають більш значущих властивостей, піднімають роботу на новий рівень, на їх основі народжуються нові підходи, нові рішення. Якщо придбані за гроші ресурси з часом застарівають і потребують заміни, то ресурси, спрямовані на успіх, по мірі розвитку, стають все міцніше і якісніше, піднімаються на новий рівень і

стають новим досвідом, який не можливо копіювати, тому, що це ваш особисті досвід, який потрібно набути самому. В процесі створення цих ресурсів ви стаєте оригінальним фахівцем, робота приносить задоволення, ви реально знаходите успіх, ви потрібні клієнтам, повага з боку працівників підприємства і клієнтів зростає, ваші доходи ростуть. Ви можете сказати: «Я отримую задоволення, а мені за це платять!». Тепер уявіть собі ресурси, які створили всі працівники і кожен з яких став не просто механіком, а унікальним фахівцем з формування ресурсів успіху. Навіть якщо у «початкових даних» нічого не змінилося, ніхто не зможе утримати клієнтів, які прагнуть потрапити саме до вас.



Рисунок 1 – Загальна класифікаційна схема ресурсів підприємства

Figure 1 – General classification scheme of enterprise resources

Ресурси успіху майстра-приймальника

Ми почали з робочого місця. Це необхідно, але недостатньо. Ресурси, спрямовані на успіх мають бути створені на всіх рівнях підприємства, охоплювати всі аспекти його діяльності.

Розглянемо наступний рівень – приймання автомобілів і клієнтів. Перед майстром-приймальником стоїть завдання завантажити кожен з чотирьох підйомників, що закріплені за ним чотирма автомобілями в день. На СТО три майстри-приймальники, кожен з яких прагне якнайкраще завантажити потужності, відібрати кращих механіком, які краще працюють, мають більш високу кваліфікацію і які створили більше ресурсів успіху на своєму робочому місці. Майстер-приймальник також формує ресурси успіху, в якості яких можуть бути: найкраща діагностика автомобіля, краще виконання домовленостей з клієнтом, своєчасне (до початку робіт) забезпечення запасними частинами, уважне виконання домовленостей, чітке дотримання часу, вища ступінь уваги, люб'язності, демонстрація бажання допомогти і вирішити проблему. Майстер-приймальник напрацьовує власну систему ресурсів успіху, відбираючи і шліфуючи їх елементи, перетворюючи окремі елементи в систему якісної роботи з клієнтами. Згодом він набуває нової якості, його система ресурсів успіху робить його фахівцем високого класу. Він отримує можливість щодня забезпечувати повне завантаження робочих місць. Від такого майстра-приймальника нікуди не йдуть клієнти, з ним прагнуть працювати механіки, він все більше заслуговує на увагу і повагу керівництва. Нічого не змінилося, він просто навчився створювати власні ресурси успіху. До того, хто створить більше ресурсів успіху потягнуться бажуючі, він вибере серед них тих, хто на своєму робочому місці створив більш досконалі ресурси успіху. Елементарна внутрішня конкуренція веде до підвищення ефективності і якості робіт та приносить успіх.

Що, власне кажучи, змінилося? Ви просто почали працювати на клієнта. Чи складно це? Просто потрібно прийняти новий погляд на речі і дещому навчитися, здобути навички роботи з клієнтом. Майстру-приймальнику потрібно запам'ятати, що предмет його діяльності не замовлення-наряд, а клієнт та рішення його проблем.

Дві складових вирішують проблему майстра-приймальника:

1. Бажання стати фахівцем в області надання клієнтам якісних послуг, вирішення їх проблем і задоволення їх потреб;
2. Набуття знань і навичок у вирішенні цих завдань.

Після розгляду ресурсів успіху майстра-приймальника виникає потреби в розгляді ресурсів успіху майстра цеху, сервіс-менеджера, директора СТО та інших працівників. Загальні рекомендації з цих питань у статті особливої користі не принесуть, а конкретні розробки для конкретних виконавців – це робота, яка може виконуватися на замовлення підприємств на комерційній основі.

Якщо навести загальні рекомендації, то у вирішенні питання використання ресурсів успіху варто рухатись «знизу-вверх», на противагу звичній стратегії «зверху-вниз», яка формує звичку чекати, що хтось щось нам дасть згори. Це звична умова досягнення. «Зверху» мати успіх неможливо. Тільки працівник знає, що може забезпечувати його успішним. Прагнення до успіху та його реалізація створює загальну атмосферу успіху і ця атмосфера буде сприяти вашому успіху. Але успіх на вашому робочому місці – це ваші досягнення, які ніхто крім вас не створить.

Петро Рондяк, американець українського походження, голова правління компанії-автоімпортера Winer-Group Ukraine, в журналі «Новое Время» (№23, червень 2017) висловив здивування з приводу того, що до нього звертаються з питаннями: «компанія не піклується про мою кар'єру». Він сказав, що в США, кожен сам турбується про свою кар'єру, і не вимагає, щоб хтось за нього це робив. Головне завдання, це інвестиції в персонал.

Ані Білла Гейтса, ані Ілона Маска, ані Цукерберга ніхто не просував. Кожен з них сам себе «просунув». Тому не слід очікувати, що хтось прийде на ваше робоче місце і навчить вас правильно працювати з клієнтом і створить для вас ресурси успіху. Вас можуть навчити на семінарі, вам можуть допомогти літературою, он-лайн програмами, інтернет ресурсами. Вам можуть створити загальну концепцію «ресурсів успіху» і допомогти орієнтуватися в ній, але ваші «ресурси успіху» – це ваші досягнення.

Ресурси успіху підприємства

Індивідуальні ресурси успіху можуть мати результат в умовах індивідуальної діяльності. Але, як тільки ви виходите за рамки особистої роботи, ви стаєте цілком залежні від рівня загальної організації підприємства. Якщо цей рівень є недостатнім, швидше за все ваші успіхи будуть нижчими

за очікувані. Тому індивідуальні ресурси успіху слід розглядати, як складову загальних ресурсів успіху підприємства. Чому це так?

Одного разу генеральний директор авторизованого сервісу сказав мені, що коли йому потрібно прийняти рішення, він звертається до бейджа, розташованого на поясі. На цьому бейджі написані бачення компанії, її місія та цінності. Варіанти вирішення вибираються на основі порівняння результатів переваги в цьому рішенні тієї або іншої цінності, або певного аспекту місії. Рішення не приймається поза рамками цих корпоративних регламентів. Тому, працюючи у фірмі, ви є носієм її місії, цілей та цінностей. Якщо ви не поділяєте цих основоположних досягнень фірми, вам слід покинути її тому, що відхилення від вимог місії і цінностей організації означає погіршення її іміджу, а це неприпустимо.

Ресурси успіху формуються на основі найбільш загальних з них, тих, які фірма виробила протягом своєї історії. Це не просто слова, це сутність призначення підприємства. Місія – це призначення підприємства. Вона має різні формулювання, але суть її у вирішенні проблем споживачів.

Більшість джерел і наукових статей визначають призначення підприємств автосервісу як задоволення потреб споживачів. Якщо розглядати автосервісу як бізнес, то так. Але автосервіс має більш широке призначення – воно пов'язане з підтримкою працездатності автомобілів в умовах їх експлуатації протягом життєвого циклу. Якщо ця функція автосервісу не реалізується, тоді виникає питання, що власне він задовольняє? Яку соціальну функцію він несе в собі? Залежно від того, як ви сформулюєте свою місію, ви будете будувати свою політику, орієнтувати свої ресурси.

Не менш важливий ресурс успіху – корпоративна культура. З трьох різновидів управління – ієрархія, культура і ринок – визначальне значення має орієнтація персоналу на ставлення до клієнтів. Це об'єднує в собі всі складові результату, до якого включено практично всі аспекти ресурсів успіху. Корпоративна культура – це система внутрішньо фірмового управління, на основі якої формуються цінності підприємства і яка, пройшовши через нерозуміння, відхилення, невизнання, ігнорування та інші негаразди, в кінцевому підсумку, стає тим, що об'єднує людей у спільній діяльності і стає основою їх виробничих та життєвих цінностей. Сервісне середовище – основа, на якій будується найважливіший ресурс успіху – корпоративна культура. Якщо сервісна середовище не стає домінуючим ресурсом – успіх не забезпечується.

Корпоративними ресурсами успіху, які найважче реалізувати в умовах автосервісу, де основний вид діяльності пов'язаний зі складною і грубою роботою по ремонту автомобілів, є культура і сервісне середовище. Можливість автосервісу інтерпретувати замовлення в напрямку своїх комерційних інтересів також обмежує можливість створення сервісної середовища. Усунути вказані обмеження можуть ті підприємства, які мають, протягом багатьох років, стабільний колектив, робота в якому престижна і економічно вигідна, в якому є що цінувати. Підприємства, які знаходяться на шляху до такого рівня привабливості, повинні прикладати неймовірні зусилля для просування вперед тому, що крок вперед в одному напрямку може виявитися двома кроками назад в іншому.

Культура приймається і визнається тоді, коли вона є домінуючою умовою для людини, або в разі, коли йому вигідно визнавати і розділяти її.

Культура не формується швидко. Вона йде слідом за історією, матеріальним розвитком, набуттям культурних традицій, які повільно проникають у свідомість, ментальність та зовнішні прояви і, в кінцевому підсумку, стає суттю та формою поведінки.

Найважливішим ресурсом успіху є сервісне середовище. Сервісне середовище – це те, що охоплює всі сторони діяльності підприємства, результатом якого є щирий сервіс. Різниця між служінням і щирим сервісом в тому, що в першому випадку ви змушуєте себе робити, в іншому ви живете тим, що робите. Щирий сервіс – це ваша ідеологія успіху.

Висновки. Автосервіс, в основі діяльності якого лежить задоволення потреб людини, об'єктивно не може бути ефективним без внутрішніх, створених персоналом в рамках своєї діяльності, ресурсів, спрямованих на успіх. Придбані ресурси та робочі місця являються необхідною, але недостатньою умовою успіху. Вони є «гігієнічним» фактором успіху. Сам успіх створює персонал. Персонал, який розуміє потребу тих, для кого він працює і удосконалює свою роботу, для постійного покращення рівня своєї роботи та її результату. Ресурси успіху – це не окремі прояви успіху когось конкретного – це синергія успіху кожного окремо і всіх разом, це сукупність ресурсів, які не можна придбати. Їх може створити персонал. Ці ресурси не можуть бути повторені конкурентами тому, що вони створені індивідуальними зусиллями, які неможливо копіювати.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марков О.Д. Станции технического обслуживания автомобилей. / О.Д. Марков. – К. : Кондор, 2008. – 536 с.
2. Власюк Т.М. Підходи до визначення стадій життєвого циклу галузей промисловості [Електронний ресурс] / Т.М. Власюк. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/7_NND_2009/Economics/41997.doc.htm
3. Курников И.П. Развитие производственно-технической базы автомобильного транспорта. / И.П. Курников, Е.С. Кузнецов. – К.: Выща шк., 1989 – 150 с.
4. Ключков А.К. КРІ и мотивация персонала. Полный сборник практических инструментов / А.К. Ключков. – М. : Эксмо, 2010. – 160 с.
5. Панов М.М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе КРІ / М.М. Панов. – М. : Инфра-М, 2013. – 255 с.
6. Поняття і сутність системи управління підприємством [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://subject.com.ua/economic/business/39.html>
7. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, І.П. Гріцук, М. Смешек, Т.В. Волкова, М.П. Цюман. – Харків: Вид-во НТМТ, 2015. – 246 с.
8. Корпоративна культура. Сторінка Wikipedia. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Корпоративна_культура
9. Сайт мережі автосервісів «Вілгуд» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wilgood.ru>

REFERENCES

1. Markov, O.D. (2008). Stantsyy tekhnicheskoho obsluzhyvaniya avtomobylei [Car maintenance stations]. Kyiv: Kondor [in Russian].
2. Vlasjuk T.M. Pidkhydy do vyznachennia stadii zhyttievoho tsyklu haluzei promyslovosti [Approaches to the definition of the stages of the life cycle of industry]. Retrieved from http://www.rusnauka.com/7_NND_2009/Economics/41997.doc.htm [in Ukrainian].
3. Kurnikov I.P. (1989). Razvitie proizvodstvenno-tehnicheskoy bazyi avtomobilnogo transporta [Development of the industrial and technical base of road transport]. Kyiv: Hight school [in Russian]
4. Klochkov A.K. (2010). KPI i motivatsiya personala. Polnyi sbornik prakticheskikh instrumentov [KPI and staff motivation. A complete collection of practical tools]. Moskow: Eksmo [in Russian].
5. Panov M.M. (2013). Otsenka deyatel'nosti i sistema upravleniya kompaniei na osnove KPI [Evaluation of the activities and management system of the company on the basis of KPI]. Moskow: Infra-M [in Russian].
6. Poniattia i sutnist systemy upravlinnia pidpriemstvom [The concept and essence of the enterprise management system]. subject.com.ua. Retrieved <http://subject.com.ua/economic/business/39.html> [in Ukrainian].
7. Volkov, V.P., Mateichyk, V.P., Komov, P.B., Hritsuk, I.P., Smeshek, M., Volkova, T.V., Tsiuman, M.P. (2015). Intelektualni systemy monitorynhu transport [Intelligent transport monitoring systems]. Kharkiv: NTMT Pub. [in Ukrainian].
8. Korporatyvna kultura. Storinka Wikipedia [Corporate culture. Wikipedia page]. uk.wikipedia.org Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/Корпоративна_культура [in Ukrainian].
9. Sait merezhi avtoservisiv «Vilhud» [The site of the network of service centers "Vilgud"]. wilgood.ru. Retrieved from <http://wilgood.ru> [in Russian].

РЕФЕРАТ

Марков О.Д., Ефективність використання ресурсів підприємства автосервісу / О.Д. Марков, Д.О. Савостін-Косяк // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У статті розглянута одна з ключових причин незадовільної якості послуг автосервісу.

Об'єктом дослідження є процес надання послуг з ремонту і обслуговування автомобілів на спеціалізованих станціях технічного обслуговування.

Метою статті є визначення основних причин низької якості автосервісних послуг і пропозицію шляхів підвищення ефективності використання ресурсів підприємства.

Основною причиною недостатньої якості послуг автосервісу та низької ефективності використання виробничих і функціональних ресурсів підприємство є відсутність або недолік ресурсів успіху, які не можуть бути придбані, але можуть бути створені персоналом. Скільки б не було вкладено коштів в обладнання та технології, вони не можуть забезпечити успіх, оскільки поняття «успіх» передбачає створення цінностей для людини. Ці цінності може створити тільки інша людина. Поки співробітник підприємства не створить ці цінності, вони не виникнуть самі по собі. Чи не робоче місце, а людина на робочому місці створює успіх і цей успіх оцінюється і сприймається іншою людиною і, як наслідок, він повертається або не повертається до цього успіху. Створені на кожному робочому місці, і на всіх рівнях, ресурсів успіху забезпечує підйом підприємства на якісно новий рівень в тому випадку, коли вони існують не кожен самі по собі, а створюють загальну атмосферу успіху, перетворюються в нову якість, переходять на новий, більш високий рівень сприйняття. Це ресурси, які відображають кваліфікацію персоналу, його прагнення досягти успіху, відображають індивідуальне і спільне прагнення до успіху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РЕСУРСИ ПІДПРИЄМСТВА, РЕСУРСИ УСПІХУ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ, ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ.

ABSTRACT

Markov O.D., Savostin-Kosiak D.O. Efficiency of automotive service enterprise resources use. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

One of the key reasons for the unsatisfactory quality of automotive services is considered at the paper.

The process of providing vehicles' repair and maintenance services at specialized maintenance stations is the subject of research.

Determining the main causes of automotive services' low quality and developing suggestions to improve the efficiency of enterprise resources use are the goals of the paper.

The main reason for the automotive services' unsatisfactory quality and the low efficiency of the enterprise production and functional resources' use is the lack success resources which cannot be bought, but can be created by personnel. No matter how much money was invested in equipment and technology, they can't ensure success, since the concept of "success" involves the creation of values for a person. These values can only be created by another person. While an employee doesn't create these values, they will not arise on their own. Not a workplace, but a person in the workplace creates success and this success is evaluated and perceived by another person. As a result, this person returns or does not return to the success. Creation the resources of success at each workplace and at all levels ensures the company's recovery to a qualitatively new level, when they do not exist by themselves, but create a common atmosphere of success, turn into a new quality, move to a new higher level of perception. These are resources that reflect the qualifications of the staff, its desire to achieve success, reflect the individual and joint pursuit of success.

KEY WORDS: ENTERPRISE RESOURCES, RESOURCES OF SUCCESS, EFFICIENCY OF RESOURCES' USE, WAYS OF INCREASING THE EFFECTIVENESS OF AUTOMOTIVE SERVICE ENTERPRISES.

РЕФЕРАТ

Марков О.Д. Эффективность использования ресурсов предприятия автосервиса / О.Д. Марков, Д.А. Савостин-Косяк // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассмотрена одна из ключевых причин неудовлетворительного качества услуг автосервиса.

Объектом исследования является процесс предоставления услуг по ремонту и обслуживанию автомобилей на специализированных станциях технического обслуживания.

Целью статьи является определение основных причин низкого качества автосервисных услуг и предложение путей повышения эффективности использования ресурсов предприятия.

Основной причиной недостаточного качества услуг автосервиса и низкой эффективности использования производственных и функциональных ресурсов предприятие является отсутствие или недостаток ресурсов успеха, которые не могут быть приобретены, но могут быть созданы персоналом. Сколько бы не было вложено средств в оборудование и технологии, они не могут

обеспечить успех, поскольку понятие «успех» предполагает создание ценностей для человека. Эти ценности может создать только другой человек. Пока сотрудник предприятия не создаст эти ценности, они не возникнут сами по себе. Не рабочее место, а человек на рабочем месте создает успех и этот успех оценивается и воспринимается другим человеком и, как следствие, он возвращается или не возвращается к этому успеху. Создание на каждом рабочем месте, и на всех уровнях, ресурсов успеха обеспечивает подъем предприятия на качественно новый уровень в том случае, когда они существуют не каждый сами по себе, а создают общую атмосферу успеха, превращаются в новое качество, переходят на новый, более высокий уровень восприятия. Это ресурсы, которые отражают квалификацию персонала, его стремление достичь успеха, отражают индивидуальное и совместное стремление к успеху.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: РЕСУРСЫ ПРЕДПРИЯТИЯ, РЕСУРСЫ УСПЕХА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ, ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОСЕРВИСА.

АВТОРИ:

Марков Олег Давидович, к.т.н., доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Технічна експлуатація автомобілів та автосервіс», e-mail: markovod@ukr.net, тел. +380442805621, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 410, orcid.org/0000-0001-8023-3389.

Савостін-Косяк Данило Олександрович, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Технічна експлуатація автомобілів та автосервіс», e-mail: daniel_s@ukr.net, тел. +380442805621, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 406, orcid.org/0000-0002-8795-5939.

AUTHORS:

Markov Oleg D., PhD, associate professor, National Transport University, associate professor of the Department of Technical operation of cars and car services, e-mail: markovod@ukr.net, tel. +380442805621, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 410, orcid.org/0000-0001-8023-3389.

Savostin-Kosiak Danylo O., National Transport University, assistant lecturer of the Department of Technical operation of cars and car services, e-mail: daniel_s@ukr.net, tel. +380442805621, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka str. 1, of. 406, orcid.org/0000-0002-8795-5939.

АВТОРЫ:

Марков Олег Давыдович, к.т.н., доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис», e-mail: markovod@ukr.net, тел. +380442805621, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 410, orcid.org/0000-0001-8023-3389.

Савостин-Косяк Данил Александрович, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей и автосервис», e-mail: daniel_s@ukr.net, тел.: +380442805621, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 406, orcid.org/0000-0002-8795-5939.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

Біліченко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінниця, Україна.

REVIEWER:

Sakhno V.P., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, Head of the automobile department, Kyiv, Ukraine.

Bilichenko V.V. Doctor of Technical Science, professor, Vinnytsia National Technical University, Head of the vehicles and transport management department, Vinnitsa, Ukraine.

УДК 656.13+621.43+681.518
UDC 656.13+621.43+681.518

ОСОБЛИВОСТІ ПРОБЛЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТІ

Матейчик В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, wmate@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарець М.В., кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна, volodarets.nikita@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Д.В., Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна, dasha10021991@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3417-8766

FEATURES PROBLEMS OF REMOTE EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION COMPLEX SYSTEMS IN TRANSPORT

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, wmate@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Volodarets M.V., Ph.D. of Technical Sciences, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, volodarets.nikita@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Kurnosenko D.V., Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, dasha10021991@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3417-8766

ОСОБЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТЕ

Матейчик В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, wmate@ukr.net, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарец Н.В., кандидат технических наук, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков, Украина, volodarets.nikita@yandex.ru, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Д.В., Херсонская государственная морская академия, Херсон, Украина, dasha10021991@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3417-8766

Вступ. Застосування сучасних систем моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану складних технічних систем (СТС) є необхідним для забезпечення високих економічних показників, а також показників надійності і екологічності.

Взагалі поняття «Моніторинг» дуже пов'язано з поняттям «Технічне діагностування» [1], в рамках якого вирішуються наступні задачі: визначення технічного стану транспортного засобу (справний – несправний, працездатний – непрацездатний, правильно функціонує – неправильно функціонує); локалізація місця відмови (с точністю до типу обладнання, вузла, деталі); прогнозування працездатності. При цьому всі ці задачі систем діагностування є задачами системи моніторингу, який відрізняється від діагностування наявністю часових характеристик процесів і тим, що він передбачає одночасний контроль всіх транспортних засобів, а діагностування стосується зазвичай конкретного об'єкту.

Технічне діагностування і моніторинг стануть більш ефективними, якщо вони будуть здатні заздалегідь передбачати виникнення відмови елементів СТС. Тому сучасне дистанційне оцінювання технічного стану СТС на транспорті забезпечує підвищення надійності систем, а введення в експлуатацію транспортних засобів систем діагностування і моніторингу дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування і ремонт, а також скоротити витрати енергоресурсів.

Аналіз останніх досліджень. Значний вклад у розвиток дистанційного оцінювання технічного стану СТС на різних видах транспорту внесли наступні вітчизняні і закордонні вчені: П.П. Акімов, Б.П. Башуров, Р. Блілей, І.В. Возницький, В.В. Вичужанін, К.Л. Гаврилов, Д. Гібсон, М.Я. Говорущенко, В.М. Горбов, О.В. Горський, Г.В. Єгоров, В.І. Зорин, Ю.М. Іншов, І.П. Ісаєв, О.С. Космодамианський, С.М. Кузнецов, В.В. Маслов, О.М. Назаров, О.В. Плакс, С.В. Покровский, Ю.П. Попов, Н. Родді, Є.Н. Розенберг, І.Н. Розенберг, У. Рокош, В.І. Самсонов, В.Т. Стрельников, Е.Д. Тартаковський, В.П. Топалов, Е. Хедланд, Е. Дж. Хенлі, В.О. Четвергов, І.Б. Шубінський та інші. В цьому напрямку проведено багато досліджень, проте є низка невирішених задач, що пов'язано із наступним:

- необхідністю врахування залежності ефективності експлуатації систем від багатьох факторів, які визначаються високою складністю і різноманітністю елементів систем і підсистем, які їх обслуговують і взаємодіють із ними,
- великою кількістю інформації під час діагностування і прогнозування технічного стану систем, при цьому необхідно враховувати низку параметрів, іноді неоптимальних та імовірнісних або взагалі невизначених.

Постановка задачі. Для вирішення задач, пов'язаних із дистанційним оцінюванням технічного стану СТС на транспорті, доцільним є вивчення досвіду його реалізації на різних видах транспорту.

Основний матеріал.

Наявність своєчасної, повної та достовірної інформації за оцінками ризику відмов систем є визначальним фактором надійності СТС. Така інформація може формуватися системою менеджменту якості проектування і експлуатації СТС відповідно до стандарту ISO 9001:2015 [2], що передбачає заходи щодо забезпечення надійності СТС за умови розвитку комунікацій та вміння управління інформацією. Своєчасне і регулярне надходження інформації про стан обладнання СТС дозволяє обслуговуючому персоналу відстежувати аварійні ситуації, виявляти причини відмов і виробляти заходи, спрямовані на підвищення надійності СТС [3].

Розглянемо детально досвід реалізації систем дистанційного оцінювання технічного стану СТС на різних видах транспорту.

На залізничному транспорті накоплений великий досвід реалізації систем моніторингу технічного стану локомотивів. Найбільш досвідченою в цьому напрямку є компанія із США General Electric Transportation (GE) [4]. В ній створено комплексну систему моніторингу технічного стану тепловозів із ситуаційним Центром моніторингу, який знаходиться на території заводу-виготівника локомотивів GE в місті Ері, що знаходиться у США, штаті Пенсильванія. На рис.1 наведено технологію моніторингу тепловозів компанії GE.

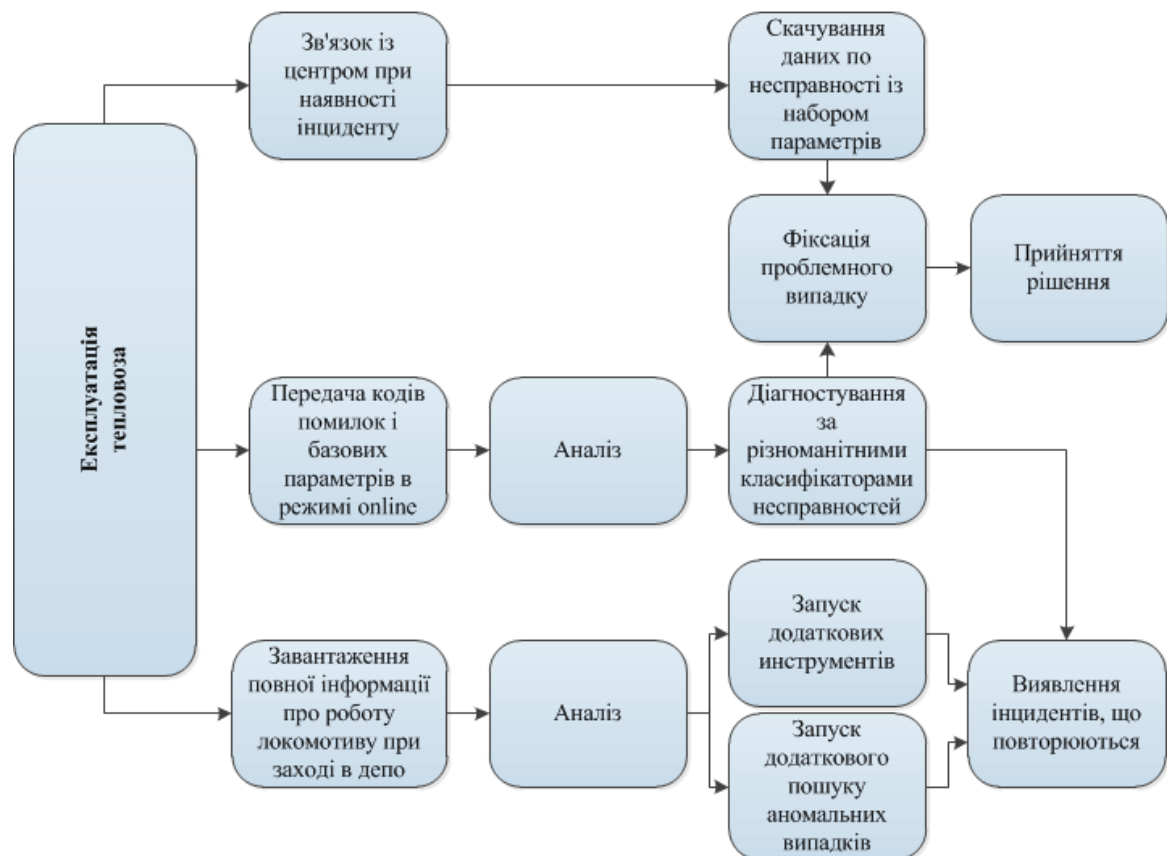


Рисунок 1 – Схема моніторингу тепловозів компанії General Electric (GE)
Figure 1 – Scheme for the monitoring of diesel locomotives in General Electric (GE)

Під час експлуатації тепловозів бортовою мікропроцесорною системою керування Bright Star безперервно виконується аналіз 250 параметрів локомотиву. При виявленні інциденту формується код відповідної помилки. Один раз за секунду інформація передається через радіоканал на сервер. Кількість кодів проявів відмов перевищує 6000 і постійно поповнюється. Під час надходження

повідомлення з тепловозу код виводиться на екран одного з вільних спеціалістів (диспетчерів) Центру Моніторингу для подальшого аналізу і прийняття рішення за готовими рекомендаціями, що формуються протягом накопичення досвіду. При заході локомотиву в депо і зчитуванні додаткової діагностичної інформації є можливість аналізу даних на стаціонарному комп’ютері. Система постійно удосконалюється. На рис. 2 наведено складові частини центру моніторингу GE. За даними компанії GE її система моніторингу дозволяє скоротити: на 50% повторні ремонти, на 23% час непродуктивного простою, на 25% час пошуку несправності.



Рисунок 2 – Структура центру моніторингу GE
Figure 2 – The structure of the GE Monitoring Center

Подібна система моніторингу компанії Bombardier Transportation (Services) реалізована і на пасажирських електровозах серії ЕП10 [5].

Система СВЛТР [6] розроблена компанією НВО «ТрансІнфоПроект» для моніторингу технічного стану та дислокації електровозів серій 2EC6 і 2EC10 і дозволяє проводити обмін даними з тяговим рухомим складом в режимі online, для чого використовуються стільникові мережі стандарту GSM, а для визначення місця розташування використовуються системи супутникової навігації ГЛОНАСС/GPS. З борту локомотива отримують лише коди помилок – додаткову інформацію про інцидент отримують при заході електровоза в депо: з бортової системи зчитують діагностичні дані і за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення розшифровують на стаціонарному комп’ютері.

Розроблена і впроваджується автоматизована система контролю параметрів роботи тепловозів і обліку дизельного палива (АСК) [7], яка призначена для вимірювання і реєстрації в автоматичному режимі на борту локомотива основних параметрів, що характеризують режим і економічність роботи силової установки, передачі цих даних по бездротовому каналу зв'язку на сервер автоматизованої системи моніторингу роботи тепловозів (АС МРТ). Аналогічна система дистанційного збору діагностичних даних для електровозів представлена в [8].

Отже, з наведено огляду виходить, що на залізничному транспорті світовою тенденцією є створення систем моніторингу технічного стану локомотивів з використанням даних інформаційних систем, датчиків дислокації локомотивів і даних бортових апаратно-програмних комплексів.

Щодо суднових СТС, то для них моніторинг технічного стану не завжди можливо реалізувати через обмежений простір і високу вартість відповідного обладнання. Впровадження системи дистанційного моніторингу, діагностики і прогнозування (ДМДП) технічного стану СТС є одним із способів вирішення даної проблеми. Взагалі у [9] зазначено, що використання систем моніторингу і діагностики має враховувати наступну специфіку суднових СТС: різноманітність обладнання щодо використовуваних фізичних принципів (механічні, електромеханічні, гідравлічні, електронні тощо) ускладнює розробку універсальних методів ДМДП; різноманітність конструкцій обладнання вимагає побудови програми діагностування СТС з урахуванням конструкцій пристроїв, що ускладнює

розробку універсальних методів ДМДП; наявність як дискретних, так і безперервних об'єктів визначає різні підходи при вирішенні задач діагностування; різноманітність в структурі обладнання (одноканальні і багатоканальні СТС), різний рівень надійності устаткування ускладнює організацію процесу діагностування; різні режими роботи устаткування на судах (тривалий і короткочасний режими); високий ступінь автоматизації технологічних процесів: А1, А2, А3. Необхідно одночасне автоматизоване діагностування судових об'єктів і діагностування засобів автоматики; обмежені можливості відновлення судового устаткування через недостатню кількість і, найчастіше, невисокої кваліфікації обслуговуючого персоналу і обмеженого обсягу запасних деталей; різноманітність умов діагностування обладнання визначає місце розташування засобів діагностування (не завжди ідеальне).

Технології ДМДП оцінки технічного стану об'єктів транспортного призначення використовуються, наприклад фірмами: "General Electric" (США), "Mitsubishi" (Японія), "Siemens" (Німеччина), "Alstom" (Швейцарія) [10]. Системи ДМДП характеризуються єдиною типовою структурою, до якої можна віднести наступні елементи: пристрої збору інформації, комутатор, передатчик, мережу передачі даних, приймач, центр управління, контроль і аналіз інформації, сховище даних. Для забезпечення при ДМДП стійкого зв'язку з наземними службами відповідно до Регламенту радіозв'язку використовуються встановлені на морських і річкових судах системи передачі даних на базі рухомий, фіксованою або радіомовної супутникової зв'язку, наприклад ИНМАРСАТ (стандарти С, М, Fleet, BGAN), Iridium, Globalstar, Orbcomm тощо. Бортові комплекси ДМДП на судні пов'язані з автоматизованим робочим місцем (АРМ), через локальні мережі, мережі ПСС або через наземну стаціонарну станцію мережею Інтернет. Система ПСС дозволяє в реальному часі обмінюватися інформацією між бортовими комплексами і диспетчером на березі відповідно до структурної схеми (рис. 3 [11]). Кожен бортовий комплекс містить взаємопов'язані між собою за інтерфейсом блоки, призначені для передачі інформації в центр діагностики. Мобільна частина - це комплекс судового устаткування і програмного забезпечення, що складається з обладнання АРМ капітана судна. Стаціонарна частина розташовується в диспетчерському центрі і пов'язана з мобільною за допомогою супутникової системи передачі даних.

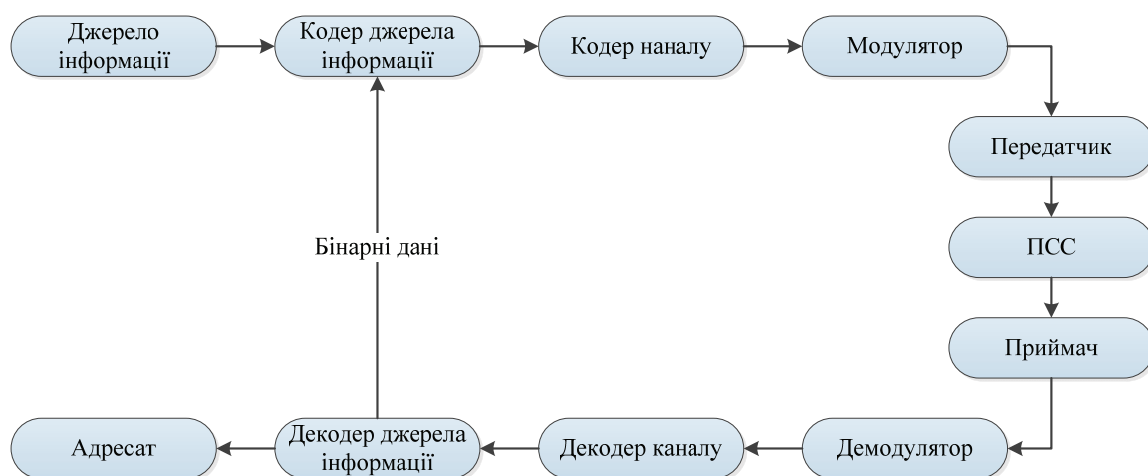


Рисунок 3 – Узагальнена структурна схема системи ДМДП судовими СТС [11]

Figure 3 – Generalized scheme of the DMDP system by ship STS

Комп'ютерні мережі, які використовуються в системах ДМДП, мають різноманітні можливості. Так, інтегрована комп'ютерна мережа балкера «EDELWEISS» дозволяє забезпечити моніторинг: параметрів головного двигуна; параметрів допоміжного котла; параметрів допоміжних дизелів електростанції; електричні параметри поточного стану генераторів; контроль рівнів палива, мастила, води в паливних, витратних, водяних танках і танках питної води; контроль різних напруг судової мережі, а також стану напруги судових акумуляторних батарей; контроль роботи механізмів, що забезпечують роботу головного двигуна (паливних, масляних та водяних насосів, турбіни тощо).

Контрольно-діагностичний комплекс "Портал-Дон-02" – це система ДМДП технічних станів судових СТС, яка комплектується центральним контролером «Портал», панеллю оператора "Портал", антеною приймача сигналів GPS / ГЛОНАСС, антеною GSM-зв'язку та ін.

Інтегрована система моніторингу та управління судами [12] є однією з використовуваних систем ДМДП судовими СТС. В ній дані, що відповідають поточному стану систем, передаються

від судна на віддалений стаціонарний пункт, команди від якого приймаються для управління СТС. Недоліки системи полягають в тому, що не передбачена можливість фрагментарного зчитування вмісту «чорного ящика», в якому зберігаються зібрані дані від різних пристроїв контролю параметрів СТС з боку пунктів моніторингу по каналах супутникового зв'язку, а також не виділено приймач глобальної навігаційної супутникової системи (GPS) в якості основного компонента моніторингу.

Системи ДМДП суднових СТС мають ряд загальних недоліків [11]: відсутні прогнозуючі тренди технічного стану систем; не визначаються інтервали зчитування параметрів, що відображають технічний стан систем; відсутня можливість автоматичного вибору оптимального режиму роботи СТС в залежності від їх стану для збільшення енергетичного ресурсу, підвищення ефективності експлуатації систем.

Розглянемо системи дистанційного оцінювання параметрів СТС, що використовуються на автомобільному транспорті.

У системі автомобільних гонок «Формула-1» електроніка контролює більше тисячі параметрів, інформація про які з телематичного блоку по каналу 3G передається в службу сервісу. У процесі гонок збір даних і передача їх в «бокси сервісу» здійснюється протягом мілісекунд. Інформація з боксів направляється в штаб-квартиру команд на суперкомп'ютер обчислювального центру. Передача інформації здійснюється за допомогою високочастотних ліній або Wi-Fi. Поза гонками інформація обсягом 80 байт через кожні 30 с. формується в пакет телематичного блоку, який потім відсилається ремонтникам з 20-ти хвилинною періодичністю [13].

Компанія Pagani з 2004 р. установлює на кожний свій автомобіль Zonda систему дистанційної діагностики TMD, розроблену італійською фірмою TEXA. Система TMD (TEXA Mobile Diagnostics) збирає дані, що поставляються бортовою системою діагностики від кожної одиниці Zonda, і за допомогою зв'язку GPRS направляє їх на завод у м. Модена, що дозволяє автовиробникові Pagani контролювати кожну одиницю Zonda, не залишаючи заводу [13]. Система діагностики TMD – це спеціальний прилад NANO, який підключається до діагностичного роз'єму в автомобілі. Він декодує інформацію, тобто переводить дані в зрозумілу людині форму й по GPRS подає їх на смартфон водія. У результаті, за допомогою TMD-NANO, за тисячі кілометрів від сервісу, під його пильним контролем, визначаються параметри двигуна, коробки передач і допоміжного устаткування кожної одиниці Zonda.

Виробники причіпної техніки також оснащують її телематичними системами (навігаторами-приймачами). Особливо виділяється тут фірма Schmitz Cargobull зі своєю системою Trailerconnect. Телематику пропонує клієнтам її дочірнє підприємство - Cargobull Telematics. Система дає уявлення про стан автопарку й інформує у випадку перевищення досліджуваного параметру, даючи можливість своєчасного втручання. Телематичний навігатор-приймач, установлюється на трейлері й підходить для будь-яких типів причепів. З урахуванням вимоги клієнтів до нього можна підключити різні датчики. Підключивши різні агрегати (наприклад, систему EBS, акумуляторну батарею холодильного агрегату й самописець температури), можна зчитувати технічні дані й передавати їх у систему телематики. Сервіс, водії, експедитори й клієнти можуть спостерігати за РС і аналізувати дані за допомогою захищеного паролем доступу [14].

Системи «Формула-1», TMD-NANO, Trailerconnect є прикладами організації технічної експлуатації автомобіля (TEA) «зверху», тобто від автовиробника, що сьогодні стримує широке впровадження TEA-АСУ на АТЗК.

Прикладом галузевого підходу «знизу» є організація TEA на основі транспортно-інформаційної системи Dynafleet, що обслуговує автомобілі Volvo [14, 15]. Система Dynafleet забезпечує установку «телематичних блоків» - навігаторів-приймачів абсолютно на весь РС, де є місце (точка) приєднання (шлюз) типу FMS (Fleet Management gateway), що дозволяє одержати з CAN BUS/FMS інтерфейсу: круїз-контроль; положення дросельної заслінки; включення гальмової системи; сповільнення (ретардер); частоту обертання колінчастого вала двигуна; швидкість; пробіг; витрату палива; сервісні інтервали (пробіги між ТО) тощо. Недоліком системи моніторингу типу Dynafleet є відсутність оцінки спектра сучасних умов експлуатації і екологічного впливу ТЗ на дорожнє середовище, що згідно з теоретичними положеннями TEA є неприпустимим в організації моніторингу екологічних параметрів ТЗ та керуванні працездатністю РС і забезпеченні його надійності.

Система «ХНАДУ ТЕСА» [16] забезпечує безперервний моніторинг РС при невеликих експлуатаційних витратах за рахунок використання сучасних технологій мобільного бездротового зв'язку і професійного навігаційно-зв'язного обладнання. Система являє собою апаратно-програмний комплекс (телематична платформа), який побудований на технології «клієнт-сервер» із застосуванням Web-технологій, а його складовими є: телематичний сервер; ПЗ телематичного сервера BN-Complex™; ПС телематичного сервера; базове ПЗ «Virtual mechanic», «Service Fuel Eco «NTU-HADI - 12»» робочого місця диспетчера; абонентські термінали (навігатори-приймачі РС). Серед особливостей «ХНАДУ ТЕСА» можна виділити наступні: безперервний автоматичний контроль процесу руху РС з оцінкою умов експлуатації, часу проходження маршрутів і відповідності графікам роботи, відображення місцерозташування і маршрутів КЕ в режимі реального часу на електронних картах; безперервний автоматичний контроль параметрів технічного стану РС і параметрів виконання режиму проведення дій ТО і Р з оцінкою рівня надійності РС і ефективності ТЕ; висока оперативність доставки повідомлень; повна конфіденційність даних, що обробляються системою, і відомостей, що отримуються від системи; можливість інтеграції з інформаційними системами МАТП; можливість підключення, виконаних на замовлення клієнта, спеціальних модулів ПЗ для вирішення супутніх завдань; низька вартість обладнання; мінімальні витрати при експлуатації системи.

Система GM OnStar створена як опція для автомобілів Cadillac, з метою забезпечення безпеки автомобілів GM і інформаційного обслуговування водіїв. Поєднуючи стільниковий зв'язок, дорожню допомогу, надзвичайне обслуговування й просту дистанційну діагностику, засновану на DTCs [16, 17], система OnStar забезпечує власникові машини досить повний сервіс, який включає: функції дистанційної діагностики; виклик при необхідності найближчих аварійних служб або постачальника сервісу GM; консультації водія при незначному ДТП; допомога в пошуку викраденого автомобіля; допомога в пошуку оптимального маршруту руху; інші послуги технічного й інформаційного характеру. Власнику ТЗ, зареєстрованому в OnStar Business Vehicle Manager, автоматично за електронною поштою надсилається звіт про виконаний пробіг і залишковий ресурс оливи в системі мащення двигуна. У звіт можуть включатися також дані про роботу двигуна, подушок безпеки, гальм, електросистем.

Система моніторингу машин Caterpillar використовує пристрої Product Link, які забезпечують двосторонній обмін інформацією між вбудованими системами спеціальної дорожньої техніки (СДТ) або ТЗ і комп'ютером власника СДТ (ТЗ) через інтернет-портал Dealer Storefront [17]. Повідомлення надходять від СДТ через супутники зв'язку в центр керування OrbComm (супутниковий сервіс-провайдер, що володіє мережею з 33 супутників), звідки поставляються в штаб Caterpillar і згодом використовуються для відновлення файлів використання СДТ на серверах бази даних дилера й клієнта. Власники СДТ, які встановили засоби Product Link (модулі PL-121SR і PL-321SR), можуть вибрати наступні варіанти додатка EquipmentManager: спостереження за використанням СДТ (опція Asset Watch); спостереження за обслуговуванням (опція Maintenance Watch); спостереження за технічним станом СДТ (опція Health Watch). Подібні телематичні системи моніторингу застосовують і інші виготовлювачі ТЗ і СДТ, наприклад John Deere, Volvo тощо [16].

У схемне рішення інтегрованої ДЛН-системи (США) [16, 17] входять наступні елементи: бездротовий зв'язок, уповноважений користувач сервіс-центра, сервіс-центр дистанційного діагностування, центр обслуговування й ремонту, виробник автомобіля, мобільний надзвичайний сервіс. Крім зазначених блоків логічна структура системи включає такі елементи, як спеціальні протиаварійні процедури, порятунок після аварії, лікарні й системи контролю здоров'я водія, поліцейський департамент, служби моніторингу нещасних випадків тощо. ТЗ обладнується телематичними пристроями, які забезпечують зчитування кодів несправностей і даних від датчиків, пов'язаних з ТО і Р. Бортові модулі діагностики несправностей і програм обслуговування автомобіля можуть або працювати автономно, або взаємодіяти з віддаленим ДЛН-сервіс-центром (Remote Diagnosis and Maintenance Center) для передачі кодів помилок і відповідної інформації з датчиків. Комунікації між ТЗ і структурними елементами системи моніторингу здійснюються через двосторонні модулі зв'язку. Лінії зв'язку між ТЗ і сервіс-центром (або уповноваженим радником) забезпечують доступ до електронного блоку керування ECU транспортного засобу й можливість зчитувати параметри роботи й коди помилок для аналізу. Голосові лінії комунікації з оператором ТЗ, використовуються в екстрених випадках. Засоби, встановлені в ДЛН-сервіс-центрі, взаємодіють із

телематичними модулями ТЗ. Радник сервіс-центру може управляти будь-якими модулями ТЗ у реальному часі, включаючи дистанційний контроль показів датчиків системи пошуку несправностей. Він вживає заходів щодо організації обслуговування або ремонту й повідомляє водія про серйозність несправностей. Інформація базується на ідентифікаційному номері ТЗ (VIN-код). У зв'язку з тим, що необхідні технічні обслуговування і ремонти повинні встановлюватись від імені власника ТЗ, то сервіс-центр координує свою роботу через надзвичайного посередника з уповноваженим радником, який керує програмою обслуговування й відповідає за взаємодію з водієм.

Проект мобільної й спільної діяльності європейських мереж надзвичайної допомоги ТЗ – інтегрована система Myscarevent (ЕС) [16, 17] – спрямований на розвиток конкуренції в сфері автосервісу й виходить із припущення, що бортова діагностична система OBD не завжди точно визначає можливі причини відмов автомобіля й тому потрібна додаткова інформація, у тому числі консультації експертів. Даний проект передбачає кооперацію різних учасників автосервісу: виробників автомобілів, незалежних і авторизованих підприємств із ТО і Р ТЗ, а також підприємств при шляхового сервісу. Основу інфраструктури системи становить сервіс-портал (Myscarevent Service Portal), як база знань, і основне сховище різної документації ТЗ. Сервіс-портал передбачає ідентифікацію ТЗ (за реєстраційним номером або за VIN-кодом) і потім його дистанційне діагностування, а також доступ до необхідної ремонтної інформації й експертної системи. Для обробки інформації про складні відмови забезпечується доступ до баз даних заводу-виготовлювача, а також багаторівневий доступ до ремонтної документації в режимі он-лайн. Передбачається, що після успішних випробувань її в автопромисловості будуть введені стандарти для уніфікації мобільних додатків, що використовують зовнішні й бортові діагностичні системи.

Інтегрована система MRLN (США) [16, 17] використовується для військових транспортних засобів, наприклад система дистанційної мережевої логістики MRLN випробовувалася в 2005 р. у реальних умовах експлуатації для колісних транспортерів Stryker сухопутних військ США. MRLN використовує можливості інтерактивних електронних технічних керівництв IETM (Interactive Electronic Technical Manuals) і електронної експлуатаційної системи EMS (Electronic Maintenance System), які прийняті в збройних силах США. Це дозволяє дистанційно зв'язуватись з модулями електронного керування й вбудованими датчиками ТЗ. Результати випробувань даного проекту показали, що автоматизація процесу експлуатації за допомогою MRLN здатна підвищити ефективність використання транспортних засобів, тому що підвищується рівень працездатності парку машин, оскільки підтримується прогнозує обслуговування й ТО на основі стану ТЗ; контроль у реальному часі стану ТЗ запобігає катастрофічним і дорогим відмовам, у результаті негайного виявлення критичних ознак; забезпечуються більш ефективна експлуатаційна підтримка ТЗ й попереджуюча логістика; долається дефіцит кваліфікованих механіків і експертів, оскільки в центрі керування зосереджуються механіки, досвідчені в необхідних областях обслуговування машини.

Незважаючи на стрімке поширення телематичних продуктів і сервісів, ряд факторів обмежує проникнення на ринок інтегрованих ДЛН-систем і систем моніторингу стану ТЗ [15-17], а саме: недостатнє розуміння можливостей ДЛН власниками ТЗ і керівництвом підприємств ТО і Р, позначається на розробці програм сервісу. При цьому користувачі ТЗ краще розуміють свої можливі вигоди від застосування систем ДЛН для корекції режимів ТО і Р та моніторингу стану машин. Розвитку ДЛН для ТЗ перешкоджають висока вартість цих систем і проблеми створення відповідних центрів ТО і Р, що працюють в одному комплексі, а також конфіденційність інформації

Подальший розвиток систем дистанційної оцінки технічної експлуатації СТС у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів здійснюється в основному в таких напрямках: розвиток систем з відкритою модульною архітектурою моніторингу; розробка й застосування більш ефективних алгоритмів діагностики; розвиток алгоритмів, що застосовуються у бортових блоках керування ECU, для більш точної оцінки стану ТЗ, діагностики несправностей у реальному часі й одержання більш повної й точної інформації про причини несправностей.

Висновки. Виконано аналіз систем дистанційної оцінки технічної експлуатації складних технічних систем, які використовуються на транспорті, а саме на залізничному, морському та автомобільному транспорті. Проаналізовані їх основні недоліки і перспективи використання, а також наведено напрямки їх подальшого розвитку. Виконаний аналіз може бути корисним для розробки і формування універсальної системи моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану СТС на транспорті з можливістю їх адаптації до умов експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – Издательство стандартов, 1989. – 9 с.
2. Международный стандарт ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-fdis.pdf>. – Загл. с экрана.
3. Machinery Planned Maintenance and Condition Monitoring/ Lloyd's Register, Ship Right, 2004. – 354p.
4. Пат. WO2001031450A1. Apparatus and Method for Performance and Fault Analysis / Hedlund E., Roddy N., Gibson D., Bliley R. (США: General Electric Company) - №2000/029439; заявл. 28.10.1999; опубл. 03.05.2001. – 58 с.
5. Покровский, С.В. Система управления и диагностики электровоза ЭП10 / Под редакцией д.т.н. С.В.Покровского. – М.: Интекст, 2009 – 356 с.
6. СВЛТР. Система мониторинга дислокации и технического состояния электровозов 2ЭС6 и 2ЭС10 (Синара) [Электронный ресурс]. Официальный сайт ТрансИнфоПроект: – Режим доступа: <http://www.trans-ip.ru/svltr.html>. – Загл. с экрана.
7. Бабков Ю.В. Прямой и косвенный способы определения уровня энергетической эффективности тепловозов / Ю.В. Бабков, Ю.И. Клименко, В.А. Перминов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 3. – С.55-60.
8. Дистанционный контроль технического состояния электровозов НЭВЗ [Электронный ресурс]. – Новочеркасск: Официальный сайт ЗАО «Локомотивные электронные системы» – Режим доступа: <http://zaoles.ru/>. – Загл. с экрана.
9. Lamaris V.T. A general purpose diagnostic technique for marine diesel engines – Application on the main propulsion and auxiliary diesel units of a marine vessel / V. T. Lamaris, D. T. Hountalas // Energy Conversion and Management, 2010. – 51 (4). – pp. 740-753.
10. Доронін В.В. Радіонавігаційні прилади та системи: посібник для вищих морських навчальних закладів / В.В. Доронін // – Київ : КДАВТ, 2007. – 472 с.
11. Шибаева Н.О. Метод структурной оптимизации характеристик системы дистанционного мониторинга и диагностики судовых сложных технических систем / Н.О. Шибаева, В.В. Вычужанин // Вісник Одеського національного морського університету : сб. статей. – Одесса, 2016. – Вып. 1(47) – С. 69-81.
12. Пат. US 2009/0187297 A1, G 06 F 17/00. Integrated Vessel Monitoring and Control System / Kish L., McBryde L. (США) – № 12/016,110; заявл. 17.01.2008; опубл. 23.07.2009. – 14 с.
13. Сервис онлайн. // Журнал CHIP. - №8. - 2013. – С.34-37
14. Функционал телематических систем на примере Volvo [Электронный ресурс] // АВТОСТРАДА – последние автомобильные новости. – Режим доступа: <http://avtostrada.info/funkcional-telematicheskix-sistem-na-primere-volvo.html>. – Загл. с экрана.
15. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., и др; под. ред. Волкова В.П. –Донецк: Ноулидж, 2013. – 400 с.
16. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. Комов, І. В. Грицук, А. П. Комов, Ю. В. Волков // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. – 2014. – Вип. 13(1). – С. 125-137.
17. Головин С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования: Учебное пособие. – М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2008. – 288с.

REFERENCES

1. GOST 20911-89. Tekhnicheskaya diagnostika. Terminy i opredeleniya [State Standard 20911-89. Technical diagnostics. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 1989, 9 p.
2. Mezhdunarodnyy standart ISO 9001:2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Trebovaniya (International standard ISO 9001: 2015. Quality management system. Requirements). Available at:

- <http://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-fdis.pdf> (Accessed 27 November 2017).
3. "Machinery Planned Maintenance and Condition Monitoring". Lloyd's Register, Ship Right. 2004, 354p.
 4. Hedlund E., Roddy N., Gibson D., Bliley R. Apparatus and Method for Performance and Fault Analysis. Patent USA, no. 01/31450, 2001.
 5. Pokrovsky, S.V. Sistema upravleniya i diagnostiki elektrovoza EP10 [Electric locomotive control and diagnostics system EP10]. Moscow, Intext Publ., 2009. 356 p.
 6. SILTR. Sistema monitoringa dislokatsii i tekhnicheskogo sostoyaniya elektrovozov 2ES6 i 2ES10 (Sinara) (COLTR. System for monitoring the dislocation and technical condition of electric locomotives 2ES6 and 2ES10 (Sinara)). The official site of TransInfoProject. Available at: <http://www.trans-ip.ru/svltr.html> (Accessed 27 November 2017).
 7. Babkov Yu.V., Klimenko Yu.I., Perminov V.A. Pryamoy i kosvennyy sposoby opredeleniya urovnya energeticheskoy effektivnosti teplovozov (Direct and indirect ways of determining the level of energy efficiency of locomotives). Zheleznodorozhnyy transport - Railway Transport, 2015, no. 3, pp.55-60.
 8. Dstantsionnyy kontrol tekhnicheskogo sostoyaniya elektrovozov NEVZ (Remote monitoring of the technical condition of electric locomotives NEVZ). Novocherkassk: Official site of JSC "Locomotive electronic systems". Available at: <http://zaoles.ru/> (Accessed 27 November 2017).
 9. Lamaris V. T. "A general purpose diagnostic technique for marine diesel engines –Application on the main propulsion and auxiliary diesel units of a marine vessel". Energy Conversion and Management, 2010, no 51 (4), pp. 740-753.
 10. Doronin V.V. Radionavigatsiyni priladi ta sistemi [Radionavigation devices and systems: a guide for higher marine educational institutions]. Kyiv, KDAVT, 2007. 472 p.
 11. Shibaeva N.O., Vychuzhanin V.V. Metod strukturnoy optimizatsii kharakteristik sistemy dstantsionnogo monitoringa i diagnostiki sudovykh slozhnykh tekhnicheskikh sistem [Method of structural optimization of the system for remote monitoring and diagnostics of ship complex technical systems]. Visnik Odeskogo natsionalnogo morskogo universitetu [Visnik of Odesa national maritime university], 2016, issue 1(47), pp. 69-81.
 12. Kish L., McBryde L. Integrated Vessel Monitoring and Control System. Patent USA, no. 12/016,110, 2009.
 13. Servis onlayn [Service online]. Zhurnal CHIP - CHIP magazine, 2013, no. 8, pp.34-37.
 14. Funktsional telematicheskikh sistem na primere Volvo (Functionality of telematic systems by the example of Volvo). AUTOSTRADA – the latest automobile news. Available at: <http://avtostrada.info/funkcional-telematicheskix-sistem-na-primere-volvo.html> (Accessed 27 November 2017).
 15. Volkov V., Mateichyk V., Nikonov O., Komov P., Gritsuk I., Volkov Ju., Komov Je. Integraciya techniceskoj ekspluatatsii avtomobilej v strukturni i processi intelektualnich transportnich system [Integration of the technical operation of vehicles in the structures and processes of intelligent transport systems], Donetsk: Noulidzh Publ., 2013. 400 p.
 16. Mateichyk V. P., Volkov V. P., Komov P. B., Grytsuk I. V., Komov A. P., Volkov Yu. V. Osoblivosti monitoringu stanu transportnykh zasobiv z vikoristannyam bortovykh diagnostichnykh kompleksiv [Particulars on the monitoring of the state of vehicles using on-board diagnostic complexes] Upravlinnya proektami, sistemnyi analiz i logistika. Tekhnichna seriya [Project Management, System Analysis and Logistics. Technical series], 2014, issue 13(1), pp. 125-137.
 17. Golovin S.F. Tekhnicheskyy servis transportnykh mashin i oborudovaniya [Technical service of transport vehicles and equipment]. Moscow, Alfa-M: INFRA-M, 2008. 288 p.

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Особливості проблеми дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті / В.П. Матейчик, М.В. Володарець, Д.В. Курносенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглянуто особливості проблеми дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті.

Об'єкт дослідження – вплив процесів дистанційного оцінювання технічного стану складних

систем на транспорті на параметри технічного стану транспортних засобів.

Мета роботи – аналіз особливостей застосування методів дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на засобах транспорту.

Метод дослідження – логічна організація вирішення проблеми дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті.

Проведено аналіз систем дистанційної оцінки технічної експлуатації складних технічних систем, які використовуються на транспорті, а саме на залізничному, морському та автомобільному транспорті. Наведено їх основні недоліки і перспективи використання, а також наведено напрямки їх подальшого розвитку. В цьому напрямку проведені численні дослідження, проте є низка невирішених задач, що пов'язані із необхідністю врахування залежності ефективності експлуатації систем від багатьох факторів, які визначаються високою складністю і різноманітністю елементів систем і підсистем, що їх обслуговують і забезпечують взаємодію із ними; великою кількістю інформації під час діагностування і прогнозування технічного стану систем, в яких, при цьому необхідно враховувати множини параметрів, а іноді неоптимальних та імовірнісних або взагалі невизначених. Виявлено, що подальший розвиток систем дистанційної оцінки технічної експлуатації складних технічних систем у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів здійснюється в основному в таких напрямках: розвиток систем з відкритою модульною архітектурою моніторингу; розробка й застосування більш ефективних алгоритмів діагностики; розвиток алгоритмів, що застосовуються у бортових блоках керування ECU, для більш точної оцінки стану транспортного засобу, діагностики несправностей у реальному часі та одержання більш повної й точної інформації про причини несправностей, що виникають.

Результати статті можуть бути впроваджені у процес проектування і формування універсальної системи моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану складних технічних систем на транспорті з можливістю їх адаптації до умов експлуатації.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук найбільш ефективних способів забезпечення дистанційного оцінювання технічного стану складних систем на транспорті.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СКЛАДНА ТЕХНІЧНА СИСТЕМА, МОНІТОРИНГ, ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА, ПРОГНОЗУВАННЯ, ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ.

ABSTRACT

Mateichyk V.P., Volodarets M.V., Kurnosenko D.V., Features problems of remote evaluation of technical condition complex systems in transport. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article describes the features of a problem of remote estimation of a technical condition of complex systems on transport.

Object of the study - the influence of the processes of remote evaluation of the technical condition of complex systems in transport on the parameters of the technical condition of vehicles.

Purpose of the study - analysis of the specifics of the application of remote sensing methods for the technical state of complex systems on means of transport.

Method of the study - logical organization of solving the problem of distance assessment of the technical condition of complex systems in transport.

The analysis of systems for remote evaluation of technical operation of complex technical systems used in transport, namely rail, sea and road transport is analyzed. Their main shortcomings and perspectives are given, as well as directions for their further development. Many studies have been carried out in this direction, but there are a number of unresolved problems related to the need to take into account the dependence of system operation efficiency on many factors determined by the high complexity and heterogeneity of the elements of systems and subsystems. They serve and provide interaction with them; a lot of information in diagnosing and forecasting the technical state of systems in which, at the same time, it is necessary to take into account a lot of parameters, and sometimes non-optimal and probabilistic or even uncertain. It was revealed that the further development of systems for remote evaluation of technical operation of complex technical systems in the on-board information and diagnostic complexes is carried out mainly in the following areas: development of systems with open modular monitoring architecture;

development and application of more efficient diagnostic algorithms; the development of algorithms used in ECU on-board control units to more accurately assess vehicle condition, diagnose faults in real time and to obtain more complete and accurate information on the causes of faults that occur.

The results of the article can be implemented in the process of designing and forming a universal monitoring system, forecasting and diagnosing the technical condition of complex technical systems in transport with the possibility of their adaptation to operating conditions.

Forecast assumptions about the object of study - to find the most effective ways to provide remote assessment of the technical condition of complex systems in transport.

KEYWORDS: COMPLEX TECHNICAL SYSTEM, MONITORING, TECHNICAL DIAGNOSTICS, FORECASTING, TRANSPORT, VEHICLE.

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Особенности проблемы дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте / В.П. Матейчик, М.В. Володарець, Д.В. Курносенко // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассмотрены особенности проблемы дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте.

Объект исследования – влияние процессов дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте на параметры технического состояния транспортных средств.

Цель работы - анализ особенностей применения методов дистанционной оценки технического состояния сложных систем на средствах транспорта.

Метод исследования – логическая организация решения проблемы дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте.

Проведен анализ систем дистанционной оценки технической эксплуатации сложных технических систем, используемых на транспорте, а именно на железнодорожном, морском и автомобильном транспорте. Приведены их основные недостатки и перспективы использования, а также приведены направления их дальнейшего развития. В этом направлении проведены многочисленные исследования, однако есть ряд нерешенных задач, связанных с необходимостью учета зависимости эффективности эксплуатации систем от многих факторов, определяемых высокой сложностью и разнородностью элементов систем и подсистем, которые обслуживают и обеспечивают взаимодействие с ними; большим количеством информации при диагностировании и прогнозировании технического состояния систем, в которых, при этом необходимо учитывать множества параметров, а иногда неоптимальных и вероятностных или вообще неопределенных. Выявлено, что дальнейшее развитие систем дистанционной оценки технической эксплуатации сложных технических систем в составе бортовых информационно-диагностических комплексов осуществляется в основном в следующих направлениях: развитие систем с открытой модульной архитектурой мониторинга; разработка и применение более эффективных алгоритмов диагностики; развитие алгоритмов, применяемых в бортовых блоках управления ECU, для более точной оценки состояния транспортного средства, диагностики неисправностей в реальном времени и получения более полной и точной информации о причинах неисправностей, которые возникают.

Результаты статьи могут быть внедрены в процесс проектирования и формирования универсальной системы мониторинга, прогнозирования и диагностики технического состояния сложных технических систем на транспорте с возможностью их адаптации к условиям эксплуатации.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования - поиск наиболее эффективных способов обеспечения дистанционной оценки технического состояния сложных систем на транспорте.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СЛОЖНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, МОНИТОРИНГ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ТРАНСПОРТ, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО.

АВТОРИ:

Матейчик Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний

університет, професор кафедри екології і безпеки життєдіяльності, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +380442807940, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарець Микита Віталійович, кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, старший викладач кафедри теплотехніки та теплових двигунів, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru, тел. +380990535874, Україна, 61050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Дар'я Вікторівна, пошуковець, Херсонська державна морська академія, кафедра експлуатації суднових енергетичних установок, e-mail: dasha10021991@gmail.com, тел. +380955494372, Україна, 73000, м. Херсон, проспект Ушакова, 20, orcid.org/0000-0003-3417-8766

AUTHOR:

Mateichyk Vasiliy P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the department of environment and life safety, e-mail: wmate@ukr.net, tel. +380442807940, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Volodarets Mykyta V., Ph.D. of Technical Sciences, Ukrainian State University of Railway Transport, senior lecturer of the department of thermal engineering and heat engines, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru, tel. +380990535874, Ukraine, 61050, Kharkiv, Feuerbach Square, 7, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Kurnosenko Daria V., Candidate for a degree, Kherson State Maritime Academy, operation maritime power plants department, e-mail: dasha10021991@gmail.com, tel. +380955494372, Ukraine, 73000, Kherson, Ushakova avenue, 20, orcid.org/0000-0003-3417-8766

АВТОРЫ:

Матейчик Василий Петрович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +380442807940, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленка 1, orcid.org/0000-0002-3683-7246

Володарець Никита Віталійович, кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, старший преподаватель кафедри теплотехніки і теплових двигателів, e-mail: volodarets.nikita@yandex.ru, тел. +38099-053-5874, Україна, 61050, г. Харьков, пл. Фейєрбаха, 7, orcid.org/0000-0002-8526-4800

Курносенко Дар'я Вікторівна, соискатель, Херсонская государственная морская академия, кафедра эксплуатации судовых энергетических установок, e-mail: dasha10021991@gmail.com, тел. +380955494372, Украина, 73000, г. Херсон, проспект Ушакова, 20, orcid.org/0000-0003-3417-8766

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мігаль В.Д., доктор технічних наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харків, Україна.

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Migal Vasiliy D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Professor of Department Technical maintenance and service of vehicles, Kharkov, Ukraine.

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the production, repair and materials science department, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.135.2
UDK 656.135.2

STRATY I SZKODY W DROGOWEJ SPEDYCJI MIESZANEJ NA PODSTAWIE
ANALIZY RYZYKA PRZEWOZU TOWARÓW

MICHALSKI Jacek, Dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, jmichals@prz.edu.pl,

LOSS AND DAMAGE IN ROAD MIXED FORWARDING ON THE BASIS OF RISK
ANALYSIS CARRIAGE AND ANSWERS TRANSPORT OFFERS

MICHALSKI Jacek, Prof. Doctor of Technical Science, Rzeszow University of Technology,
Rzeszow, Poland, jmichals@prz.edu.pl

ВТРАТИ ТА ЗБИТКИ В ЗМІШАНИХ ДОРОЖНІХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ НА ОСНОВІ
АНАЛІЗУ РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТОВАРУ

МІХАЛЬСЬКІ Яцек, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща,
jmichals@prz.edu.pl

WSTĘP

Ryzyko jest pojęciem wieloznacznym, trudnym do zdefiniowania [41]. Ryzyko to wskaźnik stanu lub zdarzenia, które może prowadzić do strat. Ryzykiem transportowym nazywamy prawdopodobieństwo realizacji niepożądanego zdarzenia mogącego spowodować stratę bądź szkodę w przedmiocie przemieszczenia [5].

Prawdopodobieństwo wystąpienia szkodliwego zdarzenia i wielkość możliwych strat są szacowane wieloma metodami i zależą od licznych specyficznych czynników charakteryzujących daną sytuację [44]. Ryzyko jest proporcjonalne do prawdopodobieństwa wystąpienia analizowanego zdarzenia (zagrożenia) i do wielkości strat, które może spowodować [3, 17, 41]. Zagrożeniem jest stan lub sytuacja, która stwarza niebezpieczeństwo, jest to także możliwość zaistnienia szkody, niebezpieczna sytuacja prowadząca do strat lub potencjalne warunki, które aktywizując się w sekwencję zdarzeń i mogą prowadzić do strat [40]. Zarządzanie ryzykiem, według międzynarodowej normy ISO 31000:2009 [8], oraz jej odpowiednika, polskiej normy PN-ISO 31000:2012 [27], to skoordynowane działania dotyczące kierowania i nadzorowania organizacją w odniesieniu do ryzyka.

W latach 2000 - 2005, aż 73% badanych firm z branży TSL (Transport Spedycja Logistyka) przynajmniej raz padło ofiarą kradzieży lub wyłudzenia towaru [36]. Obejmowało to 70% kradzieży ładunku/przesyłki, 16% oszustwa/wyłudzenia towaru oraz 14% inne, np.: okradanie częściowe przesyłek, kradzież naczepy, samochodu. Do utraty towaru dochodziło: na parkingu z naczepy/samochodu: 35%, z magazynu przesyłek/placu składowego: 10%, podczas napadu na drodze: 23%, poprzez fałszywego przewoźnika/spedytora/kuriera: 17,5% oraz inne: 15,5%. Do utraty towaru z powodu takich przestępstw dochodziło: 1 raz: 28,6%, od 2 do 5 razy: 54,3% oraz powyżej 5 razy: 17,1%. Nie wykryto sprawcy w 75,6% przypadkach przestępstw.

Według danych Komendy Głównej Policji, w Polsce w 2017 roku skradziono 10240 samochodów, o 1405 mniej niż w 2016 roku. Oznacza to 13,7 procentowy spadek kradzieży w porównaniu z 2016 rokiem [47]. Należy podkreślić, że w wielu z nich znajdował się ładunek.

W przypadku usług transportowych, do najczęściej wykorzystywanych i najbardziej efektywnych metod sterowania ryzykiem należą ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej i ubezpieczenie ładunku [19]. Firmy chcące skorzystać z tej formy finansowania ryzyka winny szczegółowo zapoznać się z poszczególnymi rodzajami produktów ubezpieczeniowych, aby zapewnić sobie właściwą ochronę ubezpieczeniową dla tak trudnej i ryzykownej działalności, jaką stanowi transport drogowy towarów.

CHARAKTERYSTYKA DROGOWEGO TRANSPORTU I SPEDYCJI

Podstawowe elementy transportu to przemieszczanie i usługi dodatkowe [25]. Podstawową czynnością wykonywaną podczas transportu ładunków jest przewóz obejmujący okres, w którym ładunek znajduje się na środku transportowym. Przewóz związany jest zarówno z ruchem pojazdu, jak i jego postojem [10]. Niektóre usługi transportowe wymagają podjęcia czynności dodatkowych. Każdy ładunek posiada określoną podatność transportową oraz podatność ekonomiczną. Podatność transportowa jest to odporność ładunków na warunki i skutki ich przemieszczania wynikające z ich właściwości fizycznych i

technicznych [2, 22, 23]. Podatność ekonomiczna dotyczy wartości przedmiotów przewozu. Ładunki o wysokiej wartości jednostkowej mają wysoką podatność transportową. Z uwagi na zachowanie się ładunku w różnych fazach transportu (załadunek, wyładunek lub przeładunek z jednego środka transportu na drugi) można mówić o podatności ładunkowej.

Pracę w transporcie uniemożliwiają przestępstwa karne skarbowe [11] oraz przestępstwa karne [12]. W mniejszym stopniu dotyczy to wykroczeń skarbowych. Sytuacje takie wykluczają możliwość uzyskania licencji w zakresie transportu drogowego [20].

W Polsce 47 procent badanych firm z branży transportowo-logistycznej, w ciągu trzech lat 2009-2011 padła ofiarą przestępstwa (kradzieży czy oszustwa) [39]. Niestety tylko 46% przedsiębiorców z sektora TSL zawsze sprawdza wiarygodność swoich kontrahentów, często robi to 30% ankietowanych firm. Skutkiem tego jest wysoki poziom przestępczości. Ich ofiarą padła większość poszkodowanych firm. Gangi złodziei w Polsce są bardzo dobrze zorganizowane. Nierzadko zakładają spółki skupy towarów, służące wyłącznie do dokonywania oszustw. Polskę wyróżnia też niższy niż w krajach sąsiednich odsetek ładunków utraconych na skutek włamania do naczepy (stanowi on 34%, dla porównania w Czechach aż 51%).

Towary neutralne, są to towary, które: nie muszą być przewożone w określonych warunkach termicznych, nie są także towarami niebezpiecznymi oraz nie są ładunkami ponadgabarytowymi. Powszechnie w przewozach stosowana jest naczepa szybkiego załadunku (firanowa, nazwana również kurtynowa) mająca otwieraną przestrzeń ładunkową. Polega ona na przesunięciu plandeki, która zamocowana jest na specjalnej prowadnicy. Ma ona także rozsuwane kłonicę, pozwalające na nieskrępowany boczny załadunek wózkiem widłowym oraz podnoszony dach [35].

Spedycja to działalność polegająca na ułatwianiu korzystania z usług transportowych, czyli organizowaniu procesu transportowego i czynności jemu towarzyszących i wynikających ze specyficznych cech danego zlecenia [21, 43, 45]. Spedycja, to zarządzanie logistyką transportu.

Spedytor jest to osoba prawna lub fizyczna (przedsiębiorca), której celem działania jest organizowanie przewozu ładunków. Spedytor za odpowiednią opłatą świadczy usługi spedycyjne na rzecz osób prawnych lub fizycznych, względnie na potrzeby własne. Organizuje przewóz, wystawia dokumenty spedycyjne (listy przewozowe w zależności od użytego do transportu towaru środka transportowego, np. CMR/list przewozowy - transport samochodowy; COTIF/SMGS - transport kolejowy; konosament/morski list przewozowy; AWB/lotniczy list przewozowy).

W przypadku, gdy firma spedycyjna wykonuje tylko czynności określone mianem spedycji właściwej, jest tzw. spedytorem czystym. Jeżeli natomiast jest w stanie własnym potencjałem wykonywać czynności przemieszczania oraz czynności dodatkowe, realizuje tzw. spedycję mieszaną. Działalność spedycyjna obejmuje swoim zasięgiem szereg czynności, które umownie dzieli się na: czynności wykonywane przez spedytora – nazywane spedycją właściwą, czynności organizowane przez spedytora, w skład, których wchodzi czynności przemieszczania i czynności dodatkowe - spedycja mieszana.

Za spedycję właściwą uważa się wykonywanie następujących czynności: przyjmowanie zleceń spedycyjnych i udzielanie porad związanych z procesami spedycyjnymi, wybór środka transportu, zawieranie umów o przewóz, ubezpieczanie przesyłki, sporządzanie dokumentacji transportowej, odbiór przesyłki od nadawcy, przygotowanie przesyłki do przewozu, nadanie przesyłki na środek transportu wraz z dokumentacją transportową, odbiór przesyłki ze środka transportowego oraz właściwej dokumentacji, odprawa celna, przekazanie przesyłki odbiorcy.

Spedycja mieszana, to dodatkowo oprócz spedycji właściwej, organizacja czynności przemieszczania. Wówczas spedytor staje się odpowiedzialny za wykonanie na rzecz przesyłki: dowozu, odwozu, przewozu, załadunku, wyładunku i przeładunku. Czynności dodatkowe w spedycji obejmują: składowanie przesyłki, podjęcie należności za dostarczoną przesyłkę, przeprowadzenie cesji praw do przesyłki, sprzedaż przesyłki i awizowanie.

MODELE OCENY RYZYKA W TRANSPORCIE DROGOWYM

Ryzyko w procesach transportowych podzielono na dwie grupy: zależne od działalności człowieka (użytkownika i uczestnika procesów transportowych), tzw. antropogeniczne oraz niezależne od człowieka, tzw. naturalne [37]. Ze względu na sposób oddziaływania otoczenia zewnętrznego i wewnętrznego na system transportu, mogą one zostać sklasyfikowane, jako pozytywne (uszkadzają system, ale w wyniku jego odtworzenia, odbudowy - prowadzą do osiągnięcia wyższego poziomu bezpieczeństwa systemu) lub negatywne (powodują utratę funkcjonalności systemu lub całkowity jego rozpad - atomizację) [4, 38]. Przejawem negatywnych zdarzeń nadzwyczajnych w transporcie jest pomyłka człowieka, naruszenie funkcjonowania środków transportu, systemów transportu, uszkodzenie lub zniszczenie dróg transportu i budowli transportowych. W wyniku tego dochodzi do zagrożenia dla życia i zdrowia ludzi, zagrożenia dla wartości materialnych lub środowiska naturalnego.

ISO 39001:2012 jest pierwszą normą dedykowaną w całości dla zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego i skierowana jest do organizacji rządowych, zarządów dróg, grup ds. bezpieczeństwa oraz wszystkich publicznych i prywatnych organizacji, które współdziałają z systemem ruchu drogowego [9]. Norma wskazuje na trzy podstawowe grupy czynników ryzyka drogowego. Są to czynniki narażenia na ryzyko w ekspozycji: wielkość ruchu i roczny kilometr pojazdu dla różnych typów użytkowników drogi oraz wielkość produktu i/lub usług świadczonych przez dany podmiot (organizację). Druga grupa to czynniki, wpływające na finalne wyniki, ostateczne współczynniki bezpieczeństwa: liczba ofiar śmiertelnych i poważne obrażenia. Trzecia grupa, to czynniki wpływające na pośrednie wyniki bezpieczeństwa.

W ISO 39001 są także zapisane grupy działań oraz zaleceń i wskazówek odnoszących się do procesu zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego. Są to średnie współczynniki bezpieczeństwa: bezpieczne planowanie, projektowanie, eksploatacja i użytkowanie sieci drogowej; projektowanie dróg i bezpieczna prędkość; cechy sprawności psychicznej kierowcy; bezpieczne planowanie podróży - liczba i sposób podróży, wybór trasy, pojazdu i kierowcy; bezpieczny wjazd i wyjazd pojazdów i użytkowników dróg do sieci drogowej; bezpieczne pojazdy - ochrona pasażerów, ochrona innych użytkowników dróg, zapobieganie i ograniczanie wypadkom drogowym, przydatność do ruchu drogowego, ładowność pojazdu i zabezpieczenie ładunku w pojeździe; odpowiednie uprawnienia do kierowania klasami pojazdów; usunięcie niesprawnych pojazdów i kierowców/rowerzystów z sieci dróg; jak również udzielanie pierwszej pomocy, gotowość na wypadek w sytuacjach kryzysowych, odzyskiwanie po urazach i rehabilitacja ofiar wypadków drogowych.

Wszystkie metody oceny ryzyka można podzielić na dwie grupy: metody jakościowe i ilościowe [18]. Do metod jakościowych zaliczamy: metodę zagrożeń i zdolności operacyjnych (Hazard and Operability Studies - HAZOP) [32], metodę analizy z zastosowaniem list kontrolnych (Check List - CHL), metodę bezpieczeństwa procesu (Process Safety Analysis - PSA), metodę co jeśli? (what if), metodę niezawodności ludzkiej (Human Reliability Analysis - HRA). Metody ilościowe z kolei to: analiza drzewa niezdatności/błędu (Fault Tree Analysis - FTA) [28], analiza drzewa zdarzeń/wydarzeń/niezawodności (Event Tree Analysis - ETA) [29], metoda przyczyn i skutków – stanowiąca kombinację metod FTA i ETA (Cause and Consequence Analysis - CCA), metoda probabilistyczna ocena bezpieczeństwa (Probabilistic Safety Assessment - PSA) [30], metody eksperckie, metoda przyczyn i skutków (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA) [31] oraz metody symulacyjne. Do analizy ryzyka wykorzystuje się często rachunek prawdopodobieństwa i statystykę matematyczną. Analizy ryzyka transportu często wymaga dostępu do wiarygodnych danych [3] w przypadku ich fragmentaryczności lub braku stosuje się metody pośrednie [15, 16]. Intensywny rozwój i dostępność technik obliczeniowych spowodowały powstanie wielu programów komputerowych, które wspomagają analizę ryzyka [24]. Opracowano także uniwersalną metodę wyboru optymalnej trasy przewozu dla minimalizacji ryzyka przewozu materiałów niebezpiecznych, z możliwością jego rozdzielenia na straty ludzkie, ekologiczne i finansowe [1]. Model uwzględnia wpływ czynnika ludzkiego na prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku oraz rozpatruje proces narastania zmęczenia kierowcy w czasie wykonywania zadania przewozowego. Ponadto zawiera kategoryzację strat, uwzględniającą wielkość strat w zależności od skali zdarzenia.

Dla każdego systemu Człowiek-Technika-Otoczenie (C-T-O), w którym zdarzenia mogą prowadzić do dużych strat, przeprowadzane analizy ryzyka są zwykle bardziej szczegółowe [21, 26, 33]. Stosuje się modele zagrożeń oparte na metodach (technikach) drzew: metodzie drzewa zdarzeń/niezawodności, metodzie drzewa niezdatności/błędu oraz metody probabilistyczne [40, 41]. Modele drzew są metodami graficznymi, skojarzonymi zwykle z odpowiednimi opisami matematycznymi. Metoda drzewa zdarzeń/niezawodności jest stosowana w analizach ryzyka, do szczegółowego opisu (modelowania) zagrożenia, które może być wywołane zajściem określonego zdarzenia. W celu zbudowania modelu zagrożenia przy użyciu tej metody odwzorowuje się dające się przewidzieć scenariusze (sekwencje) przebiegu zdarzeń wtórnych, które mogą wystąpić po tym zdarzeniu, i przedstawia graficznie w postaci drzewa zdarzeń. Czyli, drzewo zdarzeń/niezawodności jest to graficzne przedstawienie chronologicznego ciągu zdarzeń, istotnych ze względu na funkcjonowanie obiektu, występujących po wyodrębnionym zdarzeniu, inicjującym ten ciąg. Z kolei drzewo niezdatności/błędu jest to sposób przedstawiania kombinacji zdarzeń niepożądanych, jako przyczyn rozpatrywanego zdarzenia niepożądanego. Metody probabilistyczne oparte są na probabilistycznych modelach ryzyka - modelach zagrożeń. Metody probabilistyczne nadają się zwłaszcza w analizie ryzyka o charakterze porównawczym, z zastosowaniem miary ryzyka.

Miary ryzyka służą do szacowania, porównywania, a przede wszystkim analizowania poziomu ryzyka. Miarą ryzyka zawierającą najwięcej informacji o ryzyku jest wielkość $\Lambda(c, t)$ uwzględniająca w sposób jawny losowość strat i ich rozmiar [41]. Miara $\Lambda(c, t)$, czyli prawdopodobieństwo pojawienia się strat

$C(t)$ nie mniejszych niż c w okresie t funkcjonowania rozważanego systemu C-T-O, co zapisujemy $\Lambda(c, t) = P\{C(t) \geq c\}$. W celu bardziej szczegółowego przeanalizowania zmian poziomu ryzyka w czasie (zmienność poziomu ryzyka utraty zdrowia w stopniu, co najmniej c w ciągu czasu t) stosuje się wielkość, $h(c, t)$, czyli prawdopodobieństwo zajścia (doznania) strat o rozmiarze, co najmniej c w dostatecznie małej jednostce czasu następującej po chwili t . Jest to pochodną po czasie miary $\Lambda(c, t)$, czyli $h(t) = \frac{d\Lambda(c, t)}{dt}$.

Odpowiednikiem statystycznym (estymatorem) miary $\Lambda(c, t)$ jest wielkość określona przy użyciu wyrażenia $\Lambda(c, t) = \frac{n(c, t)}{N}$, gdzie $n(c, t)$ jest liczbą zdarzeń niepożądanych, jakie zaszły w okresie t w populacji lub w próbie statystycznej rozważanych systemów o liczebności N i wywołały (jednorazowo) straty nie mniejsze niż c . Miary $\Lambda(c, t)$ można przedstawić w postaci wyrażenia $\Lambda(c, t) = Q(t) \cdot Z(c)$, gdzie $Q(t)$ jest prawdopodobieństwem (lub odpowiednią częstością) zajścia zdarzenia niepożądanego A , a wielkość $Z(c)$ prawdopodobieństwem tego, że zajście zdarzenia A spowoduje straty nie mniejsze niż c . Rozmiaru strat c spowodowanych zajściem zdarzenia A to straty indywidualne, gdy analizowane jest ryzyko indywidualne, lub strat zbiorowe, gdy jest ono analizowane. Zagrożenie, wielkość $Z(c)$, jest jedną z miar zagrożenia, powstałego w wyniku zajścia zdarzenia niepożądanego $A(1)$ - zdarzenie o numerze 1, $A(2)$ - zdarzenie o numerze 2 lub innych.

WARUNKI BADAŃ

Kolejno przedstawiono opracowane prawdopodobieństwa zagrożeń i miary ryzyka zdarzeń występującego w przewozie drogowym, które charakteryzują szkody i straty. Stosowano metody analizy: drzewa zdarzeń/niezawodności, drzewa niezdatności/błędu oraz metodę probabilistyczną. Rodzaje zdarzeń niebezpiecznych oraz potrzebne wartości liczbowe do analiz zaczerpnięto od dużego przedsiębiorstwa transportowo-spedycyjnego, w 2016 roku.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

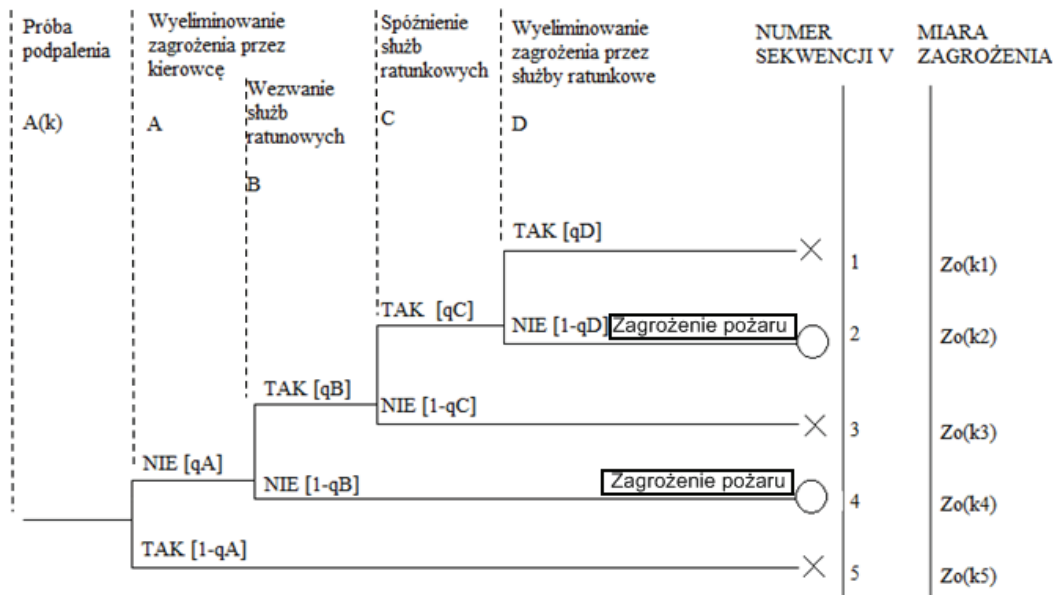
METODA DRZEW ZDARZEŃ – PRÓBA PODPALENIA POJAZDU

Analizowane ryzyko dotyczyła prawdopodobieństwa podpalenia samochodu ciężarowego podczas postoju na parkingu, co przeprowadzono metodą drzewa zdarzeń/niezawodności. Przyjęto, że do zdarzenie dochodzi w nocy, wówczas, gdy kierowca znajduje się wewnątrz samochodu. Miarą zagrożenia jest wielkość strat naprawy/odbudowy spalonego pojazdu, czyli kilkakrotna wartość, przyjętej jego nominalnej wartości 1000000 zł. Z danych statystycznych analizowanego przedsiębiorstwa spedycyjno – transportowego wynika, że poziom zagrożenia/strat w wyniku podpalenia pojazdu podczas postoju na parkingu, dla scenariusza 2 (rys. 1) wynosi $Z_0(k2) = 1$, oraz scenariusza 4, $Z_0(k4) = 3$. W pozostałych przypadkach/scenariuszach, czyli $Z_0(k1)$, $Z_0(k3)$ oraz $Z_0(k5)$, nie dochodzi do zapalenia pojazdu, czyli wielkość zagrożenia/strat tych sekwencji wynosi zero. Analogiczne jak poprzednio, z danych statystycznych tego przedsiębiorstwa wynika, że prawdopodobieństwo wyodrębnionych zdarzeń wynosi odpowiednio: $q_A=0,7$; $q_B=0,8$; $q_C=0,6$; $q_D=0,1$. Oznaczono przez: q_A - prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia przez kierowcę (A), q_B - prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia w wyniku wezwania straży pożarnej (B), q_C - prawdopodobieństwo spóźnienia służb ratowniczych, (C), q_D - prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia (skutecznego działania straży pożarnej), (D).

Analiza dotyczyła, więc pięciu scenariuszy przebiegu zdarzeń po podpaleniu samochodu ciężarowego $A(k)$, spośród których, w dwóch doszło do pożaru, który skutkował poniesieniem strat przez to zdarzenie. Kolejne scenariusze zdarzeń mają następujące przebiegi.

Zdarzeniem szczytowym jest udana próba podpalenia (A_k). Kierowca, który podczas zajścia (A_k) jest w pojeździe, może wyeliminować zagrożenie pożaru, ma to wartość prawdopodobieństwa q_A . Jednak nie udaje się kierowcy usunąć zagrożenia w pojedynkę. Wzywa straż pożarną, co ma wartość prawdopodobieństwa q_B . Służby ratownicze spóźniają się na miejsce, wartość prawdopodobieństwa zdarzenia wynosi q_C . Jednak zagrożenie nie jest duże i udaje się je opanować, wartość tego prawdopodobieństwa ma wartość q_D . Nie dochodzi do pożaru i nikt nie ponosi strat, miara zagrożenia ma wartość zerową, $Z_0^{(k1)}=0$.

Przebieg w drugim scenariuszu, jest początkowo analogiczny jak w scenariuszu pierwszym. Kierowca nie może sam usunąć zagrożenia, wzywa służby ratownicze, które po długim czasie przyjeżdżają na miejsce zdarzenia. Niestety w tym scenariuszu, pożar rozprzestrzenił się szybko i straż nie zdołała uratować całego pojazdu. Wartość prawdopodobieństwa takiego przebiegu działania wynosi $(1-q_D)$. W rezultacie dochodzi do znacznych strat spowodowanych pożarem samochodu, $Z_0(k2)$.



Rysunek 1 – Drzewo zdarzeń dla próby podpalenia pojazdu podczas postoju na parkingu: q_A – prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia przez kierowcę (A), q_B – prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia przez wezwanie straży pożarnej, (B), q_C – prawdopodobieństwo spóźnienia służb ratowniczych, (C), q_D – prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia (skutecznego działania) straży pożarnej, (D)

Figure 1 – Event tree for attempting to set the vehicle on fire while parking in a parking lot: q_A – probability of eliminating the driver's threat (A), q_B – probability of eliminating the threat by fire brigade, (B), q_C – probability of delaying rescue services, (C), q_D – probability eliminate the threat (effective action) of the fire brigade, (D)

W trzecim scenariuszu kierowca, który nie może sam ugasić pożaru, wzywa służby ratownicze, które przyjeżdżając na czas i całkowicie wyeliminują ryzyko pożaru pojazdu. Prawdopodobieństwo zdarzenia wynosi $(1-q_C)$. W tym przypadku próba podpalenia jest nieudana, nikt nie poniósł strat, miara zagrożenia wynosi $Z_0^{(k3)}=0$.

W czwartym scenariuszu, zostaje podpalony pojazd, kierowca odpoczywa w pojeździe, zbyt późno spostrzega zagrożenie. Kierowca próbuje sam ugasić pożar za pomocą gaśnic. Niestety, nie udaje się to. Pożar coraz bardziej zagraża życiu i zdrowiu kierowcy, wobec czego nie jest on sam w stanie kontynuować dalszej akcji gaszenia pojazdu. Ponieważ na parkingu nie ma telefonu, a telefon komórkowy należący do kierowcy pozostał wewnątrz pojazdu, straż pożarna nie została wezwana. W rezultacie dochodzi do spalenia pojazdu. Prawdopodobieństwo zdarzenia wynosi $(1-q_B)$. Straty spowodowane tym zdarzeniem są bardzo znaczne, $Z_0^{(k4)}$.

W ostatnim piątym analizowanym scenariuszu, kierowca znajdujący się w pojeździe szybko dostrzega ryzyko wynikające z pojawienia się ognia. Sam wyeliminował zagrożenie, dysponując odpowiednimi środkami gaszącymi: gaśnicę i koc przeciwpożarowy. Prawdopodobieństwo wyeliminowania zagrożenia ma wartość $(1-q_A)$, oraz miara zagrożenia $Z_0^{(k5)}=0$, nie odnotowano żadnych strat.

Informacje zawarte na drzewie zdarzeń (rys. 1) pozwalają na użycie wzoru (1) dla opisu zagrożenia zdarzenia inicjującego $A^{(k)}$ - próba podpalenia pojazdu.

$$Z_0^{(k)} = q^{(k2)} Z_0^{(k2)} + q^{(k4)} Z_0^{(k4)} \quad (1)$$

Miara prawdopodobieństwa zagrożenia $q^{(k2)}$, zgodnie z konstrukcją drzewa zdarzeń, prowadząca do pożaru (rys. 1), jest iloczynem prawdopodobieństwa zdarzeń q_A , q_B , q_C oraz $(1-q_D)$, co przedstawia wzór (2).

$$q^{(k2)} = q_A \cdot q_B \cdot q_C \cdot (1 - q_D) = 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,1) = 0,3024 \quad (2)$$

Analogicznie, wyznaczono prawdopodobieństwo pożaru pojazdu, oznaczenie cyfrą 3, (numer sekwencji V) na rysunku 1.

$$q^{(k4)} = q_A \cdot (1 - q_B) = 0,7 \cdot (1 - 0,8) = 0,1400 \quad (3)$$

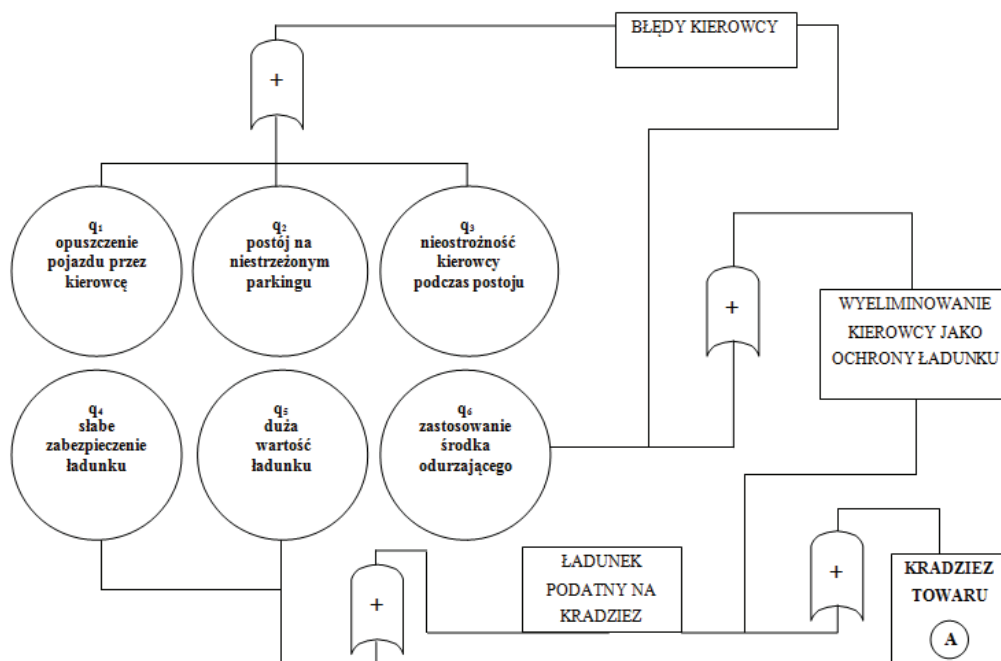
Miara zagrożenie pożaru samochodu ciężarowego, strat przewoźnika w wyniku podpalenia, zgodnie z zależnością (1) wynosi więc, zależność (4).

$$Z_o^{(k)} = q^{(k2)} Z_o^{(k2)} + q^{(k4)} Z_o^{(k4)} = 0,3024 \cdot 1 + 0,1400 \cdot 3 = 0,7224 \quad (4)$$

Zagrożenie pożaru samochodu ciężarowego jest duże wynosi, bowiem $Z_o^{(k)} = 0,7224$. Czyli są to 72 przypadki pożaru pojazdu na 100 prób jego podpalenia. Oznacza to zarazem, że najbardziej prawdopodobna kwota strat w rozważanych scenariuszach wynosi około 72000 zł (czyli 0,7224 przyjętej nominalnej wartości 1000000 zł). Jak pokazano przebieg zdarzeń według drugiego scenariusza jest bardziej prawdopodobny ($q(k_2)=0,3024$, w porównaniu z scenariuszem czwartym, $q(k_4)=0,1400$). Zarazem jednak przynosi mniejsze starty $Z_o^{(k2)}=0,3024$, w porównaniu z stratami, dla przebiegu zdarzeń, według scenariusza czwartego, $Z_o^{(k4)}=0,4200$. Nie jest to tylko pojedynczy i odosobniony przypadek. W styczniu 2018 r. we Francji, pod Paryżem (<http://www.tvn24.pl>), doszło do napaści na polskiego kierowcę ciężarówki. Wyciągnięto go z kabiny, pobito, pojazd ukradziono a następnie spalono.

METODA DRZEWA NIEZDATNOŚCI - KRADZIEŻ TOWARU/OPON

Za pomocą metody niezdatności/błędu zostało oszacowane prawdopodobieństwo kradzieży dwu nowych opon, 385/55/R22,5, do naczepy ciągnika siodłowego, jest to zdarzenie szczytowe. Analizie poddano następującą sytuację: ciągnik siodłowy z naczepą o dopuszczalnej masie całkowitej 18 t, miał załadowane dwa ładunki. Jednym z ładunków był neutralny towar, składowany na europaletach o wymiarach 120x80 cm i o wadze 8 t, drugim ładunkiem były dwie nowe opony do naczepy, które zostały zakupione przez firmę, której własnością był wyżej wymieniony pojazd. Ładunek paletowy został dostarczony do miejsca przeznaczenia i rozładowany o godzinie 20.00. Kierowca po zakończeniu wszelkich czynności rozładunkowych, udał się na niestrzeżony parking celu odbycia przerwy dniowej (zmiany roboczej). Samochód został zaparkowany o godzinie 21.00 na placu nieopodal od miejsca dostawy palet. Kierowca udał się na zakupy oraz skorzystał z łazienki. Do pojazdu wrócił o godzinie 23.00, gdzie spał do godziny 6.00. Kierowca obudził się rano z bólem głowy, po czym zauważył, że skradzione zostały dwie nowe opony, o wartości 1500 zł/sztuka, które były na naczepie typu firanka. Natychmiast wezwał policję i wszczęto dochodzenie o kradzieży.



Rysunek 2 – Drzewo niezdatności/błędu zdarzenia A - kradzieży opon

Figure 2 – Trees of incapacity/error of event A - theft of tires (weight content)

Opracowano model kradzieży opon który ma postać drzewa niezdatności/błędu zdarzeń. Głównym celem, przeprowadzania takiej analizy jest oszacowanie prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia kradzieży towaru z pojazdu w ciągu roku. W opracowanym drzewie niezdatności/błędu uwzględniono: prawdopodobieństwo błędów kierowcy, prawdopodobieństwa kradzieży ładunku wartościowego (podatnego na kradzież), prawdopodobieństwo wyeliminowanie kierowcy, jako ochrony ładunku. Wartości prawdopodobieństw, to dane statystyczne zaczerpnięte od analizowanego przewoźnika.

Na prawdopodobieństwa błędu kierowcy składają się: prawdopodobieństwo opuszczenia pojazdu przez kierowcę podczas postoju $q_1=6 \cdot 10^{-1}$, prawdopodobieństwo zaparkowania pojazdu na parkingu niestrzeżonym $q_1=9 \cdot 10^{-2}$ oraz prawdopodobieństwo nieostrożności kierowcy podczas wypoczynku $q_3=3 \cdot 10^{-2}$ (rys. 2). Prawdopodobieństwa kradzieży ładunku/opon analizowano na podstawie: prawdopodobieństwo niewłaściwego zabezpieczenia ładunku na pojeździe $q_4=6 \cdot 10^{-6}$ oraz prawdopodobieństwo postoju z ładunkiem o wysokiej wartości $q_5=2 \cdot 10^{-4}$. Prawdopodobieństwo wyeliminowania kierowcy, jako ochrony ładunku oceniono na podstawie prawdopodobieństwo użycia przez złodzieja środka odurzającego (wpuszczenie gazu/chloroformu) $q_6=8 \cdot 10^{-3}$.

Prawdopodobieństwo zdarzenia szczytowego $P\{A\}$, na podstawie drzewa niezdatności/błędu (rys. 2), po podstawieniu wartości prawdopodobieństw zdarzeń podstawowych, wyznaczono na podstawie zależności (5).

$$P\{A\} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 0,7282 \quad (5)$$

Prawdopodobieństwo kradzieży towaru z pojazdu w skali roku wynosi niemal 0,73, czyli średnio 7 przypadków kradzieży na 10 sytuacji możliwych. Jest to niezwykle wysokie prawdopodobieństwo. Można, więc wysnuć wniosek, że towary podatne na kradzież, przewożone w transporcie drogowym są łatwym łupem dla złodziei. Wartość ryzyka innych towarów może być w rzeczywistości większa lub mniejsza, w zależności od indywidualnych cech i warunków przewozu dla danego przewoźnika [36, 39].

W zamieszczonej analizie, zostały skradzione dwie opony do naczepy, o rozmiarach 385/55/R22,5, o łącznej wartości 3 tysięcy złotych. Poprzez kradzież takiego dobra firma transportowa została narażona na straty. Oprócz straty opon, czyli kwoty 3 tysięcy złotych, firma transportowa odniosła inne szkody, związane z kradzieżą, czyli: opóźnienie w podstawieniu na kolejny załadunek, co mogło skutkować karami finansowymi i dalszymi opóźnieniami, straty z powodu zniszczenia pasów zabezpieczających ładunek przez złodziei, koszty zakupu nowych opon oraz niematerialne straty zdrowotne kierowcy, spowodowane odurzeniem przez przestępców. Jak widać, nawet stosunkowo niewielka szkoda wyrządzona w jakimkolwiek procesie transportu drogowego, generuje kolejne straty i koszty.

METODA PROBABILISTYCZNA – PRAWDOPODOBIEŃSTWO I MIARA ZAGROŻENIA DLA KRADZIEŻY PALIWA ORAZ CELOWEGO USZKODZENIA LUB ZNISZCZENIA POJAZDÓW

W przedsiębiorstwie transportowo-logistycznym dysponującym pokaźną flotą pojazdów, w magazynach i serwisach składowane są duże ilości środków eksploatacyjnych, takich jak paliwa oraz oleje, które muszą być na bieżąco uzupełniane w pojazdach. Dostęp do nich mają pracownicy zaplecza technicznego, mechanicy oraz kierowcy. Analizowano w przedsiębiorstwie transportowo-logistycznym dwa zdarzenia niepożądane, których wystąpienie może powodować straty. Zdarzenia niepożądane to:

$A^{(1)}$ - kradzież paliwa lub środków eksploatacyjnych przez pracowników lub osoby trzecie,

$A^{(2)}$ - celowe uszkodzenie lub zniszczenie pojazdów bądź urządzeń przez pracowników lub osoby trzecie.

Określono poziom ryzyka pojedynczego zdarzenia oraz ryzyko całkowite dla obu zdarzeń w czasie funkcjonowania przedsiębiorstwa, przez 1 rok. Każde z powyższych dwóch zdarzeń, naraża firmę na poniesienie strat finansowych, o różnych kwotach. Przedziały kwotowe szkód oraz prawdopodobieństwa zaistnienia tych sytuacji $f_5^{(k)}$, zamieszczono na rysunku 3. Prawdopodobieństwo wystąpienia wyżej wymienionych zdarzeń w czasie rocznego funkcjonowania przedsiębiorstwa przyjęto z danych statystycznych. Mają one wartości: $Q^{(1)}=0,7 \cdot 10^{-5}$, $Q^{(2)}=0,4 \cdot 10^{-5}$.

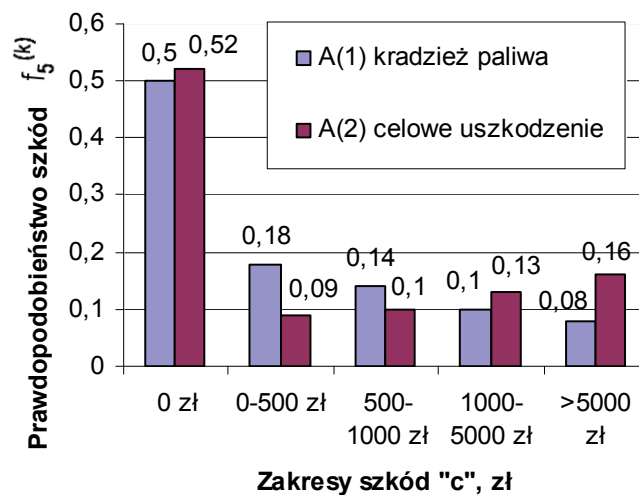
Każdą z miar ryzyka cząstkowego, zdarzeń $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$ wyznaczono z zastosowaniem wyrażenia [41]:

$$\Lambda_5^{(k)}(c, 1) = Q^{(k)}(1) \cdot Z_5^{(k)}(c) \quad (6)$$

gdzie miarą zagrożenia całkowitego $Z_5^{(k)}(c)$ jest prawdopodobieństwo mówiące, że zdarzenie $A^{(k)}$ spowoduje straty finansowe co najmniej c . Zgodnie z tym, zagrożenie $Z_5^{(k)}(c)$ można przedstawić jako:

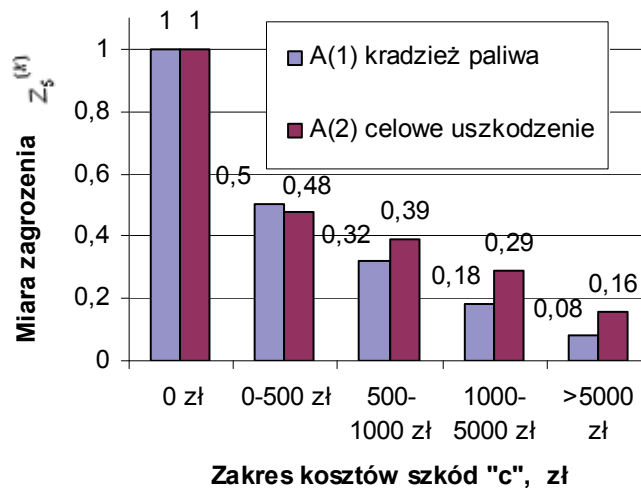
$$Z_5^{(k)}(c) = \sum_{i=1}^{i=4} f_5^{(k)}(i) \quad (7)$$

Stosując wzór (7), wyznaczono więc miarę zagrożenia $Z_5^{(k)}(c)$, dla rozpatrywanych zdarzeń $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$. Przykładowo, dla zakresu strat finansowych $c=500-1000$ zł, miara zdarzenia $A^{(1)}$ wynosi: $Z_5^{(1)}(c=500-1000\text{zł})=f_5^{(1)}(c=500-1000\text{zł})+f_5^{(1)}(c=1000-5000\text{zł})+f_5^{(1)}(c>5000\text{zł})$, czyli ma wartość $Z_5^{(1)}(c=500-1000\text{zł})=0,14+0,1+0,08 = 0,32$.



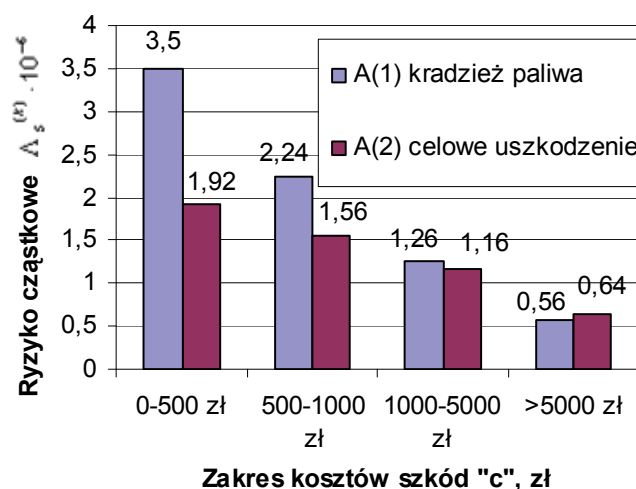
Rysunek 3 – Prawdopodobieństwo $f_5^{(k)}$ zaistnienia szkód mierzonych zakresami kosztów finansowych „c”, wywołanych dwoma zdarzeniami niepożądanymi - odpowiednio zdarzeniem $A^{(1)}$ - kradzież paliwa lub środków eksploatacyjnych oraz $A^{(2)}$ - celowe uszkodzenie lub zniszczenie pojazdów

Figure 3 – Probabilities $f_5^{(k)}$ of losses measured by financial cost ranges "c" caused by two adverse events - respectively, event $A^{(1)}$ - theft of fuel or consumables and $A^{(2)}$ - intentional damage or destruction of vehicles



Rysunek 4 – Wartości miary zagrożenia $Z_5^{(k)}(c)$ dla strat „c”, o wyodrębnionych przedziałach wartości

Figure 4 – The values of the threat measure $Z_5^{(k)}(c)$ for losses "c", with separated ranges of values



Rysunek 5 – Prawdopodobieństwo strat częściowych $\Lambda_5^{(1)}(4,1)$ oraz $\Lambda_5^{(2)}(4,1)$ o przedziałach wartości „c”, dotyczących zdarzeń stwarzających zagrożenie $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$

Figure 5 – Probability of partial losses and ranges of "c" for events posing a threat $A^{(1)}$ and $A^{(2)}$

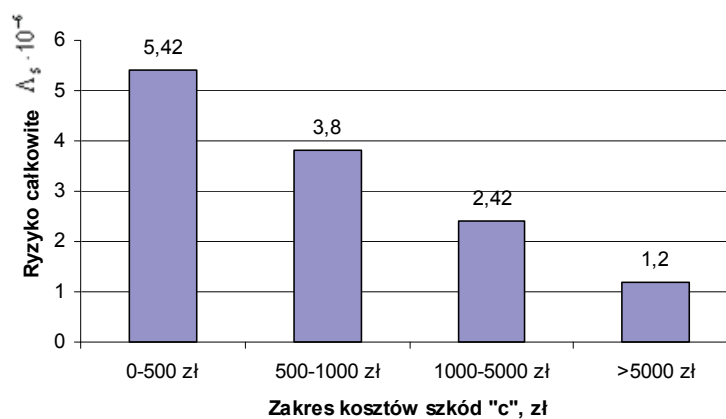
W analogiczny sposób zostały wyliczone pozostałe wartości zagrożenia $Z_5^{(k)}(c)$ zdarzeń $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$, których wartości zamieszczono na rysunku 4.

Jak wynika z uzyskanych wyników, większe straty finansowe dla firmy może przynieść zagrożenie $A^{(2)}$, celowe uszkodzenie pojazdu. Zamieszczono to z rysunku 4, jest to tendencja - wartość strat po tym zdarzeniu może się powiększać. Wynika to z faktu, że drobne/niewielkie usterki/kradzieże mogą prowadzić w rezultacie do dużej i kosztownej awarii. Można więc przypuszczać, że celowe uszkodzenie pojazdu może generować duże zagrożenie $Z_5^{(k)}(c)$. Kradzież paliwa, która może być wcześniej wykryta, dzięki pomiarom i kontroli spalania pojazdów, jest więc mniejszym zagrożeniem finansowym przedsiębiorstwa.

Miarę ryzyka, strat częściowych, dla każdego z obu zdarzeń, $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$, wyznaczono z zależności (8).

$$\Lambda_5^{(1)}(4, 1) = Q^{(1)}(1) \cdot Z_5^{(1)}(4) \quad (8)$$

Przykładowo dla zdarzenia $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$ prawdopodobieństwo powstania strat o wartości 1000-5000zł w ciągu roku wynoszą:



Rysunek 6 – Miara ryzyka całkowitego równoczesnego wystąpienia zdarzenia $A^{(1)}$ kradzieży paliwa oraz zdarzenia $A^{(2)}$ celowego uszkodzenia lub zniszczenia pojazdu

Figure 6 – Measure of the risk of a simultaneous occurrence of the event $A^{(1)}$ of fuel theft and event $A^{(2)}$ of intentional damage or destruction of the vehicle

$$\Lambda_5^{(1)}(4, 1) = 0,7 \cdot 10^{-5} \cdot 0,18 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ oraz } \Lambda_5^{(2)}(4, 1) = 0,4 \cdot 10^{-5} \cdot 0,18 = 1,16 \cdot 10^{-6}.$$

W podobny sposób wyliczono pozostałe wartości, a wyniki obliczeń zamieszczono na rysunku 5. Ryzyko częściowe strat poniżej 5000 zł jest mniejsze dla zdarzenia $A^{(1)}$, czyli kradzieży paliwa. Na ten wynik wpływa zarówno prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia pierwszego $f_5^{(k1)}$ jak i wartości miary zagrożenia $Z_5^{(k)}(c)$ dla tego zdarzenia i zakresu strat.

Ryzyko częściowe strat większych jak 5000 zł jest, więc większe dla zdarzenia $A^{(2)}$, czyli celowego uszkodzenia lub zniszczenia pojazdu. Jest to spowodowane tym, że niewykryte przestępstwo, może pociągnąć za sobą duże szkody, a niewielka usterka w rezultacie może spowodować dużą i kosztowną awarię.

W przeprowadzanej analizie wyznaczono również wartość miary ryzyka całkowitego, równoczesnego obu zdarzeń $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$, co przedstawia zależność (9).

$$\Lambda(c, 1) = \Lambda^{(1)}(c, 1) + \Lambda^{(2)}(c, 1) \quad (9)$$

Uzyskane wyniki miary ryzyka całkowitego analizowanych zdarzeń $A^{(1)}$ oraz $A^{(2)}$ przedstawiono na rysunku 6.

PODSUMOWANIE

Ryzyko i szkody towarzyszą transportowi niemal na każdym jego etapie, począwszy od przyjęcia zlecenia, przez załadunek, przewóz i dostawę, aż po czynności związane z fakturowaniem czy księgowaniem zleceń. Na podstawie literatury stwierdzono, że aktualnie największym zagrożeniem w transporcie drogowym są kradzieże towaru i środka transportu, przestępstwa jak również rozboje rozbójnicze, wymuszenia rozbójnicze, włamania oraz akty terroru (zdarzenia nielosowe). Powodują one

duże straty dla przedsiębiorców, których świadomość występowania, takiego ryzyka, jest coraz większa. Szczególnie często dochodzi do kradzieży towaru, lub również pojazdu z towarem, podczas jego postoju w godzinach nocnych, koniecznego odpoczynku dniowego, na parkingach niestrzeżonych zwłaszcza, gdy ładunek jest dużej wartości. Prewencja w tych sytuacjach spoczywa na kierowcy i spedytorze. Powinni oni odpowiednio zabezpieczyć ładunek, korzystać z parkingów oświetlonych, monitorowanych i strzeżonych jak i korzystać z technologii wspomagających transport jak: GPS (Global positioning system), RFID (Radio-frequency identification), CB Radio, tracking (łączy wykorzystanie automatycznej lokalizacji pojazdów w poszczególnych pojazdach z oprogramowaniem gromadzącym dane o tych flotach, w celu uzyskania kompleksowego obrazu lokalizacji pojazdów) [7, 42, 46]. Istotnym jest także wykupienie polisy CARGO, OCP (Odpowiedzialności Cywilnej Przewoźnika) czy innych ofert zakładów ubezpieczeniowych, aby straty powstające zarówno po stronie klienta jak i przewoźnika mogły być pokryte przez ubezpieczyciela.

Wiele problemów związanych z ograniczeniem oszust regulują przepisy prawne: Jest to Konwencja o umowie międzynarodowego przewozu drogowego towarów CMR [14, 21], prawo przewozowe [34]. Jest to także Konwencja TIR (Transport international routie) [6, 13] jak również niektóre obowiązki lub prawa zapisane u umowie o przewóz. Istotnym jest zwłaszcza to, że, nadawca ponosi koszty, czy też szkody, którymi nie został obciążony przewoźnik, a które są spowodowane brakiem dostatecznych informacji zawartych w liście przewozowym CMR.

Analizowana była próba podpalenia pojazdu podczas postoju, za pomocą metody drzewa zdarzeń/niezawodności. Szkoda w wyniku takiej sytuacji, może osiągać bardzo dużą wartość finansową oraz niematerialną, zdrowie czy życie osób. Duże i zbliżone prawdopodobieństwo przypisano zdarzeniu: wezwanie służb ratowniczych, wyeliminowaniu zagrożenia przez kierowcę oraz spóźnieniu straży pożarnej. Spośród pięciu analizowanych scenariuszy, w dwóch z nich nie udaje się wyeliminować pożar, który wynikł z aktu podpalenia. Obliczona miara zagrożenia, osiągnęła wartość $Z_o^{(k)}=0,72$. Jej wartość determinuje straty finansowe. Oszacowana miara, wskazuje na stratę około 72000 zł, gdy pojazd ma wartość 1000000 zł.

Innym zdarzeniem analizowanym była kradzieży towaru z pojazdu, który został zaparkowany w celu odbycia przerwy dniowej, w czasie zmiany roboczej kierowcy. Na duże prawdopodobieństwo wystąpienia tej szkody miały wpływ zdarzenia pośrednie, zwłaszcza: opuszczenie pojazdu przez kierowcę podczas postoju, zaparkowanie pojazdu na parkingu niestrzeżonym, nieostrożność kierowcy podczas wypoczynku jak i odurzenie kierowcy przez złodzieja oraz niewystarczające zabezpieczenie ładunku. Stwierdzone prawdopodobieństwo kradzieży towaru $P[A]=0,73$, oznacza wystąpienie średnio 7 przypadków kradzieży na 10 możliwych sytuacji. Jest o bardzo duża wartość, którą uzyskano metodą drzewa niezdatności/błędu.

Analizowano także, metodą probabilistyczną, prawdopodobieństwo i zagrożenie strat finansowych przewoźnika w przypadku zdarzenia: kradzież paliwa lub środków eksploatacyjnych przez pracowników lub osoby trzecie oraz celowe uszkodzenie lub zniszczenie pojazdu bądź urządzeń. Wielkości szkód wyrządzonych przez powyższe sytuacje podzielono na pięć kategorii, według kwoty strat. Wyznaczono prawdopodobieństwo zagrożenia strat finansowych oraz miarę ryzyka częściowego i całkowitego. Wskazano, że większe straty finansowe dla firmy może przynieść zagrożenie, celowe uszkodzenie pojazdu niż zagrożenie kradzież paliwa, która może być wcześniej wykryta, dzięki pomiarom i kontroli spalania pojazdów. Wynika to z faktu, że drobne/niewielkie usterki/kradzieże mogą prowadzić w rezultacie do dużej i kosztownej awarii. Miara ryzyka całkowitego wynosiła od 5,42, dla przedziału kwotowego 0-500 zł oraz do 1,20, dla kwoty przewyższającej 5000 zł strat. Stwierdzono, że prawdopodobieństwo zaistnienia szkód, maleje wraz z ich wartością. W praktyce pracy spedytorów transportu, bardzo często jest to także obserwowane. Stwierdza się taką zależność, na podstawie prowadzonych kontroli wewnątrz przedsiębiorstw. Prowadzone kontrole mają na celu wyeliminowanie zdarzeń niepożądanych oraz wczesne ich wykrycie.

Podsumowując, należy stwierdzić, że transport drogowy jest bardzo podatny na wszelkiego rodzaju straty i szkody, którego ryzyko wystąpienia jak duże. Terroryzm, napływ imigrantów, rosnąca przestępczość, brak odpowiedniej infrastruktury, która pozwoliłaby kierowcom odbierać odpoczynki w cywilizowany sposób bez świadomości ciągłego zagrożenia. Niemal na każdym etapie i w każdym procesie przewozów istnieje zagrożenie. Ponieważ nie można całkowicie wykluczyć ryzyka, ważna jest jego identyfikacja (świadomość występowania), kontrola, szkolenie z tego zakresu, przepracowanie prawdopodobnych scenariuszy zdarzeń oraz umiejętność utrzymania na akceptowanym poziomie, aby możliwość wystąpienia szkód lub strat ograniczyć do minimum.

REFERENCES

1. Bęczkowska S, Grabarek I, Choromański W. (2013) Modele oceny ryzyka w drogowym transporcie towarów niebezpiecznych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, z. 96, 77-86, Transport, Warszawa.
2. Bogdanowicz S. (2012) Podatność: teoria i zastosowanie w transporcie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
3. Borysiewicz M., Potemski S. (2001) Podstawy analiz ryzyka i zarządzania ryzykiem w odniesieniu do awarii transportowych. Otwock - Świerk.
4. Chruzik K. 2016 Inżynieria bezpieczeństwa w transporcie. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
5. Cyganik J. (2014) Ryzyko w transporcie drogowym - źródła i wielkość szkód. *Logistyka* 3, 31-36.
6. Decyzja rady z dnia 28 maja 2009 r. w sprawie opublikowania w skonsolidowanej formie tekstu Konwencji celnej dotyczącej międzynarodowego przewozu towarów z zastosowaniem karnetów TIR (konwencja TIR) z dnia 14 listopada 1975 r. ze zmianami wprowadzonymi do konwencji od tej daty. 2009/477/WE.
7. Hrycak A., Młotek C. (2017) Monitorowanie przewozów towarów: sprostaj nowym obowiązkom, Stan prawny na 18 kwietnia 2017 r., Wydawnictwo Wiedza i Praktyka, Warszawa.
8. ISO 31000:2018: Risk management - Guidelines.
9. ISO 39001:2012: Road traffic safety (RTS) management systems - Requirements with guidance for use.
10. Kalda G., Kovtun I., Pietrucha-Urbanik K. (2015) Selected issues of work safety. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
11. Kodeks karny skarbowy. Dz.U. 2017, poz. 2226 - wersja aktualizowana. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 listopada 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy - Kodeks karny skarbowy. Warszawa, dnia 1 grudnia 2017 r. Poz. 2226.
12. Kodeks karny. Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. Dz.U. 1997 nr 88 poz. 553 z późn. zm. Opracowano na podstawie: t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 2204, z 2018 r. poz. 20, 305, 663.
13. Konwencja celna dotycząca międzynarodowego przewozu towarów z zastosowaniem karnetów TIR (Konwencja TIR) wraz z protokołem podpisania. Dz.U. PRL, Nr 22, poz. 96 z dnia 16 kwietnia 1982 r. Tekst konwencji zawiera załącznik.
14. Konwencja o umowie międzynarodowego przewozu drogowego towarów (CMR) sporządzona w Genewie dnia 19 maja 1956 r. (Dz.U. z 1962 r. Nr 49, poz. 238, sprost. Dz.U z 1995 r. Nr 69, poz. 352). Zrzeszenie Międzynarodowych Przewoźników Drogowych w Polsce, 12.10.2007 r.
15. Krystek R. (red.) (2009) Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu: praca zbiorowa T.1. Diagnostyka bezpieczeństwa transportu w Polsce. WKiŁ, Warszawa.
16. Krystek R. (red.) (2009) Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu: praca zbiorowa T.2. Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu. WKiŁ, Warszawa.
17. Kulińska E. (2015) Parametryzacja kosztów ryzyka procesów logistycznych. Wydawnictwo PLACET, Warszawa.
18. Kwaśniewski S., Kulczyk J., Kierzkowski A., Józwiak Z. (2014) Ładunki niebezpieczne w transporcie towarów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
19. Laskowska-Woś K., Matuszkiewicz M., Jedrzejak B., Ratajczak R., Petranik M., Radomski M., Czauderna I., Szwed I. (2016) Warunki wykonywania transportu: odpowiedzialność za przewóz towarów i osób. Wydawnictwo Wiedza i Praktyka, Warszawa.
20. Madej B., Michniak J., Madej R., Kurcz J. (2016) Certyfikat kompetencji zawodowych przewoźnika drogowego: podręcznik przewoźnika oraz osoby zarządzającej transportem. Wydanie 15 zaktualizowane. Akademia Transportu i Przedsiębiorczości, Warszawa.
21. Marciniak-Neider D., Neider J. (red.) i inni (2014) Podręcznik spedytora - transport, spedycja i logistyka. Polska Izba Spedycji i Logistyki, Gdynia.
22. Markusik S. (2011) Infrastruktura logistyczna w transporcie. T. 1, Środki transportu. Wyd. 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

23. Markusik S. (2013) Infrastruktura logistyczna w transporcie. T. 2, Infrastruktura punktowa - magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe. Wyd. 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
24. Młyńczak M. (1997) Analiza ryzyka w transporcie i przemyśle. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
25. Neider J. (2015) Transport międzynarodowy. Wyd. 3 zm., Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
26. Nepelski M. (2016) Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie, Szczytno.
27. PN-ISO 31000:2012 - wersja polska: Zarządzanie ryzykiem - Zasady i wytyczne.
28. PN-EN 61025:2007E: Analiza drzewa niezdatności (FTA). Fault tree analysis (FTA).
29. PN-EN 62502:2011E: Techniki analizy niezawodności - Analiza drzewa zdarzeń (ETA). Analysis techniques for dependability - Event tree analysis (ETA).
30. PN-EN 31010:2010E: Zarządzanie ryzykiem - Techniki oceny ryzyka. Risk management - Risk assessment techniques.
31. PN-EN 60812:2009P: Techniki analizy nieuszkodzalności systemów - Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń (FMEA).
32. PN-EN 61882:2016-07 - wersja angielska: Badania zagrożeń i zdolności do działania (badania HAZOP) - Przewodnik zastosowań. Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide.
33. PN-IEC 300-3-9: Analiza ryzyka w systemach technicznych.
34. Prawo przewozowe. Ustawa z dnia 15 listopada 1984 r. Dz.U. 1984 Nr 53 poz. 272, (tekst jednolity) Dz. U. z 2017 r. poz. 1983.
35. Prochowski L., Żuchowski A. (2015) Technika transportu ładunków. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa.
36. Raport Bezpieczny transport, PISiL (2006), www.pisil.pl, (dostęp 1.05.2018).
37. Seidl M., Šimak L., Zamiar Z. (2011) Bezpieczeństwo w transporcie. Wydawnictwo Międzynarodowej Wyższej Szkoły Logistyki i Transportu, Wrocław.
38. Sienkiewicz P. (Red.), Kołodziński P., Świeboda H., Pacek B., Lichocki E., Szczepaniuk E., Kosowski B., Szymanek A., Płusa T., Szymonik A., Sobolewski G., Marszałek M. (2015) Inżynieria systemów bezpieczeństwa. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
39. Skala kradzieży w europejskim transporcie drogowym w latach 2009-2011. Raport. Rzetelny Przewoźnik. (Raport PL.cdr - Spedycje.pl, dostęp 1.05.2018).
40. Szopa T. (2004) Koncepcja graficznego przedstawiania terytorialnego rozkładu ryzyka i zagrożeń. Monitoring zagrożeń i metody osłony środowiska. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
41. Szopa T. (2016) Niezawodność i bezpieczeństwo. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
42. Szymanek A. (2014) Rozwój standardów zarządzania ryzykiem w transporcie drogowym. Logistyka 3, 6185-6191.
43. Tomanek R. (2004) Funkcjonowanie transportu. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice.
44. Trzpiot G. (Red.) (2013) Wielowymiarowe modelowanie i analiza ryzyka. Ryzyko finansowe - modele matematyczne. Studia Ekonomiczne: zeszyty naukowe wydawnictwa Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, z.162, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Warszawa.
45. Wierzejski T., Kędzior-Laskowska M. (2014) Transport i spedycja. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn.
46. Wieteska G. (2009) Czynniki ryzyka dla strumienia towaru w łańcuchu dostaw. Logistyka 3, 23-26.
47. www.statystyka.policja.pl (dostęp 1.05.2018).

STRESZCZENIE

MICHALSKI Jacek. Straty i szkody w drogowej spedycji mieszanej na podstawie analizy ryzyka przewozu towarów / Ja. MICHALSKI // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

Przedstawiono analizę literatury na temat kradzieży i przestępstw w drogowym transporcie towarów. Stosując metodę drzewa zdarzeń/prawdopodobieństwa analizowano prawdopodobieństwo podpalenia w nocy pojazdu podczas postoju na parkingu, gdy kierowca znajduje się wewnątrz. Wyznaczono także prawdopodobieństwo kradzieży dwu opon znajdujących się w naczepie, na parkingu niestrzeżonym w nocy, podczas odbywania przerwy dniowej przez kierowcę ciągnika siodłowego. Analizę tę przeprowadzono metodą drzewa niezdatności/błędu. Wyznaczono miarę ryzyka, cząstkowego jak i całkowitego, kradzieży paliwa oraz celowego uszkodzenia lub zniszczenia pojazdu przez pracowników przedsiębiorstwa transportowego, lub osoby trzecie, metodą probabilistyczną.

РЕФЕРАТ

МІХАЛЬСКИ Яцек. Втрати та збитки в змішаних дорожніх перевезеннях на основі аналізу ризиків перевезення товару / Я. МІХАЛЬСКИ // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті представлено аналіз даних про крадіжки товарів та інші злочини на автомобільному транспорті. Використовуючи метод дерева подій/ймовірності, аналізується ймовірність підпалу транспортного засобу вночі під час стоянки автомобіля на парковці з водієм. Також була визначена ймовірність крадіжки двох шин у напівпричепі на незахищеній автостоянці вночі, коли водій тягача відсутній. Розраховано міру ризику крадіжки палива та навмисного пошкодження або руйнування транспортного засобу працівниками транспортної компанії або третіми сторонами, використовуючи ймовірнісний метод.

В результаті досліджень встановлено, що в даний час найбільшою загрозою в галузі автомобільного транспорту є крадіжки товарів і транспортних засобів, а також грабежі, вимагання та акти терору (невипадкових подій). Вони завдають великих збитків підприємцям, чия поінформованість про виникнення такого ризику зростає. Разом з тим небезпека існує практично на кожному етапі транспортного процесу.

Особливо часто крадіжка товару або транспортного засобу з товаром трапляється під час зупинки вночі, необхідного денного відпочинку на незахищених автостоянках. Особливо висока ймовірність злочину, коли вантаж має високу ціну. Профілактика в таких ситуаціях залежить від водіїв і вантажовідправників. Вони повинні належним чином забезпечити навантаження, використовувати освітлені паркінги що охороняються та використовувати спеціальні технології транспорту: GPS (глобальна система позиціонування), RFID (радіочастотна ідентифікація), СВ-радіо, стеження (поєднає в собі використання автоматичного визначення місцеположення транспортного засобу з програмним забезпеченням збору даних по автопарку. Важливо також, щоб ймовірні збитки бути покриті страховиком. Тільки комплексний підхід дозволить забезпечити безпеку водія та збереженість транспортного засобу і вантажу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗЛОЧИННІСТЬ, КРАДІЖКИ, БЕЗПЕКА, ОХОРОНА, СТЕЖЕННЯ, КОНТРОЛЬ, ЗБИТКИ.

ABSTRACT

MICHALSKI Jacek. Loss and damage in road mixed forwarding on the basis of risk analysis carriage and answers transpoport offers. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article presents the analysis of data on theft of goods and other crimes in road transport. Using the event / probability tree method, the probability of arson of a vehicle at night when parking a car in a car park with a driver is analyzed. Also, the probability of theft of two tires in a semi-trailer on an unprotected parking lot at night when the driver of the tractor was absent was determined. The risk of fuel theft and deliberate damage or destruction of the vehicle by the transport company's employees or third parties is calculated, using the probabilistic method.

As a result of the research, it was found that currently the greatest threat to the road transport sector is the theft of goods and vehicles, as well as robbery, extortion and acts of terror (non-accidental events). They cause large losses to entrepreneurs whose awareness of such risks increases. At the same time, the danger exists at virtually every stage of the transport process.

Especially often theft of goods or vehicles with goods occurs during a stop at night, requiring daily rest on unprotected parking lots. The probability of a crime is particularly high when the cargo has a high price. Prevention in such situations depends on drivers and shippers. They should provide adequate load, use protected lighted parking areas and use special transport technologies: GPS (Global Positioning System), RFID (Radio Frequency Identification), CB Radio, Tracking (combining the use of automatic location detection of a vehicle with a collection software). It is also important to ensure that the probable losses are covered by the insurer. Only a comprehensive approach will ensure driver safety and the safety of the transport vehicle and cargo.

KEYWORDS: CRIMINAL, REDUCTION, SAFETY, PROTECTION, STRUCTURE, CONTROL, DAMAGE.

AUTOR:

MICHALSKI Jacek, Prof. dr hab. inż, Politechnika Rzeszowska, profesor, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, jmichals@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12

АВТОР:

МІХАЛЬСЬКІ Яцек, професор, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, jmichals@prz.edu.pl, тел.: +48178651531, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12

AUTHOR:

MICHALSKI Jacek, Doctor of Technical Science, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, jmichals@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Поліщук В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпека дорожнього руху, Київ, Україна.

Любас Януш, доктор технічних наук, професор, Жешувська політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Polishchuk V.P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, head of the transport system and road safety department, Kyiv, Ukraine

Lubas Janush, Doctor of Technical Sciences, professor, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 621.793
UDK 621.793

МАТЕРІАЛИ У CVD-ТЕХНОЛОГІЯХ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6606-1365

Посвятенко Н.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Мельник Т.В., кандидат історичних наук, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна, melnicktamara@yandex.ua, orcid.org/0000-0002-0150-6535

MATERIALS IN CVD-TECHNOLOGIES ENGINEERING SURFACE PARTS OF MEANS OF TRANSPORT

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6606-1365

Posviatenko N.I., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Melnik T.V., Ph.D., National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, Ukraine, melnicktamara@yandex.ua, orcid.org/0000-0002-0150-6535

МАТЕРИАЛЫ В CVD-ТЕХНОЛОГИЯХ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Посвятенко Э.К., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6606-1365

Посвятенко Н.И., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина natali1963@ukr.net, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Мельник Т.В., кандидат исторических наук, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, Украина melnicktamara@yandex.ua, orcid.org/0000-0002-0150-6535

Постановка проблеми.

Метод CVD – Chemical Vapour Deposition – один з основних напрямків інженерії поверхні деталей машин [1]. Метод включає хіміко-термічні технології та технології електрохімічного і хімічного осадження покриттів на металевій поверхні деталі. Ці технології можуть бути використані для отримання покриттів, модифікування поверхневого шару деталі, а також як комбіновані. У всіх випадках однією із найважливіших складових є матеріали.

Слід відзначити, що на сьогодні відомі біля 400 тис. неорганічних речовин, які використовуються у основних та допоміжних процесах інженерії поверхні [2, 3].

Проте, немає системного дослідження використання матеріалів, їх сполук, твердих розчинів та сумішей у CVD-технологіях. Проблеми підготовки поверхні деталей для виготовлення та відновлення, власне процеси отримання поверхневих шарів і модифікування основи, а також завершальної стадії процесів, якою є механічна обробки лезовим чи абразивним інструментом шару з потрібними експлуатаційними властивостями, розглядаються кожна окремо. У спеціальній науковій літературі дані щодо використання матеріалів для ланцюжка цих технологій розрізнені. Тому системне дослідження у даному напрямку, включаючи історичні етапи виникнення і використання матеріалів для інженерії поверхні деталей машин, є актуальним.

Мета дослідження – систематизувати історичні етапи виникнення і використання матеріалів для CVD- технологій інженерії поверхні деталей машин.

Методика і результати досліджень.

Розглянемо основні етапи виникнення речовин у історичному аспекті.

Усі періоди розвитку неорганічної хімії поділяються на наступні: найдавніший, алхімія, ятрохімія, поява технічної хімії, класична хімія та сучасний період.

Упродовж найдавнішого періоду, який умовно закінчився зломом XII та XIII ст. н.е., були відкриті мідь, ртуть, срібло, золото, олово, свинець, залізо, сірка, вуглець, порох і порцеляна. У наступний алхімічний період (до початку XVI ст. н.е.) були винайдені деякі мінерали, миш'як, сурма, цинк, вісмут, певні кислоти, солі та луги, а також селітра. Засновник ятрохімії Парацельс запровадив до медичної практики препарати ртуті, срібла, золота, інших металів для хімічних засобів лікування. Технічна хімія виникла у XVII – першій половині XVIII ст. Тоді було отримано фосфор, кобальт, платину і нікель, створено виробництво азотної, сірчаної, соляної кислот, а також сульфату цинку, нашатирю, бури, галунів. Були розроблені мінеральні барвники та удосконалена технологія кераміки. У 1722 р. Реомюр (Франція) винайшов спосіб отримання середньо- та високовуглецевих сталей шляхом сумісного плавлення у одній печі низьковуглецевої сталі (криці) та чавуну.

Початок XVIII ст. пов'язаний з розповсюдженням теорії флогістону, тобто створення теоретичних засад горіння, що стало наприкінці XIX ст. основою процесів газотермічної обробки. У другій половині XVIII ст. були відкриті барій, марганець, молібден і телур. При цьому застосовувались аналітичні методи. Тоді ж за допомогою електрики була розкладена вода і отримані перші найпростіші гази: водень, кисень, азот і хлор. У 1797 р. французький вчений Тенант, спаливши брильянт у вакуумі, показав, що алмаз (діамант) є простою речовиною – вуглецем. На основі праць Гальвані та Вольты запропоновано електрохімічний ряд стандартних електродних потенціалів. У 1786 р. Гальвані відкрив електричний струм, а у 1799 р. Вольт – "вольтів стовп" – джерело постійного електричного струму.

Уперше термін "технологія" стосовно хімічних процесів застосував професор Гетингенського університету Йоганн Фрідріх Бекман (1772 р.)

Злам XVIII та XIX ст. характеризується завершенням періоду електростатики, яка уже тоді широко застосовувалась у хімічних технологіях, що також виникли на зламі цих століть.

Слід відзначити, що період електростатики, як системної науки технічного спрямування, що мав вплив на хімічні технології, розпочався у 1600 р. Тоді друкованою працею англійського вченого Вільяма Гілберта "Про магніт, магнітні тіла і великий магніт – Землю" розпочався 200-літній період електростатики. Автор розрізнив явища електрики і магнетизму, запропонував термін "електрика" і "електроскоп" та описав перший прилад для електричного спостереження.

Використовуючи набір гальванічних батарей, петербурзький вчений Василь Петров відкрив електричну дугу. Це явище пізніше стало основою способів дугового зварювання неплавким (Микола Бенардос, 1881 р.) та плавким (Микола Славянов, 1888 р.) електродами. Ці способи є на сьогодні основою одного з головних методів інженерії поверхні деталей машин – наплавлення. У публікації "Известие о гальванивольтовых опытах, которые проводил профессор физики Василий Петров" було вказано на практичне застосування дуги, зокрема, для освітлення, електроплавлення, відновлення металів з окислів. Петров також досліджував електроліз, електричні розряди у газах, люмінесценцію, ізоляцію провідників.

У кінці XVIII – на початку XIX ст.ст. було винайдено на основі ідеї Реомюра високовуглецеву евтектоїдну та заевтектоїдну сталь (вміст вуглецю 0,6 – 1,5%; кремнію 0,2 – 0,4%; марганцю 0,15 – 0,35%) та способу її гартування (Англія, Франція, Німеччина). І на сьогодні високовуглецеві сталі використовуються для отримання покриттів і модифікування поверхневого шару деталей (наприклад, цементацією). Подальше поліпшення технології і властивостей вуглецевої сталі здійснили у XIX ст. Аносов (Росія, 1837 р.), Бесемер (Англія, 1856 р.), брати Сіменси (Німеччина, 1858 р.), брати Мартени (Франція, 1864 р.) і Томас (Англія, 1878 р.). Таким чином, на середину XIX ст. важливим зносостійким матеріалом стала сталь зі вмістом вуглецю 0,5 – 1,5 %, яка у процесі гартування і низького відпускання отримувала високі твердість (HRC 60) і міцність ($\sigma_{\text{зг}} = 3$ ГПа). Однак, на цей час за попередні 100 років уже було відкрито і отримано у вільному стані 28 раніше невідомих металів від нікелю (1751 р.) і вольфраму (1783 р.), марганцю, молібдену, магнію, кальцію, барію, цирконію, алюмінію (1822 р.), титану, берилію, ванадію (1869 р.) тощо. Ці елементи незабаром стали складовими легованої сталі. Так, у 1861 р. англійський дослідник Роберт Мушет створив першу леговану сталь, до складу якої було введено вольфрам, марганець і хром.

Відомо [2, 3], що основні закономірності хімічної технології базуються на використанні законів хімічної термодинаміки і кінетики. Невід'ємною частиною хімічної кінетики є каталіз, який є розповсюдженим методом отримання і перетворення речовин. Каталітичні процеси широко використовуються для отримання продуктів хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та ін. галузей промисловості. Виробництво аміаку, сірчаної та азотної кислот, водню, оксиду вуглецю здійснюються каталітичними методами. Промислове виробництво неорганічних речовин складається

з виробництва основних хімічних сполук – кислот, лугів, солей; електрохімічного виробництва – водню, кисню, хлору, лугів; металургії – виробництва чорних, кольорових, благородних та рідкісних металів; силікатної промисловості – виробництва скла, кераміки; виробництва мінеральних фарб і пігментів; виробництва тонких неорганічних продуктів – хімічних реактивів.

Після створення у 1800 р. першого джерела електричного струму ("вольтів стовп"), гальванічних елементів, приладів для вивчення електролізу, термоелектричних і магнітних явищ, починаються активні дослідження електричного струму, його магнітних, хімічних теплових, світлових властивостей. За короткий термін (30 – 40 років) були відкриті європейськими ученими (Ом, Ерстед, Ампер, Біо, Савар, Джоуль, Ленц) основні закони електричного струму. У 1833 – 1834 рр. Майкл Фарадей установив закон електролізу, який і на сьогодні є основою CVD – технологій інженерії поверхні деталей машин. Таким чином, злам XVIII – XIX ст.ст. можна вважати завершенням електростатики і початком електродинаміки, що посилювало взаємозв'язок електричних та хімічних технологій.

Технології процесів зв'язаного азоту і виробництва соди є головними галузями основної хімії. Від рівня їх розвитку залежить рівень розвитку усієї хімічної промисловості і забезпечення азотовмісними речовинами і похідними соди. Підкреслюючи важливу роль азоту та його сполук, акад. Д. Прянішников наголошував, що "именно азот является самым могучим двигателем в процессах развития, роста и творчества природы. Его уловить, им овладеть – вот в чем ключ к экономике, подчинить его источник, который бьет с неисчерпаемой энергией – вот в чем тайна благосостояния" [3].

Для розділення повітря вилученням азоту технічними засобами використовують низькі температури. Вивчення критичної температури і досягнення вакуумної та холодильної техніки дозволили у кінці XIX ст. здійснити і реалізувати у промисловому масштабі розділення повітря і отримати у рідкому та твердому стані азот, а також кисень і водень.

У процесах інженерії поверхні широко застосовується азотування – хіміко-термічна обробка сталевих деталей, яка полягає у дифузійному насиченні поверхневого шару азотом. Мета азотування – одержання високої твердості і зносостійкості поверхні при збереженні в'язкості і міцності серцевини, підвищення межі витривалості і корозійної стійкості деталі [4]. Потрібна твердість поверхневого шару досягається за рахунок розчинення азоту у фериті і утворення дисперсних нітридів легуючих елементів сталі. На сьогодні відомі і застосовуються у промисловості два способи азотування: процес у середовищі аміаку, що розкладається при температурі 510 – 540 °C на водень і атомарний азот, та іонне азотування у тліючому розряді вольт-амперної характеристики при температурі 500 – 550 °C та тиску 130 – 1300 Па у спеціальній камері. Останній процес є більш вартісним, проте запобігає "водневій хворобі" деталі.

Важливим продуктом хімічної промисловості є сода і її похідні: кальцинована, каустична, кристалічна сода та гідрокарбонат натрію. Ці продукти застосовуються при виробництві скла, у чорній та кольоровій металургії, целюлозно-паперовій, текстильній, харчовій і нафтопереробній галузях, медицині тощо. У технології інженерії поверхні похідні соди застосовуються при підготовці деталей для нанесення покриття чи модифікування поверхневого шару.

Склад та термообробка швидкорізальних сталей були запропоновані американським інженером та винахідником Ф. Тейлором у 1898 р. [5]. Висока теплостійкість цих сталей визначається введенням до їх складу вольфраму, молібдену і хрому, що утворюють складні карбіди. Останні зв'язують майже весь вуглець, якого у швидкорізальних сталях міститься біля 1%. Тому коагуляція карбідів розпочинається при значно вищих температурах і теплостійкість сталі зростає до 550 – 600 °C. Висока твердість (HRC 63 – 65) і міцність ($\sigma_b = 2,5$ ГПа; $\sigma_{zg} = 2,1 - 2,4$ ГПа; $\sigma_{ct} = 4$ ГПа) швидкорізальних сталей пояснюється перетворенням залишкового аустеніту у мартенсит ($\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення) у процесах гартування і багаторазового відпускання. Цьому сприяє також і дисперсійне зміцнення у результаті виділення карбідів, що виконують роль фази-зміцнювача. Структура повністю термообробленої швидкорізальної сталі складається з мартенситу, легovanого переважно вольфрамом та молібденом і, менше – ванадієм та хромом, а також дисперсійних і надлишкових карбідів, що не розчинилися при гартуванні.

Швидкорізальні сталі, яких на сьогодні налічується понад 20 марок, застосовуються або розглядаються як перспективні для різних способів інженерії поверхні деталей машин, у тому числі і CVD-технології.

Наприкінці 20-х років XX ст. у Німеччині (1927 р.) і СРСР (1929 р.) було створено принципово новий конструкційний матеріал – металокерамічний твердий сплав на основі карбіду вольфраму як

скелету та наповнювача і кобальту як зв'язуючої речовини [2]. Твердий сплав можна отримати лише методами порошкової металургії. Сплави групи ВК (WC-Co) мають твердість HRA 87 – 91 і межу міцності на згин $\sigma_{зг} = 1,2 - 1,7$ ГПа, що нижче, ніж у швидкорізальних сталей, проте вищу теплостійкість, яка може сягати 900 °C. Такі фізико-механічні властивості дозволяють застосовувати тверді сплави у способах інженерії поверхні деталей машин.

Для цієї мети придатні і синтетичні алмази різної зернистості та міцності, а також їх комбінації з твердими сплавами (композиційний матеріал "славутич"). Перші синтетичні алмази були отримані у Швеції у 1953 р. (фірма ASEA), а широке промислове застосування розпочалося в Україні (Інститут надтвердих матеріалів, 1961 р.). Полікристали синтетичних алмазів мають надзвичайно високу твердість (50 – 100 ГПа по Кнупу), досить низьку міцність на стиснення ($\sigma_{в} = 0,3 - 0,8$ ГПа) та згинання ($\sigma_{зг} = 0,5 - 1,0$ ГПа). Отже, цей надтвердий матеріал досить добре працює у зносостійких композиціях, якими можуть бути споряджені поверхні деталей машин. Ще один надтвердий матеріал на основі кубічного нітриду бору (дві його щільні модифікації – сфалерит і вюрцит) також використовуються у способах інженерії поверхні, оскільки відзначаються високою твердістю (за Кнупом – 25 – 38 ГПа) і теплостійкістю, що перевищує цей показник синтетичних алмазів на 100 – 200 °C (відповідно 950 – 1000 °C і 800 °C). Міцність кубоніту на згинання знаходиться у межах $\sigma_{зг} = 0,55 - 0,98$ ГПа. У процесах інженерії поверхні нині застосовуються також різні види твердої та теплостійкої кераміки.

На сьогодні відомі і використовуються у промисловості наступні процеси CVD: хіміко-термічна обробка, гальванічні процеси, хімічне осадження.

В основу першого з них покладено дифузію. Дифузійне насичення поверхні сталей виробів вуглецем, азотом, бором, іншими елементами у поєднанні з наступною термічною обробкою (або без неї) призводить до зміни хімічного складу поверхневого шару, мікроструктури та інших властивостей. При цьому забезпечується значна відмінність останніх у поверхневому шарі та основі деталі.

Основні етапи хіміко-термічної обробки включають: дисоціацію, тобто розкладення початкових речовин з виділенням насичуючого елемента в активному атомарному стані; абсорбцію, тобто захоплення поверхнею деталі активних атомів насичуючого елемента; дифузію, тобто проникнення насичуючого елемента в основу. Дифузія активізується з підвищенням температури і протікає більш інтенсивно при утворенні твердих розчинів укорінення, ніж розчинів заміщення. Так, при боруванні, оскільки атомний радіус бору невеликий (0,091 нм) порівняно з атомним радіусом α -заліза (0,24 нм), перший створює твердий розчин вкорінення з другим, тому що вільно дифундує у залізо.

Хіміко-термічна обробка включає такі процеси інженерії поверхні: цементацію, азотування, нітроцементацію (ціанування), алітування, цинкування, хромування, силіціювання, борування.

Гальванічні процеси полягають у отриманні покриттів на поверхні провідника-основи (катод) з електропровідного розчину, що містить солі металу, який наноситься на деталь. Матеріал аноду при цьому переходить у розчин, а на катоді (деталі) відбувається його осадження. Таким чином підтримується концентрація металу у розчині. Електроосадження є процесом електрохімічної реакції, що викликає корозію на аноді. Процес відбувається за законом Фарадея, тобто маса металу, що утворюється при електролізі, прямопропорційна кількості електрики, що пропускається крізь розчин, і хімічному еквіваленту металу.

Гальванічні покриття можуть бути з металів, їх сполук, сплавів, сумішей металів з неметалевими дисперсними речовинами, наприклад, з алмазного порошку або порошку нітриду бору. В останньому випадку вони називаються композиційними електрохімічними покриттями. Такі покриття, у залежності від кількості та дисперсності неметалевої фази можуть мати високу твердість та зносостійкість, жароміцність, жаро- і корозійну стійкість, анти- і фрикційні властивості, інші необхідні характеристики.

При хімічному газофазному осадженні внаслідок перебігу хімічних реакцій біля деталі на її поверхні та у поверхневому шарі утворюються покриття. Вихідними продуктами є галогеніди, карбоніли або металоорганічні сполуки. При їх взаємодії з іншими газоподібними складовими сумішей (воднем, аміаком, вуглеводнями, оксидом вуглецю тощо) утворюються і осаджуються на поверхні деталі потрібні матеріали, тобто виникає покриття.

Газофазне нанесення покриття відбувається за схемою: хімічне випаровування; перенесення газоподібної металовмісної речовини; взаємодія цієї речовини з поверхнею деталі; утворення покриття.

При збагаченні низьковуглецевої сталі хромом досягається корозіє- та окислювостійкість. Газове азотування і цементация дозволяють отримати зносостійкі поверхневі шари з високим опором втомі. На деталях з середнім та високим вмістом вуглецю можна отримати зносостійкий шар карбідів хрому.

Прикладом хімічного газозварного осадження може також служити епітаксціальний синтез – осадження на підложку атомарно-активних елементів, наприклад, вуглецю, бору, азоту, які отримують при розкладенні речовин, що вміщують вуглець, бор, азот. Так, синтетичні алмази отримують гідролізом розчинів гідровуглецевих галогенідів і лужних металів при атмосферному тиску і кімнатній температурі або епітаксціальним осадженням на поверхні при термічній дисоціації вуглецьвміщуючих речовин.

Слід відзначити, що усі покриття і модифіковані шари, які отримано методами інженерії поверхні, у тому числі і CVD-методами, потребують фінішної механічної обробки, яка має свою специфіку. Цій проблемі присвячено ряд публікацій останнього часу, наприклад [6–8].

Висновок

CVD (Chemical Vapour Deposition) є важливим методом інженерії поверхні деталей машин, що включає підготовку цієї поверхні, власне процес нанесення покриття чи модифікування, а також обов'язкові заключні операції механічної обробки лезовим чи абразивним інструментом. Матеріалами для реалізації методу слугують: метали, неметали, гази і мінерали; їх сплави, хімічні сполуки, тверді розчини та суміші; кислоти, луги, похідні соди та солі; скло, кераміка, мінеральні фарби та пігменти; синтетичні та природні надтверді матеріали (алмаз і боразон). Між електричним та хімічними технологіями існує тісний взаємозв'язок, особливо після відкриття у 1833 – 1834 рр. законів Фарадея. На сьогодні основними CVD-технологіями інженерії поверхні є: хіміко-термічна обробка; гальванічні процеси, хімічне газозварне осадження. Напрямок CVD слід розглядати як взаємозв'язаний ланцюжок операцій: підготовка поверхні деталі; нанесення покриття чи модифікування; заключна механічна обробка.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інженерія поверхні: Підручник / К.А. Ющенко, Ю.О. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: Наук. думка, 2007. – 559 с.
2. Нариси історії розвитку прикладних технічних наук в Україні. З досвіду Харківського політехнічного інституту: Монографія / О.Є. Тверитникова, Н.І. Посвятенко, Т.В. Мельник. За заг. ред. д-ра техн. наук, проф. Е.К. Посвятенка. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2015. – 272 с. .
3. Історична спорідненість розвитку прикладних технічних наук: Монографія / Е.К. Посвятенко, О.Є. Тверитникова, Н.І. Посвятенко, Т.В. Мельник. – Х.: НТУ “ХПІ”, – Х.: ФОП Панов А.М., 2017. – 224 с.
4. Матеріалознавство: Підручник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков. За ред. проф. С.С. Дяченко. – Х.: ХНАДУ, 2007. – 440 с.
5. Посвятенко Е.К. Фредерік Тейлор – інженер та теоретик автомобільного конвеєра / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки. Наук.-техн. зб. – К.: НТУ. – 2017. – Вип. 1 (37). – С. 339 – 345.
6. Обробка деталей при відновленні і зміцненні: Посібник / Ю.О. Харламов, С.А. Клименко, М.А. Будаг'янц, Л.Г. Полонський. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В.І. Даля, 2007. – 500 с.
7. Обработка резанием деталей с покрытиями / С.А. Клименко, В.В. Коломиец, М.П. Хейфец, А.М. Пилипенко, Ю.А. Мельничук, В.В. Бурыкин. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.
8. Инструменты из сверхтвердых материалов / под ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. – М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.

REFERENCES

1. Yushchenko K.A., Boridov Yu.O., Kuznetsov V.D., & Korzh V.M. (2007) *Inzheneria poverkhni* [Engineering surface]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian].
2. Tveritnikova O.Ye, Posviatenko N.I., & Melnik T.V.(2015) *Narysy istorii rozvytku prykladnykh tekhnichnykh nauk v Ukraine. Z dosvidu Kharkivskoho politekhnichnoho instytutu. Monografiia* [Essays on the history of the development of applied technical sciences in Ukraine. From the experience of Kharkiv Polytechnic Institute]. Kharkiv: NTU “KhPI”. [in Ukrainian].

3. Posviatenko E.K., Tveritnikova O.Ye, Posviatenko N.I., & Melnik T.V. (2017) *Istorychna sporidnenist rozvytku prykladnykh tekhnichnykh nauk. Monografiia* [Historical affinity of development of applied technical sciences]. Kharkiv: NTU "KhPI", FOP Panov A.M. [in Ukrainian].
4. Diachenko S.S., Doshchechkina I.V., Movlian A.O., Pleshakov Ye.I. (2007) *Materialoznavstvo* [material science: textbook]. Kharkiv: KhNADU. [in Ukrainian].
5. Posviatenko E.K., & Posviatenko N.I. (2017) Frederik Teylor – inzhener ta teoretyk avtomobilnoho konveiera. [Frederick Taylor – engineering and theorist automobile transporter]. Visnyk Natdionalnoho transportnoho universitetu. Visnyk National Transport University, 1 (37), 339–345 [in Ukrainian].
6. Kharlamov Yu.O., Klimenko S.A., Budagyants M.A., & Polonski L.H. (2007) *Obrobka detalei pry vidnovlinni I zmitsnenni* [Treatment of parts when restoring and strengthening: Textbook]. Luhansk : vyd-vo SNU im. V.I. Dalia. [in Ukrainian].
7. Klimenko S.A., Kolomiets V.V., Kheifets M.P., Pilipenko A.M., Melniichuk Yu.A., & Burykin V.V. (2011). *Obrabotka rezaniem detalei s pokrytiami* [Machining of parts with coatings]. Kyiv: ISM im V.N. Bakulia NAN Ukrainy. [in Ukrainian].
8. Novikov N.V., & Klimenko S.A. (Ed). (2014). *Instrumenty iz sverkhtverdykh materialov* [Tools of superhard materials]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].

РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К. Матеріали у CVD-технологіях інженерії поверхні деталей засобів транспорту / Е.К. Посвятенко, Н.І. Посвятенко, Т.В. Мельник // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті розглядається відкриття та сучасний стан матеріалів у CVD-технологіях інженерії поверхні деталей машин. Розкривається сутність цих технологій і їх взаємозв'язок з іншими технологіями створення поверхневих шарів з особливими експлуатаційними властивостями.

Мета роботи – дослідження відкриття, розвитку та використання матеріалів у CVD-технологіях інженерії поверхні.

Об'єкт дослідження – матеріали для CVD-технологій інженерії поверхні деталей машин.

Матеріалами для реалізації технологій слугують: метали, неметали, гази і мінерали; їх сплави, хімічні сполуки, тверді розчини та суміші; кислоти, луги, похідні соди та солі; скло, кераміка, мінеральні фарби та пігменти; синтетичні та природні надтверді матеріали (алмаз і боразон).

Показано, що між різними відомими та хімічними технологіями існує тісний взаємозв'язок, особливо у зв'язку з відкриттям у 1833 – 1834 рр. законів Фарадея.

Основними CVD-технологіями є: хіміко-термічна обробка; гальванічні процеси, хімічне газофазне осадження. Хіміко-термічна обробка включає такі процеси інженерії поверхні: цементацію, азотування, нітроцементацію (ціанування), алітування, цинкування, хромування, силіціювання, борування. Гальванічні процеси полягають у отриманні покриттів на поверхні провідника-основи (катод) з електропровідного розчину, що містить солі металу, який наноситься на деталь. Електроосадження є процесом електрохімічної реакції, що викликає корозію на аноді. Газофазне нанесення покриття відбувається за схемою: хімічне випаровування; перенесення газоподібної металовмісної речовини; взаємодія цієї речовини з поверхнею деталі; утворення покриття.

Установлено, що напрямок CVD слід розглядати як взаємозв'язаний ланцюжок операцій: підготовка поверхні деталі; нанесення покриття чи модифікування; заключна механічна обробка.

Прогнозні припущення щодо об'єкта дослідження – поліпшення службових властивостей поверхонь деталей машин використанням матеріалів для CVD-технологій та їх комбінацій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАТЕРІАЛИ, CVD-ТЕХНОЛОГІЇ, ПОВЕРХНЕВИЙ ШАР, МОДИФІКУВАННЯ, ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ.

ABSTRACT

Posviatenko E.K., Posviatenko N.I., Melnik T.V. Materials in CVD-technologies engineering surface parts of means of transport. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

This paper describes the discoveries and current state of materials in CVD-technologies of surface engineering of machine parts. The essence of these technologies and their interrelation with other technologies of creation of superficial layers with special operational properties are revealed.

Purpose – research of discovery, development and use of materials in CVD-technology of surface engineering.

The object of research – materials for CVD-technology of surface engineering of machine parts.

Materials for the implementation of technologies are: metals, non-metals, gases and minerals; their alloys, chemical compounds, solid solutions and mixtures; acids, alkalis, soda derivatives and salts; glass, ceramics, mineral paints and pigments; synthetic and natural superhard materials (diamond and borazon). Galvanic processes consist in obtaining coatings on the surface of the conductor-base (cathode) from an electroconductive solution containing metal salts, which is applied to the component. Electrodeposition is the process of electrochemical reaction, which causes corrosion on the anode. Gas-phase coating is carried out according to the scheme: chemical evaporation; transfer of gaseous metal-containing substance; the interaction of this substance with the surface of the part; formation of coverage.

It is shown that between the various known and chemical technologies there is a close relationship especially in connection with the discovery in 1833 – 1834. Faraday's laws.

The main CVD-technologies are: chemical-thermal treatment; galvanic processes, chemical gas-phase deposition. Chemical and thermal treatment includes such processes of surface engineering: cementation, nitriding, nitrocementation (cyanidation), aliation, zinc plating, chromium plating, silting, boring.

It is proved that the direction of CVD should be considered as an interconnected chain of operations: preparation of the surface of the part; coating or modification; final machining.

Forecasting assumptions about the object of research are improvement of service properties of surfaces of machine parts using materials for CVD-technologies and their combinations.

KEYWORDS: MATERIALS, CVD-TECHNOLOGIES, SURFACE LAYER, MODIFICATION, SURFACE ENGINEERING.

РЕФЕРАТ

Посвятенко Э.К. Материалы в CVD-технологиях инженерии поверхности деталей транспортных средств / Э.К. Посвятенко, Н.И. Посвятенко, Т.В. Мельник // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассматриваются открытия и современное состояние материалов в CVD-технологиях инженерии поверхности деталей машин. Раскрывается сущность этих технологий и их взаимосвязь с другими технологиями создания поверхностных слоев с особыми эксплуатационными свойствами.

Цель работы – исследования открытия, развития и использования материалов в CVD-технологиях инженерии поверхности.

Объект исследования – материалы для CVD-технологий инженерии поверхности деталей машин.

Материалы для реализации технологий следующие: металлы, неметаллы, газы и минералы; их сплавы, химические соединения, твердые растворы и смеси; кислоты, щелочи, производные соды и соли; стекло, керамика, минеральные краски и пигменты; синтетические и природные сверхтвердые материалы (алмаз и боразон).

Показано, что между различными известными и химическими технологиями существует тесная взаимосвязь, особенно в связи с открытием в 1833 – 1834 гг. законов Фарадея.

Основными CVD-технологиями являются: химико-термическая обработка; гальванические процессы, химическое газофазное осаждение. Химико-термическая обработка включает такие процессы инженерии поверхности, как цементацию, азотирование, нитроцементацию (цианирование), алитирование, цинкование, хромирование, силицирование, борование. Суть гальванических процессов заключается в получении покрытий на поверхности проводника-основы (катода) из электропроводного раствора, который содержит соли металла, наносимого на деталь. Электроосаждение является процессом электрохимической реакции, которая вызывает коррозию на аноде. Газофазовое нанесение покрытия происходит по схеме: химическое испарение; перенесение газообразной металлсодержащего вещества; взаимодействие этого вещества с поверхностью детали; образование покрытия.

Доказано, что направление CVD следует рассматривать как взаимосвязанную цепочку операций: подготовка поверхности детали; нанесение покрытия или модифицирование; заключительная механическая обработка.

Прогнозные предположения об объекте исследования – улучшение служебных свойств поверхностей деталей машин использованием материалов для CVD-технологий и их комбинаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: МАТЕРИАЛЫ, CVD-ТЕХНОЛОГИИ, ПОВЕРХНОСТНЫЙ СЛОЙ, МОДИФИЦИРОВАНИЕ, ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ.

АВТОРИ:

Посвятенко Едуард Карпович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 101а, orcid.org/0000-0001-6606-1365

Посвятенко Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 226, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Мельник Тамара Василівна, кандидат історичних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", e-mail: melnicktamara@yandex.ua, тел.+380955966210, Україна, 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 21, кафедра технології неорганічних речовин, orcid.org/0000-0002-0150-6535

AUTHOR:

Posviatenko Eduard K., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, professor, department of production, repair and materials science, e-mail: natali1963@ukr.net, +380442808203, Ukraine, Kyiv, st. Omelianovycha-Pavlenko, 1, r. 101a, orcid.org/0000-0001-6606-1365

Posviatenko Natalia I., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road vehicles, e-mail: natali1963@ukr.net, tel. 044-280-97-73, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenko str. 1, of.226, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Melnik T.V., Ph.D., associate professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", associate professor department technology of inorganic substances, e-mail: melnicktamara@yandex.ua, tel.+380955966210, Ukraine, 61002, Kharkiv, Kirpichova str, 21, department technology of inorganic substances, orcid.org/0000-0002-0150-6535

АВТОРЫ:

Посвятенко Эдуард Карпович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры производства, ремонта и материаловедения, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. +380442808203, Украина, 01010, м. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к. 101а, orcid.org/0000-0001-6606-1365

Посвятенко Наталия Ивановна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: natali1963@ukr.net, тел. 044-280-97-73, Украина, 01010, г. Киев, ул. Омеляновича-Павленко, 1, к. 226, orcid.org/0000-0002-2217-4170

Мельник Тамара Васильевна, кандидат исторических наук, доцент, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", e-mail: melnicktamara@yandex.ua, тел.+380955966210, Украина, 61002, г. Харьков, ул. Кирпичова, 21, кафедра технологии неорганических веществ, orcid.org/0000-0002-0150-6535

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Клименко С.А. доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України НАН України, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWER:

Klimenko S.A., Doctor of Technical Sciences, professor, Deputy Director for Scientific Work of Institute Superhard Materials named V.N. Bakul NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, professor of the ecology and life safety department, Kyiv, Ukraine.

УДК 629.113

UDC 629.113

МАНЕВРЕНІСТЬ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПОМ КАТЕГОРІЇ О2

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
sakhno@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5144-7131

Стельмашук В.В., кандидат технічних наук, Луцький національний технічний університет,
Луцьк, Україна, cdp@lntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-3813-3143

Пазін Р.В., Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна,
rudi9101@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3700-6097

THE MANEUVERABILITY OF MOTOR TRAIN WITH TRAILOR CATEGORY O2

Sakhno V.P., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine,
sakhno@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5144-7131

Stelmachyk V.V., Ph.D., Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, cdp@lntu.edu.ua,
orcid.org/0000-0003-3813-3143

Pazin R.V., Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, rudi9101@gmail.com,
orcid.org/0000-0003-3700-6097

МАНЕВРЕННОСТЬ АВТОПОЕЗДА С ПРИЦЕПОМ КАТЕГОРИИ О2

Сахно В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина, sakhno@ntu.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5144-7131

Стельмашук В.В., кандидат технических наук, Луцкий национальный технический
университет, Луцк, Украина, cdp@lntu.edu.ua, orcid.org/0000-0003-3813-3143

Пазин Р.В., Луцкий национальный технический университет, Луцк, Украина,
rudi9101@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3700-6097

Постановка проблеми. Основними конструктивними відзнаками причепів нового покоління категорії О1, О2 є наявність двовісного ходового візка і гальмової системи з приводом інерційного або іншого типу.

Причепи типу ПВБФ (причепи вантажні багатофункціональні), які відносяться до категорії О₂, оснащені одинарною або здвоєною віссю і гальмами та призначені для транспортування побутових вантажів, туристських вантажів і обладнання, сільськогосподарської продукції, товарів народного споживання, нових або ушкоджених транспортних і спеціальних засобів і обладнання (легкових автомобілів, мікроавтобусів і фургонів, сільськогосподарської техніки, катерів, яхт, скутерів, човнів і т.і.), вантажів, які швидко псуються, по загальній шляховій мережі.

Основні комплектуючі вироби більшості причепів, що випускаються в Україні (ходова і гальмова системи, зчіпні пристрої, стоянкові стояки, лебідки, елементна база закріплювання бортів та дверей і т.і.), виробництва фірм Knott», «Al-Ko Kober», «Reynolds transport systems (Europe)», «Aluvan» та ін. відповідають сучасним сертифікаційним вимогам.

На сучасному етапі для насичування споживчого ринку в Україні освоєні такі моделі причепів [1]:

- ПГМФ 8309 – бортовий причіп повною масою 1500 кг, призначений для транспортування будь-яких вантажів загального призначення.
- ПГМФ 8712 – причіп-фургон повною масою 2000 кг, призначений для транспортування аналогічних вантажів, захищених від зовнішніх впливів кузовом загального призначення.
- ПГМФ 8715 – причіп-фургон повною масою 2500 кг, з аналогічним як у ПГМФ 8712 призначенням.

Основні технічні дані найбільш масових освоєних причепів приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні технічні дані освоєних двовісних причепів типу ПГМФ
 Table 1 – Basic technical data of mastered double-axle trailers of the type PGMF

Найменування параметра, розміру	Величини для базових моделей		
	ПГМФ 8309	ПГМФ 8712	ПГМФ 8715
Категорія	O ₂		
Тип	Рама поміж колесами		
Максимальна швидкість руху на дорогах 1 і 2 категорій, км/год, не менше	80		
Маса спорядженого причепа, кг	500	700	900
Номінальна вантажопідйомність, кг	1000	1300	1600
Маса повна конструктивна, кг, не більше	1500	2000	2500
Розподіл повної маси, кг, на: – на зчіпну кулю тягача, не більше – на дорогу через ходовий візок	100	100	100
	1400±50	1900±50	2400±50
Дорожній просвіт, мм, не менше	160		
Кількість ходових осей у ходовому візку, шт	2		
Кількість коліс, шт	4+1		
База причепа, мм	2935±10	3100±10	3255±10
База ходового візка	680±10	725±10	725±10
Навантажувальна висота для причепа повної конструктивної маси, мм, не більше	520	640	650
– висота	350±10	1900±10	2200±50
Площа завантажування, м ²	4,90	5,40	6,60
Об’єм завантажувального простору, м ³	1,70	10,30	15,20
Габаритні розміри у транспортному положенні, мм: – довжина – ширина – висота	4675±20	5000±20	5500*±20
	2010±10	2110±10	2300±20
	900±50	2540±20	2900±50
*Примітка. В окремих випадках до 7 м			

Основні тягові автомобілі для буксирування причепів типу ПГМФ наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні тягові автомобілі для буксирування причепів типу ПГМФ
 Table 2 – Main traction cars for towing trailers of type PGMF

Модель причепа	Повна маса, кг	Марка, модель шасі вантажного автомобіля, які приймають у якості тягача	Маса оснащеного автомобіля, кг	Дозволена повна маса причепа, кг
ПГМФ 8X10 ПГМФ 8X11	1501-1650	ГАЗ-3302, ГАЗ-33021	1850	1600
		FIAT DUCATO 10	1680	1700
		PEUGEOT BOXER B. Kat	1680	1700
	1651-1850	FORD FT 150 Turbo-D. Lang	1940	2000
ПГМФ 8X13 ГМФ 8X14	2001-2150 2151-2350	MERCEDES Sprinter 408-D	2140	2000
		RENAULT Master Turbo-D.	1970	2000
		VW LT 28 Turbo-D. Lang	2030	2000
		IVECO 40-10 WV 4×4	2560	3000

Модель причепа	Повна маса, кг	Марка, модель шасі вантажного автомобіля, які приймають у якості тягача	Маса оснащеного автомобіля, кг	Дозволена повна маса причепа, кг
ПГМФ 8X15	2351-2500	IVECO 49-10 V lang	2530	3000
		MERCEDES Vario 612	2810	3000
ПГМФ 8X16	2501-2650	IVECO 59-12	2920	3000
ПГМФ 8X17	2651-2850			
ПГМФ 8X18	2851-3000	MERCEDES Vario 612	3360	3000
ПГМФ 8X19	3001-3150	MERCEDES Vario 614	3590	7000
ПГМФ 8X20	3151-3350			
ПГМФ 8X21	3351-3500	MERCEDES Vario 814	3780	5550

Найбільш поширеними на-сьогодні для транспортування причепів категорії O2 є автомобілі MERCEDES Sprinter 408-D і RENAULT Master Turbo-D.

Для причепів категорії O₁, O₂, що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами, важливим є забезпечення необхідних показників маневреності і стійкості при русі в різноманітних дорожніх умовах.

Маневреністю АТЗ називають сукупність таких властивостей, які забезпечують безперешкодний рух їх по опорній поверхні, яка має обмеження як за площею, так і за формою [2]. Такими обмеженнями при русі АТЗ можуть бути просторові, що зв'язані з довжиною і висотою транспортного засобу, а також обмеження за формою і розмірами дорожнього полотна, яка слугує опорною поверхнею для кочення коліс його ланок.

При русі автопоїзда всі його точки здійснюють поступальне переміщення своїми траєкторіями, що у співкупності утворюють габаритну смугу руху, яку визначити теоретично досить складно і неможливо оцінити невеликим числом параметрів. Тому для оцінки маневреності використовують такі вимірювачі і характеристики [2...5]: мінімальний і максимальний габаритні радіуси повороту, параметр маневреності при круговому русі, поворотна ширина по сліду коліс, габаритна смуга руху (ГСР), апроксимована ГСР, концентрична апроксимована ГСР, чинник і показник маневреності, під яким розуміється ступінь зсуву траєкторії руху веденої ланки автопоїзда відносно ведучої.

За відомим показником маневреності і заданими геометричними параметрами автопоїзда можуть бути визначені всі інші вимірювачі маневреності, тому що усі вони визначаються параметрами криволінійного руху автопоїзда. Серед них нормованими є мінімальні зовнішній і внутрішній габаритні радіуси повороту автопоїзда, що не повинні перевищувати 12,5 м і 5,3 м, а відповідно і габаритну смугу руху (ГСР) – 7,2 м [6].

Задовільна маневреність автопоїзда виражається в можливості його вписування в усі повороти, що зустрічаються на маршрутах руху, і маневрування (можливість здійснювати повороти й у разі потреби рухатися заднім ходом) у пунктах навантаження і розвантаження [2].

Таким чином, для визначення ступеня пристосованості конкретного автопоїзда до конкретних умов експлуатації за маневреністю необхідно вивчити передбачувані маршрути руху, розрахувати або експериментально визначити значення показників маневреності і шляхом зіставлення з необхідними значеннями, установленими з аналізу реальних маршрутів, судити про відповідність досягнутого рівня маневреності необхідному. У більшості робіт, що розглядають питання маневреності автопоїзда [2-5, 7], колеса тягового автомобіля і причепа приймають жорсткими у бічному напрямку, що призводить до похибок в межах 12...15%. Тому метою роботи є визначення показників маневреності автопоїзда з двовісним причепом на еластичних у бічному напрямку колесах.

Результати досліджень. Основні кінематичні і динамічні властивості автопоїзда як з одновісним, так і двовісним причепом, як єдиної механічної системи тіл, залежать від фізичних явищ, що виникають при русі всіх його елементів і взаємодії останніх між собою. В свою чергу, ці явища визначаються геометрією і структурою автопоїзда.

Відмінності у конструкціях автопоїздів з причепами категорії O₁, O₂ у більшості випадків визначаються відмінностями у конструкції причіпних ланок, оскільки конструкція тягових автомобілів залишається незмінною. Більш загальним випадком є автопоїзд з двовісним причепом, з якого можна отримати і автопоїзд з одновісним причепом.

Автопоїзд, що розглядається, рис.1, складається із двох модульних ланок, які, в свою чергу, складаються із кінематично незалежних елементів – тягового автомобіля і причепа. За модульної побудови автопоїзда несуча система причепа спирається на свій візок, колеса якого неповоротні. У ведучій ланки передня вісь має керовані колеса, кути повороту яких θ_1 і θ_1' , причому $\theta_1 > \theta_1'$. Колеса задньої осі тягового автомобіля - неповоротні, розташовані позаду його центра мас.

Введемо наступні позначення:

$\Sigma = Oxy$ – плоска інерціальна система декартових координат; $C_{(x,y)\Sigma}$, m , I – центр мас, маса і центральний момент інерції тягового автомобіля щодо вертикальної осі

$C_{(xkyk)\Sigma}, I_1$ – те ж саме для причепа;

ϑ_1, ϑ_2 – курсові кути ланок автопоїзда;

φ_1 – кут складання кінематично незалежних ланок автопоїзда;

v , u – поздовжня і бокова проекції швидкості точки C , тобто проекції швидкості точки C на осі рухомої системи координат, безпосередньо пов'язаної з тяговим автомобілем;

v_1, u_1 – позадвожня і бокова проекції центру мас причепа осі рухомої системи координат, безпосередньо пов'язаної з причепом;

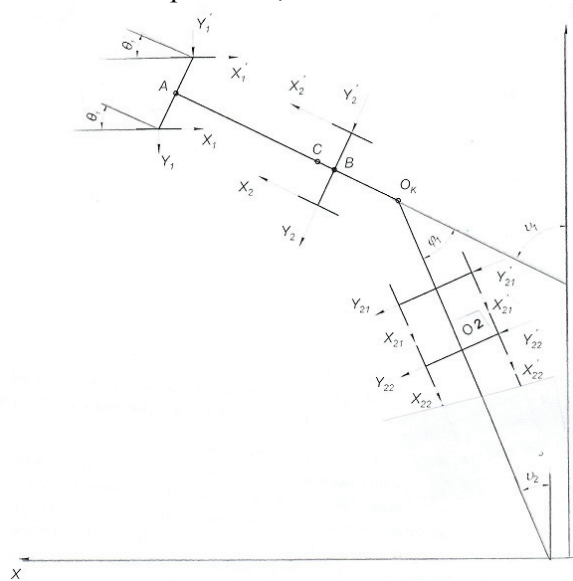


Рисунок 1 – Розрахункова схема автопоїзда на неусталеному повороті

Figure 1 – The calculation scheme of a road train for untarnished turn

$$M_k = f(\varphi_k, \dot{\varphi}_k) - \text{момент опоры поворота прицепа;}$$

X_{ij} , Y_{ij} , Z_{ij} – поздовжні, бокові і вертикальні реакції опорної поверхні на колеса автопоїзда.

Геометричні параметри автопоїзда:

$$a=CA, \hat{b}=CB, \hat{c}=CO_K; \hat{d}_1=O_1C_1, c_1=C_1O_2, l_1=d_1+c_1.$$

При складанні диференціальних рівнянь руху автопоїзда з двовісним причепом приходиться знаходити компроміс між двома протилежними обставинами: по-перше, математична модель плоскопаралельного руху автопоїзда повинна по можливості, найбільш повно і детально враховувати особливості реального автопоїзда; по-друге, складність моделі не повинна бути надто високою, так як це значно знижує потенційні можливості її аналізу.

Введемо для подальшого розгляду наступні системи координат:

Охуз – система координат, що пов'язана з опорною поверхнею;

x_0y_0 – система координат, що пов'язана з ведучою ланкою;

x_1y_1 – система координат, що пов'язана з причепом.

Припустимо далі, що [8]:

- складові елементи модульного автопоїзда є абсолютно жорсткі тіла;
- вантаж на причепі розташований так, що центри мас ланок, а також тягово-зчіпний пристрій, що з'єднує їх, розташовані у вертикальній площині симетрії ланок;
- основною траєкторією руху автопоїзда є траєкторія центра мас тягового автомобіля;
- автопоїзд рухається по рівній горизонтальній опорній поверхні;

- взаємодія коліс з опірною поверхнею проявляється через реакції опірної поверхні, які є функціями кутів відведення;
- поворотними є тільки передні колеса тягового автомобіля, кути повороту яких рівні між собою, тобто $\theta_1 = \theta'_1 = \theta$;
- гіроскопічні моменти і моменти від неурівноважених оберткових мас не враховуються;
- на автопоїзд діють наступні сили: сили опору коченню X_{ij} , сили опору бічному відведенню шин Y_{ij} , вертикальні реакції опірної поверхні Z_{ij} , сили інерції P_i , момент опору повороту причепа M_i .

Кути відведення коліс автопоїзда визначимо у відповідності до схеми, що наведена на рис.2. Для тягового автомобіля з передніми керованими колесами отримаємо [9]:

$$\delta_1 = \theta_1 - \arctg \frac{U + \omega(a - \varepsilon \sin \theta_1) - \dot{\theta}_1 \varepsilon \sin \theta_1}{V - \omega(H + \varepsilon \cos \theta_1) - \dot{\theta}_1 \varepsilon \cos \theta_1}, \quad (1)$$

$$\delta_1' = \theta_1' - \arctg \frac{U + \omega(a - \varepsilon \sin \theta_1') - \dot{\theta}_1' \varepsilon \sin \theta_1'}{V - \omega(H + \varepsilon \cos \theta_1') - \dot{\theta}_1' \varepsilon \cos \theta_1'}.$$

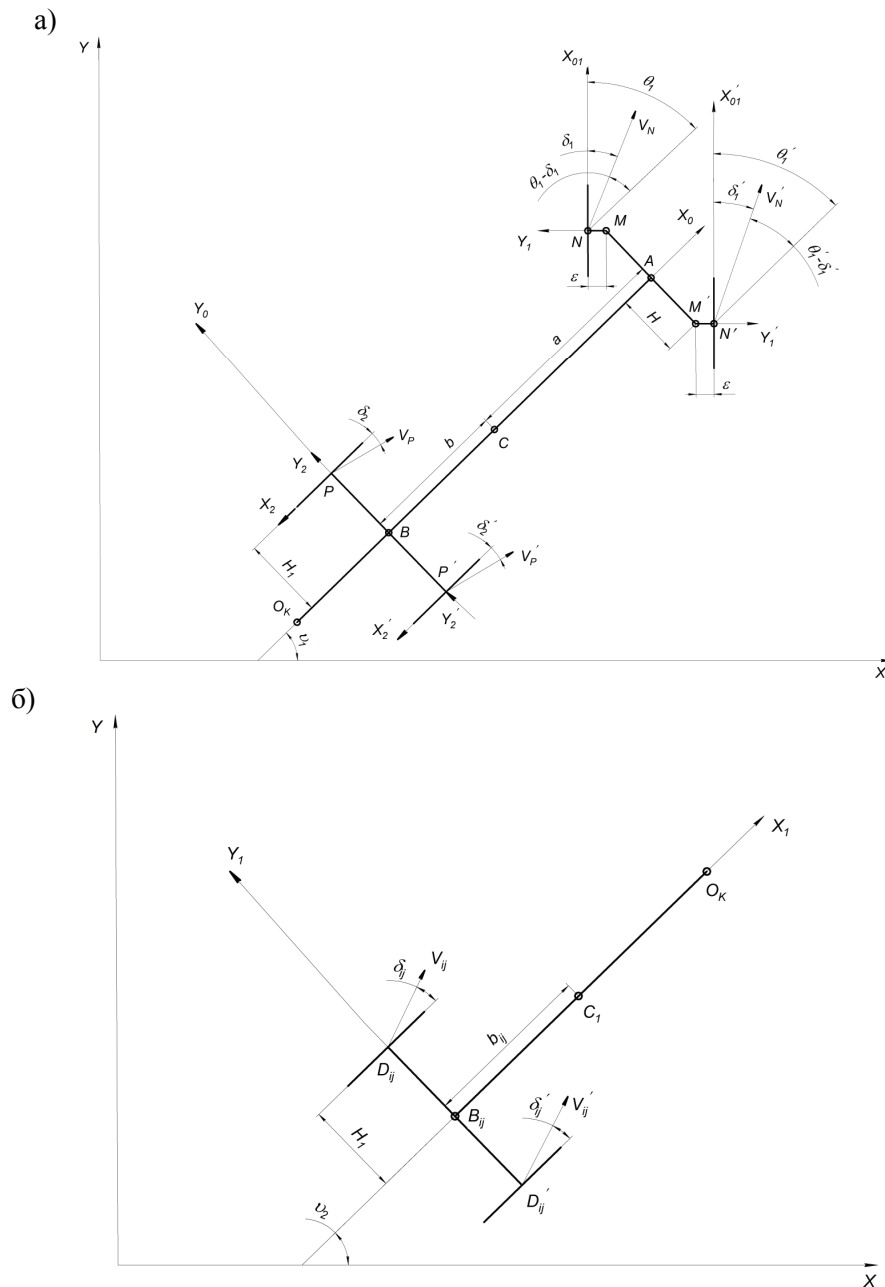


Рисунок 2 – До визначення кутів відведення коліс тягового автомобіля (а) і причепа (б)
Figure 2 – Determination of the angles of the displacement of the wheels of the traction car (a) and the trailer (b)

Для задньої осі тягового автомобіля з неповоротними колесами:

$$\delta_2 = \arctg \frac{-U + b\omega}{V - \omega H}, \quad \delta_2' = \arctg \frac{-U + b\omega}{V + \omega H} \quad (2)$$

Для осей причепа з неповоротними колесами:

$$\begin{aligned} \delta_{2j} &= -\theta_{2j} - \arctg \frac{(U_2 - \omega_2 b_{2j}) + H(\omega_2 - \dot{\theta}_{2j}) \sin \theta_{2j}}{V_2 - H(\omega_2 - \dot{\theta}_{2j}) \cos \theta_{2j}}, \quad j=1,2 \\ \delta_{2j}' &= -\theta_{2j} - \arctg \frac{(U_2 - \omega_2 b_{2j}) - H(\omega_2 - \dot{\theta}_{2j}) \sin \theta_{2j}}{V_2 + H(\omega_2 - \dot{\theta}_{2j}) \cos \theta_{2j}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Диференціальні рівняння автопоїзда з двовісним причепом записані у вигляді:

- для поздовжньої швидкості центра мас тягового автомобіля

$$\begin{aligned} (m + m_1)(\dot{V} - U\omega) + c\omega^2 m_1 - [m_1 d_1 [(\dot{\omega} - \ddot{\phi}_1) \sin \phi_1 - (\omega - \dot{\phi}_1)^2 \cos \phi_1]] = \\ = -(X_1 \cos \theta_1 + Y_1 \sin \theta_1 + X_1' \cos \theta_1' + Y_1' \sin \theta_1') - (X_2 + X_2') - \sum_{j=1}^2 [(X_{2j} + X_{2j}') \cos \phi_1 - (Y_{2j} + Y_{2j}') \sin \phi_1]; \end{aligned}$$

- для поперечної швидкості центра мас тягового автомобіля

$$\begin{aligned} (m + m_1)(\dot{U} - V\omega) - c\omega^2 m_1 - [m_1 d_1 [(\dot{\omega} - \ddot{\phi}_1) \cos \phi_1 + (\omega - \dot{\phi}_1)^2 \sin \phi_1]] = \\ = -(X_1 \sin \theta_1 - Y_1 \cos \theta_1 + X_1' \sin \theta_1' - Y_1' \cos \theta_1') + (Y_2 + Y_2') - \sum_{j=1}^2 (X_{2j} + X_{2j}') \sin \phi_1 + (Y_{2j} + Y_{2j}') \cos \phi_1; \end{aligned}$$

- для кутової швидкості тягового автомобіля

$$\begin{aligned} I\omega + [\dot{\omega} - (U + V\omega)] c m_1 + c m_1 d_1 [(\dot{\omega} - \ddot{\phi}_1) \cos \phi_1 + (\omega - \dot{\phi}_1)^2 \sin \phi_1] = \\ = H(X_1 \cos \theta_1 + Y_1 \sin \theta_1 - X_1' \cos \theta_1' - Y_1' \sin \theta_1') + \varepsilon(X_1 + X_1') + a(Y_1 \cos \theta_1 - X_1 \sin \theta_1 + Y_1' \cos \theta_1' - X_1' \sin \theta_1') \\ + [(X_2 - X_2')H_1 - (Y_2 + Y_2')b] - c \sum_{j=1}^2 [(X_{2j} + X_{2j}') \sin \phi_1 + (Y_{2j} + Y_{2j}') \cos \phi_1]; \end{aligned}$$

- для причепа

$$[I_1 + m_1 d_1^2] \times (\dot{\omega} - \ddot{\phi}_1) + m_1 d_1 [(\dot{V} - U\omega + c\omega^2) \sin \phi_1 + (V\omega - \dot{U} - c\omega^2) \cos \phi_1] = l_1 \sum_{j=1}^2 [(Y_{2j} + Y_{2j}') + M_1]. \quad (4)$$

Для знаходження траєкторій тягового автомобіля і причепа до динамічних рівнянь (4) слід додати кінематичні рівняння:

$$\begin{cases} \dot{x} = V \cos \vartheta - U \sin \vartheta, \\ \dot{y} = V \sin \vartheta + U \cos \vartheta, \\ \dot{\vartheta} = \omega. \end{cases} \quad (5)$$

Система рівнянь, що описує плоскопаралельний рух автопоїзда, суттєво нелінійна і її інтегрування навіть із залученням сучасної обчислювальної техніки визиває певні труднощі. Тому на першому етапі спростимо ці рівняння і приймемо, що автопоїзд у складі тягового автомобіля і двовісного причепа рухається рівномірно ($\dot{V} = \text{const}$) і кути повороту зовнішнього і внутрішнього коліс автомобіля-тягача однакові ($\theta_i = \theta_i'$).

Для інтегрування рівнянь руху автопоїзда необхідно визначити нормальні реакції опорної поверхні на колеса автопоїзда і момент інерції окремих його ланок.

Нормальні реакції опорної поверхні на колеса тягового автомобіля Z_1 і Z_2 , а також здвоєну вісь причепа Z_3 за різного навантаження на тягово-зчіпний пристрій визначаються залежностями:

$$\begin{aligned} Z_1 &= g \times m - \left(m \times g \times b - g \times m_2 \times b_1 \times \frac{c-b}{L_1} \right) \times \frac{l}{L_1}; \\ Z_2 &= \left(m \times g \times a + m_2 \times g \times b_1 \times \frac{a+c}{L_1} \right) \times \frac{l}{L_1}; \\ Z_3 &= m_2 \times g \times \frac{d_1}{L_1}, \end{aligned} \quad (6)$$

де L_1 – база тягового автомобіля, $L_1=3550$ мм;

L_2 – база причепа, $L_2=3000$ мм;

a – відстань від центру мас до передньої осі тягового автомобіля, $a=1900$ мм;

b – відстань від центру мас до задньої осі автомобіля, $b=1650$ мм;

c – відстань від центру мас автомобіля-тягача до його точки зчипки з причепом, $c=2450$ мм;

b_1 – відстань від центру мас причепа до його осі, що лежить посередині між осями причепа $b_1=180$ мм;

d_1 – відстань від центру мас причепа до точки зчипки за навантаження на тягово-зчіпний пристрій $P_{зч}=500$ Н, $d_1=2718$ мм;

m – маса тягового автомобіля, $m=3500$ кг;

m_2 – маса причепа, $m_2=2800$ кг.

На рис. 3 наведені результати розрахунку нормальних реакцій опорної поверхні на осі тягового автомобіля і причепа за різного завантаження на тягово-зчіпний пристрій, з якого слідує, навантаження на осі автомобіля змінюються пропорційно навантаженню на тягово-зчіпний пристрій.

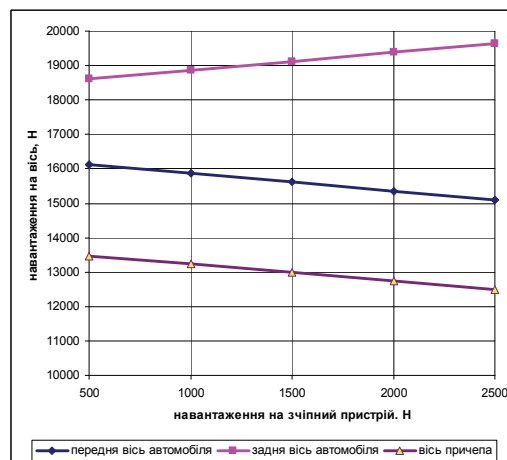


Рисунок 3 – Нормальні реакції опорної поверхні на колеса осей автопоїзда в залежності від навантаження на тягово-зчіпний пристрій

Figure 3 – Normal reaction of the support surface on the axle wheels road train in the field of gravity on the thrust-strand attachment

Нормальні реакції опорної поверхні на колеса осей автопоїзда можуть змінюватися при русі автопоїзда. Ці зміни обумовлені режимом руху автопоїзда, нерівностями на дорозі і типом підвіски коліс як автомобіля-тягача, так і причепа.

Моменти інерції ланок автопоїзда визначимо у відповідності до методики, запропонованої у роботі [10].

В основу даної методики покладені два припущення: по-перше, момент інерції автомобіля залежить від закону розподілу його маси у межах колії, бази і висоти; по-друге, щільність розподілу моменту інерції підпорядковується нормальному закону розподілу.

Найбільш вірогідні значення радіуса інерції відносно:

- вертикальної осі

$$\rho_z = \sqrt{\frac{1}{2}ab + \frac{B^2}{12} \pm \frac{1}{6}ab},$$

- повздовжньої осі

$$\rho_x = \sqrt{\frac{1}{2}(H-h)h + \frac{B^2}{12} \pm \frac{1}{6}(H-h)h},$$

- поперечної осі

$$\rho_y = \sqrt{\frac{1}{2}ab + \frac{1}{3}(H-h)h \pm \frac{1}{6}ab}, \quad (7)$$

де В – колія автомобіля В=1765 мм, колія причепа В_п=1750 мм;

Н – висота автомобіля Н=1750 мм, висота причепа Н_п=700 мм;

h – висота центру мас автомобіля h=780 мм;

h₂ – висота центру мас причепа h₂=370 мм.

Так, для тягового автомобіля-тягача і причепа радіуси інерції склали:

$$\rho_z = 1,226 \text{ м}^2, \quad \rho_{z2} = 0,622 \text{ м}^2,$$

$$\rho_x = 0,807 \text{ м}^2, \quad \rho_{x2} = 0,483 \text{ м}^2.$$

$$\rho_y = 1,325 \text{ м}^2, \quad \rho_{y2} = 0,556 \text{ м}^2.$$

Момент інерції кожної з ланок автопоїзда визначиться за відомою формулою

$$I_i = m_i \rho_i^2.$$

Тоді

$$I_z = 1839,0 \text{ кг} \times \text{м}^2, \quad I_{z2} = 311,2 \text{ кг} \times \text{м}^2,$$

$$I_x = 1210,5 \text{ кг} \times \text{м}^2, \quad I_{x2} = 241,5 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

$$I_y = 1987,5 \text{ кг} \times \text{м}^2, \quad I_{y2} = 278,5 \text{ кг} \times \text{м}^2.$$

Для визначення показників маневреності автопоїзда необхідно проінтегрувати систему рівнянь (4), використовуючи, наприклад, програмне забезпечення Maple 12.

Проінтегруємо систему рівнянь за допомогою програмного забезпечення Maple 12 за таких вихідних даних:

a=1,9; b=1,65; c=2,45; d₁=1,55; c₁=1,45; l₁=3,0; H=0,75; H₁=0,95; ε=0,2; L₁=3,55; L_A=5,64; L₂=3,0; L_п=6,5; V:=0; kf:=0;

X1:=0; X2:=0; X3:=0; X4:=0; Z1=15958.2; Z2:=18376,8; Z3:=13720; Z4:=27440;

g:=9.81; m1:=3500; m2:=2800; J1:=10972.5; J2:=6298,3;

k1:=44700; k2:=44700; k3:=44700; phi10:=0; theta0:=0.0; kappa1=0,8; kappa2=0,8; kappa3=0,8; kappa4=0,8;

Y1:=k1*delta1/sqrt(1+(k1*delta1/(kappa1*Z1))^2); Y2:=k2*delta2/sqrt(1+(k2*delta2/(kappa2*Z2))^2);

Y3:=k3*delta3/sqrt(1+(k3*delta3/(kappa3*Z3))^2); Y4:=k4*delta4/sqrt(1+(k4*delta4/(kappa4*Z4))^2).

На рис. 4а наведені результати розрахунку параметрів руху автопоїзда, зокрема траєкторії руху тягача і причепа, на рис. 5 – кутів відведення коліс осей автопоїзда, на рис. 6 – зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії автомобіля і ГСР в залежності від радіуса повороту автопоїзда.

Як слідує з рис. 5, кути відведення коліс причепа більші у порівнянні з кутами відведення автомобіля, що призводить до збільшення зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії автомобіля і як наслідок – до збільшення габаритної смуги руху, рис. 6 і табл. 3.

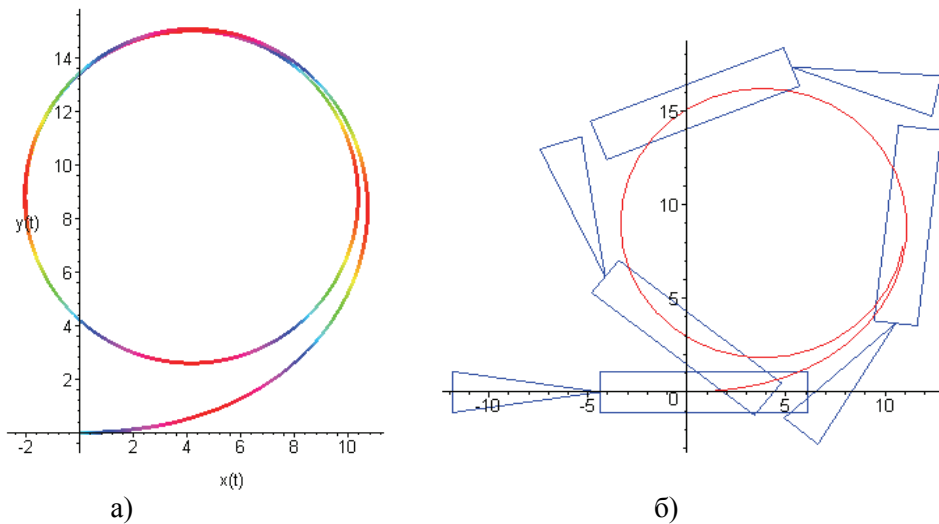


Рисунок 4 – Траєкторія центра мас тягового автомобіля (а) і ланок автопоїзда (б) за кута повороту керованих коліс тягача ($\theta = 0,3$ рад) за навантаження на тягово-зчепний пристрій 500 Н

Figure 4 - Trajectory of center of mass of traction vehicle (a) and links autotrain (b) at the angle of rotation of the driven wheels of the tractor ($\theta = 0,3$ rad) for load on the traction coupling device 500 N

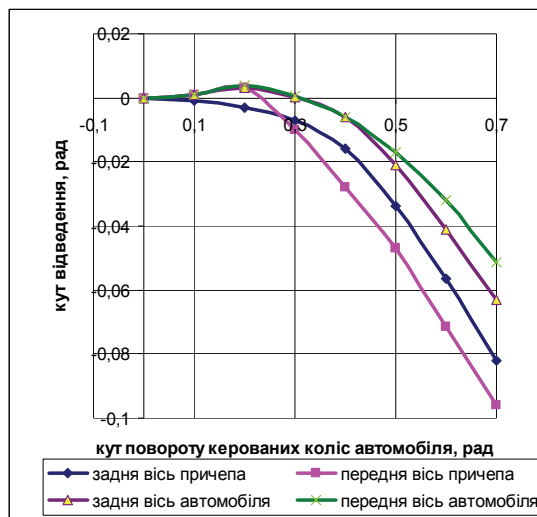


Рисунок 5 – Залежність кутів відведення коліс осей автопоїзда від кута повороту керованих коліс автомобіля
Figure 5 - Dependence of the angles of removal of the wheels of the axes of the trains from the angle of rotation of the steering wheels of the car

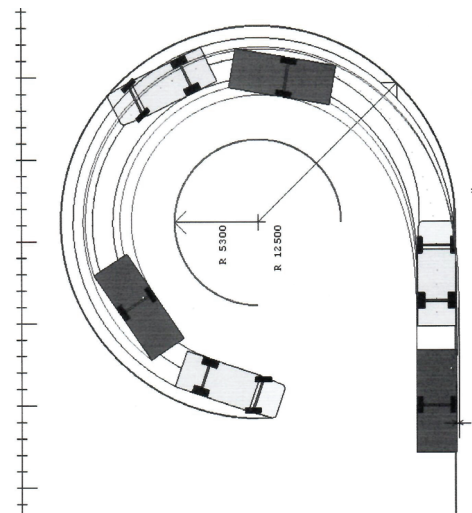


Рисунок 6 – Зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії автомобіля і ГСР повороту автопоїзда
Figure 6 - Trailer trajectory displacement in relation to the trajectory of the vehicle and the GSR of rotation of the trains

Таблиця 3 – ГСР автопоїзда Mercedes-Benz T1N “Sprinter”+ ПВБФ 15

Table 3 - GSR autotrain Mercedes-Benz T1N "Sprinter" + PVBF 15

Тип автопоїзда	Габаритна смуга руху ($R_{\text{г}}=12,5$ м), м		
	Рух по колу	Поворот на 90°	Поворот на 180°
На жорстких у бічному напрямку колесах	5,019	4,656	4,991
На еластичних у бічному напрямку колесах	5,612	5,213	5,229

Як слідує з рис. 5, кути відведення коліс причепа більші у порівнянні з кутами відведення автомобіля, що призводить до збільшення зміщення траєкторії причепа щодо траєкторії автомобіля і як наслідок – до збільшення габаритної смуги руху, табл. 3.

Висновки. Розроблена математична модель автопоїзда у плоскопаралельному русі. Інтегрування лінеаризованої системи рівнянь дозволило визначити показники маневреності автопоїзда і встановити, що врахування бічного відведення шин автомобіля і причепа призводить до збільшення ГСР автопоїзда на 10...14%. Показано, що маневреність автопоїзда на еластичних у бічному напрямку колесах з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчипки, довжини дишла причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається.

Перспективи подальшого дослідження. Маневреність автопоїзда показує на можливість його використання на загальній мережі автомобільних доріг. Проте вона не вказує на безпечне використання автопоїзда, для якого потрібно забезпечення стійкості його руху з високими швидкостями як на прямолінійних, так і криволінійних відрізках дороги. Цьому питанню будуть присвячені подальші дослідження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Причепа вантажні багатофункціональні: <http://uaz-upi.com/price>.
2. Закин Я.Х. Маневренность автомобилей и автопоездов / Я.Х.Закин – М.: Транспорт, 1986. – 137 с.
3. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоездов / Я.Х.Закин – М.: Транспорт, 1967. – 252 с.
4. Закин Я.Х. Автомобильный поезд и безопасность движения / Я.Х. Закин, Т.К. Кадиршаев, Г.В. Невокшенов – М: Транспорт, 1991. – 126 с.
5. Поляков В.М., Сахно В.П. Триланкові автопоїзди. Маневреність: монографія / В.М. Поляков, В.П. Сахно. – Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2014. – 206 с.
6. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities, 2002. – No L67 / 47 – 49.
7. Сахно В.П. До визначення показників маневреності шарнірно-зчленованих автобусів /В.П.Сахно, І.С.Мурований, В.Е.Селезньов. // Науковий журнал. Вісник Машинобудування та транспорту. Вінниця, 2016 – № 2. – С. 97-105.
8. Сахно В.П. До визначення показників стійкості автопоїзда /В.П.Сахно, О.М.Тімков, П.О.Гуменюк, М.І.Файчук // Вісник Національного транспортного університету. – К., 2013. – Випуск 27. – С.31-39.
9. Сахно В.П. До попередньої оцінки стійкості руху автопоїзда з керованим напівприцепом / В.П. Сахно, В.М. Поляков, В.М. Босенко, П.О. Гуменюк // Вісник Національного транспортного університету: – К.: НТУ, 2014. – Випуск 29. – С.370-378
10. Подригало М.А. Определение радиусов инерции автомобиля на стадии его проектирования / М.А. Подригало, В.П. Волков // Автомобильная промышленность. – 2003. – № 6. – С. 19–22.

REFERENCES

1. Trailers multifunctional: <http://uaz-upi.com/price>.
2. Zakin Y.X.(1986). Maneuverability of cars and trains. Moscow : Transport [in Russian].
3. Zakin Y.X. (1967) Applied theory of the movement of road trains. Moscow : Transport [in Russian].
4. Zakin Y.X., Kadyrshaev T.K., G.V.Nevokoshenov (1991). Automobile train and traffic safety. Moscow: Transport [in Russian].
5. Polyakov V.M., Sakhno V.P. (2014). [Three-axle trains. Maneuverability: monograph]. Lugansk: Nulledzh [in Ukrainian].
6. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending

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

7. Sakhno V.P., Murovnyi I.S., Seleznyov V.E.(2016). To determination of indicators of maneuverability of hinged-articulated buses [Scientific journal. Journal of Mechanical Engineering and Transport]. Vinnytsya [in Ukrainian].
8. Sakhno V.P., Timkov A.M., Humeniuk P.O., Faichuk M.I.(2013). To determination of indicators of stability of a train [Bulletin of the National Transport University]. Kyiv [in Ukrainian].
9. , 2013. - Issue 27. - P.31-39.
10. Sakhno V.P., Polyakov V.M., Bossenko V.M., Humennyuk P.O. (2014). To the preliminary estimation of the stability of the trailer with a controlled semitrailer [Bulletin of the National Transport University]. Kyiv [in Ukrainian].
11. Podrigalo M.A., Volkov V.P. (2003). Determination of the radius of inertia of the car at the stage of its design [Automobile industry, No. 6]. Moscow: [in Russian].

РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Маневреність автопоїзда з причепом категорії O2 / В.П.Сахно, В.В.Стельмашук, Р.В.Пазін // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К. : НТУ – 2018. – Вип. 3 (42).

У статті визначені показники маневреності автопоїзда на еластичних у бічному напрямку колесах тягового автомобіля і причепа категорії O2.

Об’єкт дослідження – показники маневреності автопоїзда на еластичних у бічному напрямку колесах тягового автомобіля і причепа.

Мета роботи – визначення показників маневреності автопоїзда з двовісним причепом на еластичних у бічному напрямку колесах.

Методи дослідження – аналітичний, порівняльний.

Для причепів категорії O₁, O₂, що експлуатуються, як правило, приватними підприємцями і аматорами, важливим є забезпечення необхідних показників маневреності і стійкості при русі в різноманітних дорожніх умовах. При русі автопоїзда всі його точки здійснюють поступальне переміщення своїми траєкторіями, що у співкупності утворюють габаритну смугу руху, яку визначити теоретично досить складно і неможливо оцінити невеликим числом параметрів. Тому для оцінки маневреності використовують різні вимірювачі, основним серед яких є чинник і показник маневреності, під яким розуміється ступінь зсуву траєкторії руху веденої ланки автопоїзда відносно ведучої. Для його визначення розглянуті основні кінематичні і динамічні властивості автопоїзда як з одновісним, так і двовісним причепом, як єдиної механічної системи тіл, що залежать від фізичних явищ, які виникають при русі всіх його елементів і взаємодії останніх між собою. В свою чергу ці явища визначаються геометрією і структурою автопоїзда.

Відмінності у конструкціях автопоїздів з причепами категорії O₁, O₂ у більшості випадків визначаються відмінностями у конструкції причіпних ланок, оскільки конструкція тягових автомобілів залишається незмінною. Більш загальним випадком є автопоїзд з двовісним причепом, з якого можна отримати і автопоїзд з одновісним причепом. Для такого автопоїзда складені диференціальні рівняння руху.

Інтегрування лінеаризованої системи рівнянь дозволило визначити показники маневреності автопоїзда і встановити, що врахування бічного відведення шин автомобіля і причепа призводить до збільшення ГСР автопоїзда на 10...14%. Показано, що маневреність автопоїзда на еластичних у бічному напрямку колесах з урахування усіх його можливих обмежень (бази автомобіля-тягача, розташування точки зчіпки, довжини дишла причепа, бази причепа) може забезпечити автопоїзд, що розглядається.

Результати досліджень будуть корисними для водіїв і підприємців, які експлуатують автопоїзд з причепом категорії O₂ при виборі раціональних маршрутів перевезень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОПОЇЗД, ПРИЧІП, КУТ ВІДВЕДЕННЯ, ЗМІЩЕННЯ, ТРАЄКТОРІЯ, ГАБАРИТНА СМугА РУХУ, КАТЕГОРІЯ, МАНЕВРЕНІСТЬ

ABSTRACT

Sakhno V.P., Stelmashchuk V.V., Pazin R.V. The maneuverability of motor train with trailer category O2. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article defines the indicators of maneuverability of a trailer for tractional vehicles and trailers of category O2 in the lateral direction.

Object of research – indicators of maneuverability of an automobile traction on lateral elastic wheels of a traction vehicle and trailer.

The purpose of the work is to determine the indicators of maneuverability of a trailer with a two-axle trailer on wheels that are elastic in the lateral direction.

Methods of research – analytical, comparative.

For trailers of category O1, O2, operated as a rule by private entrepreneurs and amateurs, it is important to provide the necessary indicators of maneuverability and stability when driving in different road conditions. When moving an automobile train, all its points carry forward the displacement of their trajectories, which in aggregate form the overall lane of motion, which is theoretically difficult to determine and can not be estimated by a small number of parameters. Therefore, various gauges are used to assess maneuverability, the main among which is the factor and indicator of maneuverability, which is understood as the degree of displacement of the trajectory of the movement of the trailer link with the driver. For its determination, the main kinematic and dynamic properties of the car traction, both with a uniaxial and two-axle trailer, as a single mechanical system of bodies depending on the physical phenomena that arise in the movement of all its elements, and the interaction of the latter with each other are considered. In turn, these phenomena are determined by the geometry and structure of the road train.

Differences in the design of trains with trailers of category O1, O2 in most cases are determined by differences in the design of trailer units, since the structure of traction cars remains unchanged. A more general case is a trailer with a two-axle trailer, from which it is possible to get a train with a uniaxial trailer. Differential equations of motion are compiled for such a train.

The integration of the linearized system of equations allowed us to determine the indicators of maneuverability of the trains and to establish that taking into account the lateral tire of the car and trailer leads to an increase in the GPA of the trains for 10 ... 14%. It has been shown that the maneuverability of a trailer for elastic in the lateral direction of the wheels, taking into account all possible constraints (the basis of the car-tractor, the location of the coupling point, the length of the trailer's trailer, the trailer base) can be provided by the trains being considered.

The results of the research will be useful for drivers and entrepreneurs operating an auto train with a category O2 trailer when choosing rational transportation routes.

KEY WORDS: AUTOPOEZZ, PRESSURE, CORRECTION, DISTRIBUTION, TRAEKTORY, GABARITNAYA MOVEMENT, CATEGORY, MANUUALITY

РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Маневренность автопоезда с прицепом категории O2 / В.П. Сахно, В.В. Стельмашук, Р.В. Пазин // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42)

В статье определены показатели маневренности автопоезда на эластичных в боковом направлении колесах тягового автомобиля и прицепа категории O2.

Объект исследования - показатели маневренности автопоезда на эластичных в боковом направлении колесах тягового автомобиля и прицепа.

Цель работы - определение показателей маневренности автопоезда с двухосным прицепом на эластичных в боковом направлении колесах.

Методы исследования - аналитический, сравнительный.

Для прицепов категории O1, O2, эксплуатируемых как правило, частными предпринимателями и любителями, важным является обеспечение необходимых показателей маневренности и устойчивости при движении в различных дорожных условиях. При движении

автопоезда все его точки осуществляют поступательное перемещение своими траекториями, что в совокупности образуют габаритную полосу движения, которую определить теоретически достаточно сложно и невозможно оценить небольшим числом параметров. Поэтому для оценки маневренности используют различные измерители, основным среди которых является фактор и показатель маневренности, под которым понимается степень смещения траектории движения ведомого звена автопоезда относительно ведущего. Для его определения рассмотрены основные кинематические и динамические свойства автопоезда как с одноосным, так и двухосным прицепом, как единой механической системы тел, зависящей от физических явлений, которые возникают при движении всех его элементов, и взаимодействия последних между собой. В свою очередь, эти явления определяются геометрией и структурой автопоезда.

Различия в конструкциях автопоездов с прицепами категории О1, О2 в большинстве случаев определяются различиями в конструкции прицепных звеньев, поскольку конструкция тяговых автомобилей остается неизменной. Более общим случаем является автопоезд с двухосным прицепом, из которого можно получить и автопоезд с одноосным прицепом. Для такого автопоезда составлены дифференциальные уравнения движения.

Интегрирование линеаризованной системы уравнений позволило определить показатели маневренности автопоезда и установить, что учет бокового увода шин автомобиля и прицепа приводит к увеличению ГПД автопоезда на 10 ... 14%. Показано, что маневренность автопоезда на эластичных в боковом направлении колесах с учетом всех возможных ограничений (базы автомобиля-тягача, расположение точки сцепки, длины дышла прицепа, базы прицепа) может обеспечить автопоезд, который рассматривается.

Результаты исследований будут полезными для водителей и предпринимателей, эксплуатирующих автопоезд с прицепом категории О2 при выборе рациональных маршрутов перевозок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОПОЕЗД, ПРИЦЕП, УГОЛ УВОДА, СМЕЩЕНИЕ, ТРАЕКТОРИЯ, ГАБАРИТНАЯ ПОЛОСА ДВИЖЕНИЯ, КАТЕГОРИЯ, МАНЕВРЕННОСТЬ

АВТОРИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», e-mail: sakhno@ntu.edu.ua, тел.: +380442804252, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к. 301., orcid.org/0000-0002-5144-7131

Стельмашук Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент, Луцький національний технічний університет, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», e-mail: cdp@lntu.edu.ua, тел. +380332746145, 43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, к. 324, orcid.org/0000-0003-3813-3143

Пазін Роман Васильович, аспірант, Луцький національний технічний університет, аспірант кафедри «Автомобілі і транспортні технології», e-mail: rudi9101@gmail.com, тел.: +380332746145, 43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75, к. 324, orcid.org/0000-0003-3700-6097

AUTHORS:

Sakhno Volodymyr P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor, head of department of automobile, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua, tel. (044)280-42-52, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovych-Pavlenko str. 1, of. 301, orcid.org/0000-0002-5144-7131

Stelmachyk Valeriy.V., Ph.D, associated professor, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, associated professor of the automobile and transport technologies department, e-mail: cdp@lntu.edu.ua, tel. +380332746145, 43018, Lutsk, Lvivskay street, 75, of. 324, orcid.org/0000-0003-3813-3143

Pazin RomanV., Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine, postgraduate student of the automobile and transport technologies department, e-mail: rudi9101@gmail.com, tel. +380332746145, 43018, Lutsk, Lvivskay street, 75, of. 32, orcid.org/0000-0003-3700-6097

АВТОРЫ:

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», e-mail: sakhno@ntu.edu.ua, тел. +380442804252, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омельяновича-Павленка 1, к. 301, orcid.org/0000-0002-5144-7131

Стецьмашук Валерий Витальевич, кандидат технических наук, доцент, Луцкий национальный технический университет, доцент кафедры «Автомобили и транспортные технологии», e-mail: cdp@lntu.edu.ua, тел. +380332746145, 43018, г. Луцк, ул. Львовская, 75, к. 324, orcid.org/0000-0003-3813-3143

Пазин Роман Васильевич, аспирант, Луцкий национальный технический университет, аспирант кафедры «Автомобили и транспортные технологии», e-mail: rudi9101@gmail.com, тел.: +380332746145, 43018, г. Луцк, ул. Львовская, 75, к. 324, orcid.org/0000-0003-3700-6097

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

Біличенко В.В., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, завідувач кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство», Вінниця, Україна.

REVIEWER:

Gutarevych Yu.F., Doctor of Technical Science, professor, National Transport University, head of the engines and heating engineering department, Kyiv, Ukraine.

Bilichenko V.V. Doctor of Technical Sciences, professor, Vinnytsia National Technical University, head of the vehicles and transport management department, Vinnitsa, Ukraine.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Гутаревич Ю.Ф., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедрой двигателя и теплотехники, Киев, Украина.

Биличенко В.В., доктор технических наук, профессор, Винницкий национальный технический университет, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство», Винница, Украина.

УДК 656.135.2
UDK 656.135.2

BEZPIECZEŃSTWO, OSZUSTWA I KRADZIEŻE NA PODSTAWIE ODPOWIEDZI NA
ANKIETĘ OSÓB PRACUJĄCYCH NA STANOWISKU SPEDYTORA TRANSPORTU
DROGOWEGO KRAJOWEGO ORAZ MIĘDZYNARODOWEGO

MICHALSKI Jacek, Dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, jmichals@prz.edu.pl

SAFETY, FRAUD AND THEFT IN THE BASIS OF ANSWERS TO AN ANSWER
AT THE POSITION TRANSPORT FREIGHT ROAD NATIONAL AND INTERNATIONAL

MICHALSKI Jacek, Doctor of Technical Science, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, jmichals@prz.edu.pl

БЕЗПЕКА, ШАХРАЙСТВО ТА КРАДІЖКИ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ
ОПИТУВАННЯ ЕКСПЕДИТОРІВ НАЦІОНАЛЬНОГО ТА МІЖНАРОДНОГО СПОЛУЧЕННЯ

МІХАЛЬСКИ Яцек, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, jmichals@prz.edu.pl

WSTĘP

Ryzyko ma zarówno aspekt pozytywny; szanse, zyski, korzyści, jednak występuje też druga negatywna strona; czyli szkody i straty. Analiza ryzyka to, identyfikowanie zagrożeń oraz ocena poziomu ich ryzyka [2, 4]. Zagroženiem jest stan lub sytuacja, która stwarza niebezpieczeństwo, jest to także możliwość zaistnienia szkody, niebezpieczna sytuacja prowadząca do strat lub potencjalne warunki, które aktywizując się w sekwencję zdarzeń mogą prowadzić do strat [16]. Zarządzanie ryzykiem to skoordynowane działania dotyczące kierowania i nadzorowania organizacją w odniesieniu do ryzyka [19].

Z inicjatywy Komisji Europejskiej opracowane zostały wytyczne dla kierowców oraz wytyczne dla kadry zarządzającej transportem w kontekście szeroko pojętego bezpieczeństwa i przeciwdziałania różnego rodzaju zagrożeniom (kradzieże, nielegalni imigranci, akty terrorystyczne) [3].

W 2017 roku raport TAPA (Transported Asset Protection Association) podaje, że 72% przestępstw drogowych miało miejsce w czasie postoju pojazdów w niestrzeżonych lokalizacjach, a które to postoje z reguły były wymuszone koniecznością obowiązkowej przerwy w prowadzeniu pojazdu. Organizacja apeluje o zwiększenie liczby bezpiecznych parkingów [22].

Firmy chcące skorzystać z, najbardziej efektywnych metod sterowania ryzykiem - ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej i ubezpieczenie ładunku, winny szczegółowo zapoznać się z poszczególnymi rodzajami produktów ubezpieczeniowych, aby zapewnić sobie właściwą ochronę ubezpieczeniową [5].

BEZPIECZEŃSTWO, KRADZIEŻE I OSZUSTWA W PRZEDSIĘBIORSTWACH LOGISTCZNO-TRANSPORTOWYCH

Transport towarowy należy rozumieć, jako świadczenie usług polegających na przemieszczeniu ładunków oraz usług dodatkowych bezpośrednio z tym związanych [11]. Przewóz związany jest zarówno z ruchem pojazdu, jak i jego postojem. W celu umieszczenia/zdjęcia towarów na środku transportowym niezbędne jest wykonywanie różnorodnych manipulacji dokonywanych w punktach transportowych. Niektóre usługi transportowe wymagają podjęcia czynności dodatkowych wynikających z podatności transportowej, podatności ekonomicznej oraz jego podatności ładunkowej [1, 7, 8, 9, 18].

Do prowadzenia działalności w zakresie transportu drogowego niezbędna jest licencja. Jednym z warunków jej otrzymania jest spełnianie wymogów dobrej reputacji przez członków organu zarządzającego osoby prawnej, osoby zarządzające spółką jawną lub komandytową, a w przypadku innego przedsiębiorcy - osoby prowadzące działalność gospodarczą [6].

Raport „Skala kradzieży w europejskim transporcie drogowym w latach 2009-2011” dotyczy firmy z sektora transportowo-spedycyjnego, branżowych zrzeszeń przewoźników i spedytorów [15]. Zebrane dane miały charakter ilościowy. Podstawowym celem ankiety było poznanie opinii i doświadczeń przedsiębiorców w związku z kradzieżami i wyłudzeniami w transporcie, a także określenie skali zjawiska. Dobór uczestników był proporcjonalny – liczba badanych firm z danego kraju odpowiada wielkości rynku

transportowego w tym państwie. W badaniu wzięło udział ponad 3500 przedsiębiorstw z sektora TSL z siedmiu krajów europejskich: Czech, Litwy, Niemiec, Polski, Rosji, Słowacji i Ukrainy. Struktura firm biorących udział w badaniu: 43% transportowe, 36% spedycyjne, 21% produkcyjne. Ankietowanym zadano 14 pytań, które dotyczyły m.in. weryfikacji partnerów biznesowych, częstotliwości korzystania z parkingów strzeżonych, typów przestępstw, rodzaju i wartości utraconego towaru czy współpracy z policją.

Najczęściej dochodziło do utraty ładunku w wyniku oszustw ze strony podwykonawców (42% wszystkich przestępstw transportowych) i fałszerstw lub podszywania się pod inną firmę (31%). Ankietowani przedsiębiorcy potwierdzają, że do kradzieży często dochodzi w miejscu załadunku lub rozładunku towaru, w 27% przypadków poszkodowani utracili towar w takich okolicznościach. Ponad jedna trzecia okradzionych przynajmniej raz utraciła ładunek w wyniku włamania do ciężarówki. W Polsce zdecydowanie rzadziej niż w Czechach czy Niemczech dochodzi do brutalnych rozbojów. Rzadko zdarza się również, żeby złodzieje przejęli towar wraz z pojazdem, którym jest przewożony.

Opracowane wyniki ankiety przestępstwa w Polskim transporcie podają: 48% kradzież z włamaniem, 30% fałszerstwo, 22% rabunek - napad rozbójniczy, 17% kradzież środka transportu oraz 13% przywłaszczenie przez podwykonawcę. Czyny te dokonano w następujących okolicznościach: 45% w czasie postoju na parkingu, 24% na miejscu załadunku/rozładunku, 7% w czasie postoju przy drodze, 2% w czasie postoju przy stacji paliw, restauracji oraz 1% podczas odprawy celnej/oczekiwaniu na prom. Najczęściej kradzione towary to: 24% paliwo, 20% surowce, 18% sprzęt RTV/AGD/telekomunikacyjny, 15% artykuły spożywcze, 8% chemia gospodarcza/kosmetyki, 6% odzież, 6% sprzęt komputerowy, 5% alkohol/wyroby tytoniowe. Najczęstsze efekty dochodzenia policyjnego: 3% (najniższa wykrywalność pośród badanych państw) ustalony sprawca i odzyskany towar, 20% ustalony sprawca lecz nieodzyskany towar, 74% nieustalony sprawca i nieodzyskany towar oraz 3% nieustalony sprawca, odzyskany towar.

Przewoźnicy z Ukrainy mają bardzo konkurencyjne ceny i cieszą się opinią solidnych [15]. Macierzysty rynek jest jednym z najtrudniejszych w Europie. Problemem jest nie tylko niekorzystna infrastruktura drogowa, lecz także niestabilne prawo i wysoki poziom korupcji. Skala kradzieży i wyłudzeń w branży transportowej jest największa ze wszystkich krajów opisanych w raporcie. Aż 64% spośród badanych firm zadeklarowało, że w latach 2009-2011 padło ofiarą przestępstwa kradzieży lub oszustwa. Dla porównania, w tym okresie w Rosji pokrzywdzonych zostało mniej, 50% ankietowanych przedsiębiorców. 77% ukraińskich firm została okradzona na terenie swojego kraju. Niższy niż w innych badanych krajach jest za to poziom strat poniesionych w wyniku przestępstw. Aż w 81 procent przypadków straty były niższe niż 10000 euro. Tylko w 14% przypadków wynosiły one od 11000 do 50000 euro. Raport wskazuje jednoznacznie, że częściej niż w innych państwach okradani są kierowcy.

Raport stwierdził także, że skuteczną metodą przeciwdziałania kradzieży i oszustw w relacjach zleceniodawca/przewoźnik, przed załadunkiem, jest:

- sprawdzenie dokumentów przewoźnika w bazach KRS (Krajowy Rejestr Sądowy), CEIDG (Centralnej Ewidencji Informacji Działalności Gospodarczej) i GITD (Generalnej Inspekcji Transportu Drogowego);

- przeszukanie forum dyskusyjnego giełd frachtowych (np. Trans.eu) i informacji o kontrahencie w wyszukiwarkach internetowych;

- zapytanie ubezpieczyciela o ważność polisy podwykonawcy;

- zażądanie od przewoźnika kopii dowodów rejestracyjnych wraz z ubezpieczeniami;

- sprawdzenie listy poprzednich zleceniodawców i zadzwonienie do nich z prośbą o referencje;

- po podstawieniu pojazdu przez przewoźnika sprawdzenie kopie licencji oraz czy wpisy w dowodzie są zgodne z bazą Ubezpieczeniowego Funduszu Gwarancyjnego;

- zweryfikowanie tożsamości kierowcy jest zawsze konieczne.

W dystrybucji i logistyce wielu rodzajów produktów stosowana jest koncepcja śledzenia toru, trasy, czyli cracking. Może ona być wspierana poprzez obliczanie i raportowanie pozycji pojazdów i kontenerów z właściwością potencjalnej troski, przechowywanych na przykład w bazie danych w czasie rzeczywistym. To podejście pozostawia skomponować zadanie spójnego obrazu kolejnych raportów o stanie.

Na podstawie zaleceń „Zasady gromadzenia i interpretacji danych dotyczących innowacji” [12], opracowano pytania ankiety dotyczącej strat i bezpieczeństwa spedycji mieszanej towarów. Metodyka „Oslo” wymaga, aby kwestionariusz był w miarę możliwości jak najkrótszy, a pytania i polecenia powinny być jasno sformułowane oraz skierowane do najodpowiedniejszych respondentów. Kwestionariusz powinien także być w miarę możliwości nieskomplikowany i zwięzły, mieć logiczną strukturę, posługiwać się

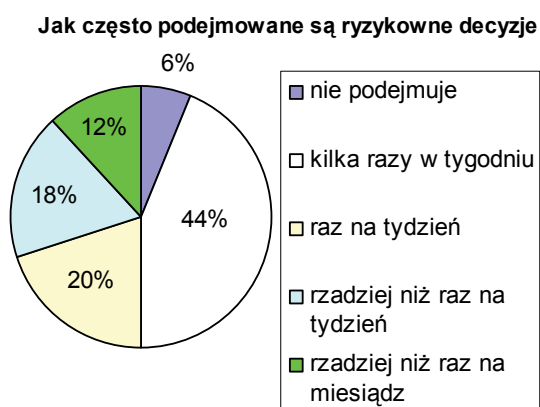
klarownymi definicjami i instrukcjami. Wskazany jest bliski kontakt z respondentami oraz korzystanie z metody ankiety pocztowej i wywiadu bezpośredniego. W fazie gromadzenia danych należy zwrócić szczególną uwagę na sprawdzenie rzetelności i spójności danych oraz na procedury przypominania respondentom o potrzebie odesłania wypełnionych kwestionariuszy lub udziału w czynnościach prowadzonych po zakończeniu głównego badania. Odpowiedzi respondentów winny być zgodne z danymi finansowymi i technicznymi przedsiębiorstwa, czyli dobrej jakości.

WARUNKI BADAŃ

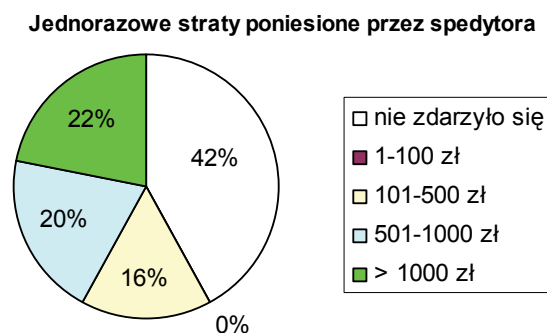
Przedstawiono opracowane wyniki badań ankietowych dotyczących bezpieczeństwa, kradzieży i oszustw w transporcie drogowym. Jest to opracowane statystycznie odpowiedzi na pytania przez polskich spedytorów. Pytania w ankiecie dotyczącej bezpieczeństwa, kradzieży i oszustw w przewozach transportem drogowym sformułowanych według zaleceń metodyki Oslo [12]. Były ona przeprowadzona w 2016 roku i dotyczyła zdarzeń od początku zatrudnienia ankietowanych osób/spedytorów w przedsiębiorstwach transportowo-logistycznych. Ankieta została skierowana do osób pracujących na stanowisku spedytora w transporcie drogowym, zarówno krajowym jak i międzynarodowym, także przez osobę zatrudnioną jako spedytor przedsiębiorstwa transportowo-spedycyjnego [10]. Liczba osób przebadanych wynosiła 50. Osoby poddane ankietyzacji pochodziły z różnych regionów Polski. Dokonano także wyjaśnienia dla respondentów, że ankieta ma na celu sporządzenie statystyk w oparciu, o które zostaną wysunięte wnioski odnośnie bezpieczeństwa, kradzieży i oszustw w transporcie drogowym. Ponadto zapewniono o pełnej anonimowości oraz o tym, że wyniki ankiety zostaną umieszczone w pracy naukowej a nie będą stanowiły one podmiotu do jakichkolwiek innych działań.

WYNIKI BADAŃ i ICH ANALIZA

Pierwsze pytanie „Czy podejmuje Pani/Pan ryzykowne decyzje, mogące skutkować stratami finansowymi?. Jeśli tak proszę podać ich częstość”. Większość spedytorów odpowiedziało, że podejmuje takie decyzje kilka razy tygodniowo (rys. 1). Jedynie 6% ankietowanych oznajmiło, że nie podejmuje ryzykownych działań. Z wyników ankiety wynika, że już na etapie tworzenia przewozów drogowych, przyjmowania zleceń, ich realizacji czy nadzoru, spedytorzy narażeni są na ryzyko poniesienia strat. Spedytorzy często podejmują trudne decyzje, dokonują ciągle analiza ryzyka oraz utrzymują go na akceptowalnym niskim poziomie.



Rysunek 1 – Częstość podejmowania ryzykownych decyzji w przewozach drogowych
Figure 1 – Frequency of making risky decisions in road transport

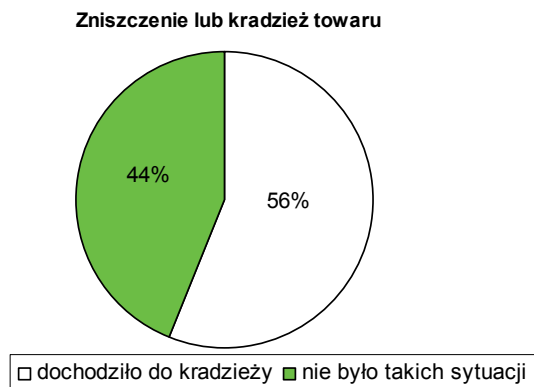


Rysunek 2 – Częstość liczby strat finansowych o zakresie wartości poniesionych w przewozach drogowych
Figure 2 – Frequency of financial losses in the range of values incurred in road transport

Pytanie drugie „Czy kiedykolwiek odniosła Pani/Pan straty w transporcie drogowym, obciążenie finansowe np. za niedotrzymanie terminu transportu?. Jeśli tak proszę podać średnią kwotę”. 42% ankietowanych odpowiedziało, że nigdy nie przydarzyło się, aby ponieśli jakiejkolwiek straty w tym obciążenia finansowe (rys. 2). Ten odsetek ankietowanych spedytorów charakteryzuje się umiejętnościami analizowania ryzyka oraz podejmowania słusznych decyzji, nawet w trudnych sytuacjach. W pozostałych 58% przedsiębiorstwach, nigdy straty/kary finansowe nie były niższe jak 100 zł. Może to być związane z

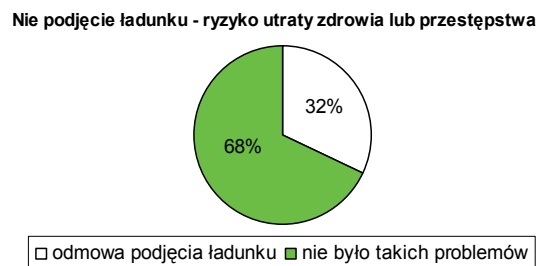
kwotami, na jakie wyceniane są towary i wartość ich szkód czy zniszczeń. Często wartość transportowanych dóbr przekracza, bowiem 100 zł. Jednocześnie należy zauważyć, iż w przypadku bardzo małej wartości zniszczeń klienci nie żądają odszkodowań, stąd przypuszczalnie taki wynik. Najczęściej pojawiająca się strata finansowa wynosiła ponad 1000 zł (22%).

Trzecie pytanie dotyczyło kradzieży lub zniszczenia ładunku w trakcie trwania przewozu. Jak wykazała ankieta 56% spedytorów odpowiedziało, że dochodziło do takich zdarzeń, natomiast 44% ankietowanych stwierdziła, że nie miało takich sytuacji (rys. 3). Należy więc wnioskować, że kradzieże i zniszczenia towaru, są bardzo powszechne i zdarzają się często, co prowadzi niejednokrotnie do powstawania dużych strat.



Rysunek 3 – Częstość zniszczenia lub kradzieży towaru w przewozach drogowych

Figure 3 – Frequency of destruction or theft of goods in road transport



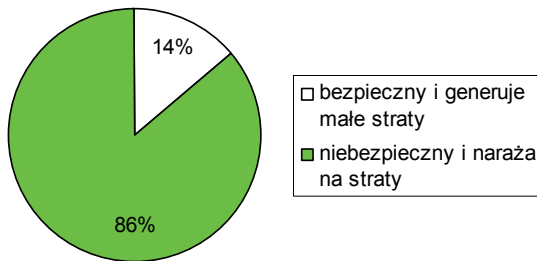
Rysunek 4 – Częstość nie podjęcia ładunku ze względu na obawę o zdrowie kierowcy lub przestępstwa w przewozach drogowych

Figure 4 – Frequency of not taking the load due to worries about the health of the driver or the crime in road transport

Czwarte pytanie odnosiło się do bezpieczeństwa kierowców. Miało, więc następującą treść „Czy zdarzają się sytuacje, gdy kierowcy nie chcą podjąć ładunku ze względu na obawę o swoje zdrowie lub przestępstwa np. załadunki w niebezpiecznych rejonach?”. Jak stwierdziło 32% badanych, zdarzyło się, że kierowcy odmawiali podjęcia ładunku ze względu na swoje zdrowie lub życie, czy też w obawie przed zdarzeniami przestępczymi (rys. 4). Duży wpływ na takie obawy ze strony kierowców ma zwykle rodzaj ładunku, który zleca im się podjąć, a także niebezpieczne miejsce załadunku i dostawy. Przykładem takiego miejsca w Europie może być port w Calais, który jest gęsto oblegany przez niebezpieczne grupy emigrantów. Pozostałe 68% odpowiedziało, że nigdy nie miało takich problemów, aby kierowcy nie chcieli wyruszyć po zlecony towar. Jest to spowodowane tym, że spedytorzy już podczas przyjmowania zleceń transportowych analizują możliwość zaistnienia ryzyka i unikają miejsc niebezpiecznych np. rejonów nieopodal kanału La Manche, w celu minimalizacji zdarzeń powodujących straty.

Piąte pytanie dotyczyło bezpieczeństwa transportu drogowego. Było to pytanie „Czy sądzi Pani/Pan że transport drogowy jest bezpieczny i mało ryzykowny, przez co przynosi małe straty?”. Tylko 14% z badanych spedytorów uznało, że transport drogowy jest bezpieczny i generuje małe straty (rys. 5). Pozostałe 86% ankietowanych uważa, że przewozy drogowe są niebezpieczne i narażają zarówno zleceniodawców jak i zleceniobiorców na szkody.

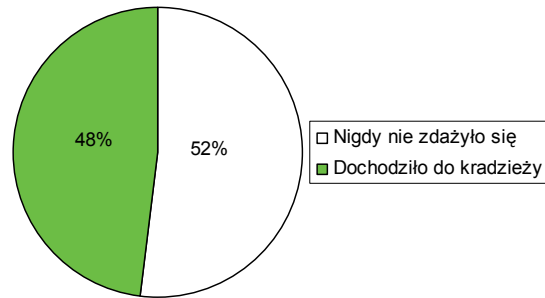
Czy transport drogowy jest bezpieczny i mało ryzykowny



Rysunek 5 – Częstość liczby przewozów drogowych bezpiecznych, mało ryzykownych oraz nie generujących strat

Figure 5 – Frequency of safe, low risk and low risk road transport

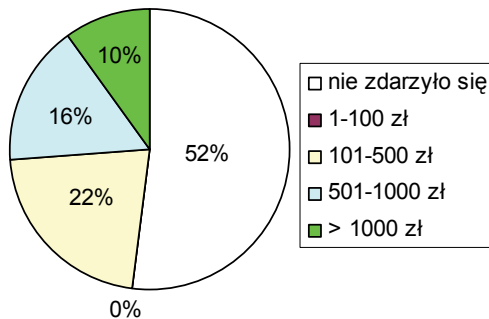
Kradzież paliwa przez kierowcę



Rysunek 6 – Częstość liczby kradzieży paliwa przez kierowcę

Figure 6 – Frequency of the number of fuel theft by the driver

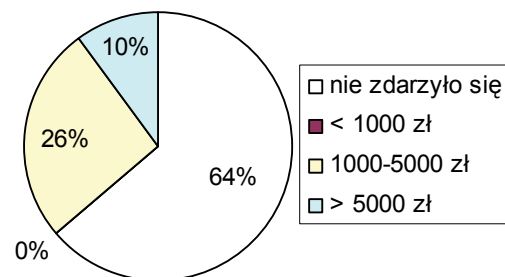
Czy zdarzyły się kradzieże paliwa oraz na jaka kwotę



Rysunek 7 – Procentowa liczba kradzieży paliwa wewnątrz przedsiębiorstwa o zakresie wartości kwoty

Figure 7 – Percentage of theft of fuel within the company with the value range

Straty przez niewłaściwie zabezpieczony ładunek



Rysunek 8 – Procentowy zakres liczby strat o wymienionym zakresie wartości podczas przewozu, powstały z niewłaściwego zabezpieczenia ładunku

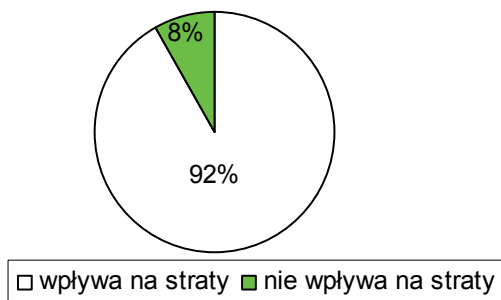
Figure 8 – The percentage range of the number of losses with the above-mentioned range during transport was due to improper load securing

Szóste pytanie to zapytanie o liczbę kradzieży paliwa przez kierowcę oraz jego kwoty wartości (rys. 7). 52% badanych spedytorów odpowiedziało, że nigdy nie zdarzyło się, aby ich kierowca dokonał takiego czynu. Uzasadniali to tym, że ich kierowcy są dobrze wynagradzani i nie chcą ryzykować utraty pracy. Jednak w pozostałych 48% dochodziło do takich sytuacji. Kwoty kradzieży są zróżnicowane, jednak nigdy wśród ankietowanych wartość utraconego paliwa nie spadła poniżej 500 zł (rys. 7). Największa kwota podana przez spedytora była, to około 30000 zł. Czyli, niejednokrotnie nieświadomi swych czynów kierowcy, doprowadzają do wielkich strat w swoich firmach. Aktualnie zdecydowana liczba pojazdów wyposażona jest w wszelkiego rodzaju czujniki, które spedytorzy obserwują. Na podstawie ich wskazań można udowodnić winę kierowcy. Bywa też, że spedytorzy pozwalają kierowcom na kradzieże, aby zgromadzone dowody wystarczająco potwierdziły winę złodzieja, a nie np. usterkę układu paliwowego.

Kolejna siódma kwestia poruszona w ankiecie dotyczyła strat poniesionych na skutek niewłaściwego zabezpieczenia ładunku przez kierowcę oraz wartości tej kwoty. Jak widać w 64% nie doszło do takiej sytuacji (rys. 8). Większość spedytorów stwierdziła, iż ich kierowcy są przeszkoleni i wiedzą jak zabezpieczyć ładunek. Ponadto przy podejmowaniu ładunków wrażliwych na czas trwania przewozu czy delikatnych, spedytorzy przypominają oraz proszą o ostrożność swoich kierowców. Mimo to, 36% ankietowanych stwierdziło, że towar został zniszczony wskutek niepoprawnego przewozu, przez co firma

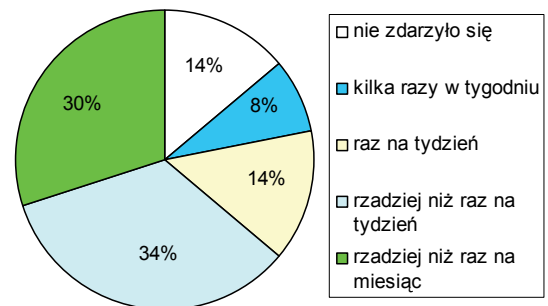
poniosła straty finansowe. Jednocześnie wartość szkód, nigdy nie były niższe od 1000 zł. W 10% przypadkach firma, poprzez niewłaściwe zabezpieczenie ładunku, poniosła straty przewyższające kwotę 5000 zł.

Czy stan techniczny pojazdu wpływa na straty



Rysunek 9 – Procent liczby strat przewozu drogowego wynikających z niewłaściwego stanu technicznego środka transportu
Figure 9 – The percentage of the number of road transport losses resulting from the improper technical condition of the means of transport

Oszustwa zleceniodawcy

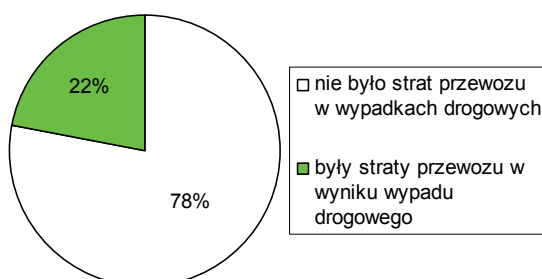


Rysunek 10 – Procentowa liczba przewozów, podczas których wystąpiły oszustwa zleceniodawcy
Figure 10 – The percentage of transports during which the client's fraud occurred

W ósmym pytaniu, wśród ankietowanych pojawiła się największa zgodność. Pytanie miało, bowiem treść „Czy według Pani/Pana stan techniczny środka transportu może wpływać na szkody powstałe w transporcie drogowym?”. Niemal wszyscy spedytorzy biorący udział w badaniu stwierdzili, że stan techniczny środka transportu może wpływać na szkody powstałe w transporcie (rys. 9). Jedynie czterech ankietowanych spedytorów (8%) z liczby 50 ankietowanych, zaprzeczyła temu stwierdzeniu.

W dziewiątym pytaniu poruszono kwestie oszustw ze strony zleceniodawców (rys. 10). Jedynie 14% spedytorom, odpowiedziało nie zdarzyło się nigdy żadne oszustwo. Pozostałe 86% badanych twierdzi, że nieuczciwość zleceniodawcy jest nieunikniona. Według 8% spedytorów oszustwa zdarzają się kilka razy w tygodniu i najczęściej dotyczą wagi lub wymiarów towaru oraz czasu odbioru i dostawy ładunku.

Czy wypadki drogowe spowodowały straty przewozu



Rysunek 11 – Procent liczby firm spedycyjnych, w których wypadki drogowe spowodowały straty przewozu

Figure 11 – Percentage of the number of forwarding companies where road accidents caused transport losses

Ostatnie dziesiąte pytanie dotyczyło wypadków drogowych, w których brali udział kierowcy prowadzący pojazdy firmy analizowanego spedytora. 78% badanych odpowiedziało, że nigdy do nie doszło do wypadków które powodują straty w przewozach drogowym (rys. 11). Pozostałe 22% spedytorów stwierdziło z kolei, że zdarzają się wypadki z udziałem ich kierowców, co w rezultacie skutkuje stratami finansowymi jakie musi ponieść firma z tytułu uszkodzeń zdrowia osób poszkodowanych lub też kar za uszkodzony ładunek oraz naprawę samochodów.

PODSUMOWANIE

Zapewnienie bezpieczeństwa i ograniczenie prawdopodobieństwa kradzieży w przewozach towarów w zasadzie spoczywa na kierowcy i spedytorze.

Powinni oni: odpowiednio zabezpieczyć ładunek, korzystać z parkingów oświetlonych, monitorowanych i strzeżonych jak i korzystać z technologii wspomagających transport jak: GPS (Global positioning system), RFID (Radio-frequency identification), CB Radio, tracking (łączy wykorzystanie automatycznej lokalizacji pojazdów w poszczególnych pojazdach z oprogramowaniem gromadzącym dane o tych flotach, w celu uzyskania kompleksowego obrazu lokalizacji pojazdów), wykupić polisy ubezpieczenia mienia CARGO oraz OCP (Odpowiedzialności Cywilnej Przewoźnika) - chroni interes przewoźnika. Korzystne jest rozważenie innych ofert zakładów ubezpieczeniowych, aby straty powstające zarówno po stronie klienta jak i przewoźnika mogły być pokryte przez ubezpieczyciela.

Innym czynnikiem, który wpływa na ryzyko zaistnienia strat są oszustwa, występujące zarówno ze strony zleceniodawcy jak i przewoźnika. Najczęściej dotyczą szczegółów przewozu, ze strony zleceniodawcy, takich jak; wymiarów i wagi ładunku, czasu i miejsca dostawy, niezbędnej technologii załadunku/rozładunku, podstawienia innego towaru do przewozu czy braku zapłaty za przewóz. Do kłamstw i oszustw ze strony przewoźnika dochodzi zwłaszcza, gdy nie cała przestrzeń ładunkowa pojazdu przeznaczona jest dla przyjętego zlecenia, jak wymagały warunki umowy oraz gdy towar został uszkodzony, co nie zostało odnotowane w liście przewozowym CMR (Convention relative au contrat de transport international de marchandises par route) [14, 20]. Oszustwa przewoźnika występują często, gdy zlecenie na przewóz towaru zostaje przyjęte od innej firmy, która również pośredniczy w realizacji transportu, lecz nie jest pierwotnym zleceniodawcą na przewóz i ponadto nie zna dokładnie wymiarów, wagi lub rodzaju przewożonego dobra.

Firmy przewozowe powinny regularnie przeprowadzać analizę ryzyka i szkolenia pracowników, w zakresie swoich działań, aby opanować umiejętność szybkiego dostrzegania miejsc, rodzaju ryzyka jak i akceptowanego poziomu, w celu minimalizacji prawdopodobieństwa jego wystąpienia [21]. Ważnym jest także dokonanie regularnego przeglądu stanu technicznego środków transportu oraz natychmiastowe usuwanie wszelkich uszkodzeń. Zapewnia to skuteczne i terminowe dostarczanie przesyłki do odbiorcy. Ocena poziomu ryzyka potencjalnych, niepożądanych zdarzeń pozwala także podmiotom gospodarczym na przeprowadzenie odpowiednich działań prewencyjnych oraz opracowanie niezbędnych procedur awaryjnych. Często firmy opracowują procedury awaryjne, które uruchamiane są podczas sytuacji kryzysowej.

Z uzyskanych odpowiedzi na ankietę zawierającą 10 pytań, przez pięćdziesięciu spedytorów transportu krajowego i międzynarodowego, można sformułować następujące wnioski szczegółowe.

Spedytorzy bardzo często podejmują decyzje ryzykowne, nawet kilka razy tygodniowo, które mogące skutkować stratami.

Ponad połowa spedytorów stwierdziła, że poniosła straty wskutek podjęcia ryzykownej decyzji. Wartość strat przekraczała kwotę 1000 zł.

56% spedytorów odpowiedziało, że podczas trwania przewozu zdarzały się sytuacje kradzieży lub zniszczenia ładunku.

32% kierowców, z którymi współpracowali spedytorzy, odmówiła podjęcia ładunku ze względu na swoje zdrowie lub życie, czy też z obawy przed możliwością wystąpienia przestępstwa.

Zdecydowana większość badanych (86%) uznała, że transport drogowy jest niebezpieczny.

W 48% przedsiębiorstw spedycyjno-transportowych, dochodzi do kradzieży paliwa przez kierowcę, którego przywłaszczona wartość nie była niższa od 500 zł.

36% spedytorów przyznało, że zostali obciążeni karami, ponieważ klient odniósł szkody spowodowane zniszczeniem ładunku na skutek niewłaściwego zabezpieczenia na czas trwania przewozu.

Spedytorzy zgodnie stwierdzili (92%), że stan techniczny środka transportu wpływa na bezpieczeństwo i ryzyko wystąpienia strat w transporcie.

86% badanych spedytorów przyznało, że zostali oszukani przez zleceniodawców.

Tylko 22% spedytorów (jedenastu) oświadczyło, że ich firma odnosiła straty z tytułu spowodowania zdarzenia drogowego z udziałem ich kierowcy.

Podsumowując, należy stwierdzić, że transport drogowy jest niebezpieczny o dużym prawdopodobieństwie oszustwa i kradzieży. Niemal na każdym etapie i w każdym procesie przewozów istnieje zagrożenie. Ponieważ nie można całkowicie wykluczyć ryzyka, ważna jest jego identyfikacja, kontrola i umiejętność utrzymania na akceptowanym poziomie, aby możliwość wystąpienia zagrożeń ograniczyć do minimum.

REFERENCES

1. Bogdanowicz S. (2012) Podatność: teoria i zastosowanie w transporcie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
2. Borysiewicz M., Potemski S. (2001) Podstawy analiz ryzyka i zarządzania ryzykiem w odniesieniu do awarii transportowych. Otwock - Świerk.
3. Hrycak A., Młotek C. (2017) Monitorowanie przewozów towarów: sprostaj nowym obowiązkom, Stan prawny na 18 kwietnia 2017 r., Wydawnictwo Wiedza i Praktyka, Warszawa.
4. Kulińska E. (2015) Parametryzacja kosztów ryzyka procesów logistycznych. Wydawnictwo PLACET, Warszawa.
5. Laskowska-Woś K., Matuszkiewicz M., Jedrzejak B., Ratajczak R., Petranik M., Radomski M., Czauderna I., Szwed I. (2016) Warunki wykonywania transportu: odpowiedzialność za przewóz towarów i osób. Wydawnictwo Wiedza i Praktyka, Warszawa.
6. Madej B., Michniak J., Madej R., Kurcz J. (2016) Certyfikat kompetencji zawodowych przewoźnika drogowego: podręcznik przewoźnika oraz osoby zarządzającej transportem. Wydanie 15 zaktualizowane. Akademia Transportu i Przedsiębiorczości, Warszawa.
7. Marciniak-Neider D., Neider J. (red.) i inni (2014) Podręcznik spedytora - transport, spedycja i logistyka. Polska Izba Spedycji i Logistyki, Gdynia.
8. Markusik S. (2011) Infrastruktura logistyczna w transporcie. T. 1, Środki transportu. Wyd. 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
9. Markusik S. (2013) Infrastruktura logistyczna w transporcie. T. 2, Infrastruktura punktowa - magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe. Wyd. 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
10. Moskwa Ł. (2016) Ryzyko w transporcie drogowym – szkody i straty. Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Rzeszowska, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Kierunek: Transport, Specjalność: Logistyka transportu drogowego. Promotor: J. Michalski.
11. Neider J. (2015) Transport międzynarodowy. Wyd. 3 zm., Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
12. Pomiar działalności naukowej i technicznej. Wydanie Trzecie, Wspólna publikacja OECD i Eurostatu. Komisja Europejska, www.oecd.org, (dostęp 1.05.2018).
13. Raport Bezpieczny transport, PISiL, 2006, www.pisil.pl, (dostęp 1.05.2018).
14. Seidl M., Šimak L., Zamiar Z. (2011) Bezpieczeństwo w transporcie. Wydawnictwo Międzynarodowej Wyższej Szkoły Logistyki i Transportu, Wrocław.
15. Skala kradzieży w europejskim transporcie drogowym w latach 2009-2011. Raport. Rzetelny Przewoźnik. (Raport PL.cdr - Spedycje.pl, dostęp 1.05.2018).
16. Szopa T. (2016) Niezawodność i bezpieczeństwo. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
17. Szymanek A. (2014) Rozwój standardów zarządzania ryzykiem w transporcie drogowym. Logistyka 3, 6185-6191.
18. Wierzejski T., Kędzior-Laskowska M. (2014) Transport i spedycja. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn.
19. Wieteska G. (2009) Czynniki ryzyka dla strumienia towaru w łańcuchu dostaw. Logistyka 3, 23-26.
20. Wieteska G. (2010) Zagrożenia losowe i nielosowe dla ciągłości procesu transportu towarów. Logistyka 1, 32-34.
21. Wróblewski D. (Red.) i inni (2015) Zarządzanie ryzykiem - przegląd wybranych metodyk. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, Józefów.
22. <http://4trucks.pl/wiadomosci/item/11637-przestepczosc-w-transportie-drogowym.html>, (dostęp 1.05.2018).

STRESZCZENIE

MICHALSKI Jacek. Bezpieczeństwo, oszustwa i kradzieże na podstawie odpowiedzi na ankietę osób na stanowisku spedytora transportu drogowego krajowego oraz międzynarodowego / Ja. MICHALSKI // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

Przedstawiono analizę literatury na temat kradzieży i oszustw w drogowym transporcie towarów Europy. Opracowano raport bezpieczeństwa, kradzieży i oszustw w transporcie drogowym towarów, na podstawie odpowiedzi na dziesięć pytań, przeprowadzonej ankiety, przez pięćdziesiąt osób pracujących na stanowisku spedytora w transporcie drogowym, zarówno krajowym jak międzynarodowym Europy. Pytania dotyczyły: częstości podejmowania decyzji ryzykownych w pracy spedytora, wartości ponoszonych strat wskutek podjęcia ryzykownej decyzji, występowania kradzieży lub zniszczenia ładunku w trakcie trwania przewozu, bezpieczeństwa kierowców i transportu drogowego, kradzieży wewnątrz przedsiębiorstwa, strat poniesionych na skutek niewłaściwego zabezpieczenia ładunku przez kierowcę, wpływu stanu technicznego środka transportu na szkody powstałe w transporcie, oszustw ze strony zleceniodawcy na przewóz towarów oraz występowania wypadków drogowych z udziałem kierowców przewoźnika i i wynikających z ich strat w transporcie. Ankietę opracowano zgodnie z metodyką Oslo.

РЕФЕРАТ

МІХАЛЬСКИ Яцек. Безпека, шахрайство та крадіжки на основі результатів опитування експедиторів національного та міжнародного сполучення / Я. МІХАЛЬСКИ // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті наведено аналіз результатів опитування з приводу крадіжок та шахрайства на автомобільному транспорті під час перевезення європейських товарів. Проведено опитування п'ятдесяти осіб, які працюють експедиторами на автомобільному транспорті, як національних, так і міжнародних європейських перевізників. Питання стосувалися таких проблем: частота прийняття ризикованих рішень в роботі експедитора, величина втрат, пов'язаних з прийняттям ризикового рішення, викрадення або знищення вантажу під час перевезення, безпека водія та автомобіля, крадіжки всередині підприємства, збитки, понесені як результат неправильного забезпечення безпеки вантажів водієм, вплив технічного стану транспортного засобу на збитки на транспорті, шахрайство з боку клієнта для перевезення вантажів та виникнення ДТП, пов'язаних з водіями перевізника. Опитування було розроблено відповідно до методології Осло.

З відповідей опитуваних можна сформулювати такі конкретні висновки: відправники часто приймають ризикові рішення, що може призвести до втрат; більше половини вантажовідправників заявили, що вони зазнали збитків у результаті прийняття ризикованого рішення, величина збитків перевищила 1000 злотих; 56% експедиторів відповіли, що під час транспортування були ситуації крадіжки або знищення вантажу; 32% водіїв, з якими співпрацювали експедитори, відмовляються брати вантаж через небезпеку для здоров'я та життя або через побоювання можливості вчинення крадіжки; переважна більшість респондентів (86%) вважають, що автомобільний транспорт небезпечний; 48% експедиторських та транспортних компаній зустрічалися з випадками викрадення палива водієм; 36% експедиторів визнали, що їм було пред'явлено штраф, оскільки клієнт зазнав збитків від пошкодження вантажів через недостатній захист під час перевезення; практично всі транспортні експедитори погодились (92%), що технічний стан транспортних засобів впливає на безпеку та ризик транспортних втрат.

Разом з тим 86% опитаних вантажовласників визнали, що їх обманули клієнти. І лише 22% експедиторів заявили, що їх компанія зазнала збитків унаслідок дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних з їх водієм.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ПЕРЕВІЗНИКИ, ВОДІЇ, ШАХРАЙСТВО, БЕЗПЕКА, КРАДІЖКИ.

ABSTRACT

MICHALSKI Jacek. Security, fraud and theft on the basis of answers to an answer working on the position of the road transport point national and international. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article gives an analysis of the results of the survey on theft and fraud in motor transport during the transportation of European goods. A survey was conducted on fifty persons working as freight forwarders in road transport, both national and international European carriers. The questions concerned the following issues: the frequency of taking risky decisions in the forwarder, the amount of losses associated

with making a risky decision, theft or destruction of goods during transportation, driver and car security, theft inside the enterprise, losses incurred as a result of improper security of goods the driver, the effect of the technical condition of the vehicle on the damage to the vehicle, the client's fraud for the carriage of goods and the occurrence of accidents involving carriers of the carrier. The survey was developed in accordance with the Oslo methodology.

The following concrete conclusions can be formulated from the answers of the respondents: senders often take risky decisions, which can lead to losses; more than half of the shippers said they had suffered a loss as a result of a risky decision, the damage was higher than PLN 1,000; 56% of freight forwarders answered that during the transportation there were situations of theft or destruction of cargo; 32% of drivers, with whom the forwarding agents cooperated, refuse to take cargo because of the danger to health and life or because of the fear of theft; the vast majority of respondents (86%) believe that road transport is dangerous; 48% of forwarding and transport companies have met with the driver of theft of fuel; 36% of freight forwarders found that they were fined because the customer suffered damages due to insufficient protection during transportation; practically all freight forwarders agreed (92%) that the technical condition of vehicles affects safety and the risk of transport losses.

At the same time, 86% of the surveyed cargo owners admitted that they were deceived by customers. And only 22% of freight forwarders said that their company had suffered losses as a result of road traffic accidents involving its driver.

KEYWORDS: AUTOMOBILE TRANSPORTATION, TRANSPORTATION, WATER, STORAGE, SAFETY, SHORTCUTS.

AUTOR:

MICHALSKI Jacek, Prof. dr hab. inż, Politechnika Rzeszowska, Profesor, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, jmichals@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12

АВТОР:

МІХАЛІСЬКІ Яцек, професор, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, jmichals@prz.edu.pl, тел.: +48178651531, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12

AUTHOR:

MICHALSKI Jacek, Doctor of Technical Science, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, jmichals@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Поліщук В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпека дорожнього руху, Київ, Україна.

Любас Януш, доктор технічних наук, професор, Жешувська політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Polishchuk V.P., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, head of the transport system and road safety department, Kyiv, Ukraine

Lubas Janush, Doctor of Technical Sciences, professor, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 656.13
UDC 656.13

МОДЕЛЬ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Степанов О.В., кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна, cs_7@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4954-2532

THE SECURITY MODEL VEHICLES USING FUZZY LOGIC

Stepanov A.V., Ph.D., Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine, cs_7@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4954-2532

МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Степанов А.В., кандидат технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина, cs_7@ukr.net, orcid.org/0000-0003-4954-2532

Вступ. Створити повну математичну модель безпеки АТЗ у системі ЛАДС проблематично через безліч взаємозв'язків, які неможливо описати в термінах класичної чіткої логіки. Формалізувати поняття «безпека АТЗ» також надзвичайно важко, тому що при русі АТЗ у транспортному процесі потрібно враховувати великий обсяг інформації і вміти її вірно використовувати. Один із способів вирішення цієї проблеми – створення інтелектуальних систем управління. При цьому фахівці особливу увагу приділяють руху АТЗ в колоні або по завантаженій магістралі, так як такий рух значно ускладнює систему управління та безпеку АТЗ.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Системи управління безпекою АТЗ набувають розвиток у бік підвищення їх адаптивності, тобто здатністю змінювати свої параметри в залежності від управляючих впливів водія і дорожніх умов. При цьому, для вирішення поставлених проблем у сучасних умовах, широке поширення набувають системи з використанням нечіткої логіки, тобто системи, які узагальнюють класичну двозначну логіку міркувань в умовах невизначеності [1-8]. Ідея управління цих систем полягає у введенні досвіду людини-оператора в розробку схеми, що управляє деяким динамічним процесом. Вирішуючи проблему безпеки АТЗ система дозволяє підлаштовуватися під манеру керування водія АТЗ і застосовує схожі людські поняття. Прийняте рішення виходить більш адекватним, що є дуже актуальним питанням.

Постановка задачі. З використанням принципів нечіткої логіки отримати модель нейронної мережі системи контролю та управління безпекою АТЗ у транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини.

Рішення задачі. Введемо поняття «лінгвістична змінна» (ЛЗ), значеннями якої є не числа, а слова використовуваної мови, так звані «терми». Відомо, що однією з проблем безпеки АТЗ є швидкісний режим АТЗ. Розглянемо змінну «швидкість», яка може мати значення «висока», «середня», «низька». Фрази, значення яких бере змінна, в свою чергу, називаються іменами нечітких змінних.

Значення ЛЗ визначаються через нечіткі множини (НМ), які, в свою чергу, визначені на деякому базовому наборі значень або базовій числовій шкали, що має розмірність. Кожне значення ЛЗ визначається як нечітка множина (наприклад, НМ «висока швидкість»).

Нечітка безліч визначається через деяку базову шкалу B і функцію приналежності НМ – $\mu(x)$, $x \in B$, приймаючи значення на інтервалі $[0 \dots 1]$. Тобто, нечітка множина B – це сукупність пар виду $(x, \mu(x))$, де $x \in B$. Також B можна представити у наступному вигляді

$$B = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu(x_i)}, \quad (1)$$

де x_i – i -е значення базової шкали.

Функція приналежності визначає суб'єктивну міру впевненості водія в тому, що дане конкретне значення базової шкали відповідає визначенню НМ.

Розглянемо нечітку категорію «середня швидкість». У класичній теорії безліч A «середня швидкість» можна сформувати або перерахуванням значень середніх швидкостей АТЗ, або ввівши в розгляд характеристичну функцію f , таку, що для будь-якого об'єкта X

$$f(X) = \text{ІСТИНА тоді та тільки тоді, коли } X \in A. \quad (2)$$

У нашому випадку ця функція може відбирати значення швидкості, які менше 90 км/год.

$$P90(X) = \begin{cases} \text{ІСТИНА, якщо } CAR(X) \text{ та } SPEED(X) < 90 \text{ км / год} \\ \text{НЕПРАВДА, в іншому випадку} \end{cases}. \quad (3)$$

Використовуючи предикат $CAR(X)$ і функцію $SPEED(X)$, можна сформувати безліч, елементами якої є тільки ті елементи множини CAR , швидкість яких менше 90 км/год.

$$\{X \in CAR \mid SPEED(X) < 90\}. \quad (4)$$

Представляючи всю безліч «середніх швидкостей», інтуїтивно здається, що межі цієї множини повинні бути розмиті, а належність елементів цієї безлічі повинна бути якимось чином ранжирована (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема ранжирування швидкості автомобіля
Figure 1 – The ranking Scheme of the vehicle speed

Прийmemo до уваги, що кожен автомобіль безлічі «середня швидкість» типовий для даної категорії. Отже, з допомогою деякої функції можна виразити ступінь приналежності елемента до множини.

Якщо для об'єкта X функція $\mu(X) = 1$, то цей об'єкт безумовно є членом безлічі, а якщо для нього $\mu(X) = 0$, то він безумовно не є членом безлічі. Всі проміжні значення $\mu(X)$ виражають ступінь належності до множини.

При розгляді безпеки АТЗ потрібна функція, що оперує зі швидкістю. Її можна визначити таким чином, що $fExp(30 \text{ км/год}) = 0$ і $fExp(60 \text{ км/год}) = 1$, а всі проміжні значення представляються деякою монотонною кривою, що має значення в інтервалі $[0, 1]$ (рис.2).

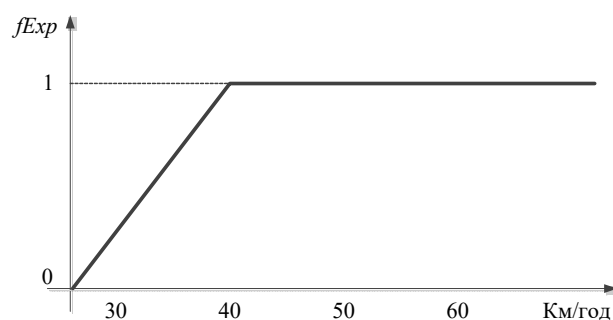


Рисунок 2 – Функція швидкості автомобіля
Figure 2 - is a Function of vehicle speed

Для визначення безлічі EXP_CAR автомобілів з середньою швидкістю, на підставі наведеної вище функції, можна ввести нову характеристичну функцію, визначену на множині всіх автомобілів

$$f_{EXP_CAR}(X) = f_{Exp}(SPEED(X)). \quad (5)$$

Членами цієї множини, стають пари (об'єкт, ступінь), наприклад: $EXP_CAR = \{(Subaru, 0,9), (Toyota, 0,6), (Kia, 0,1)\}$ (рис.3).

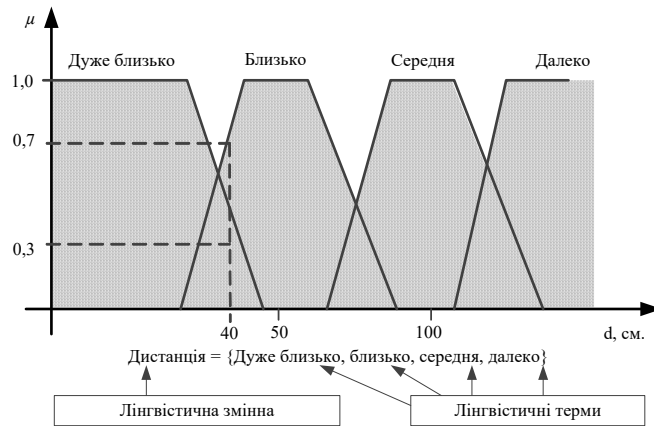


Рисунок 3 – Лінгвістична змінна «Дистанція» від автомобіля до об'єкту
Figure 3 – Linguistic variable "Distance" from the vehicle to the object

Розглянемо етапи обробки інформації при використанні нечіткої логіки:

1. Перший етап – на основі фазифікації – перетворення числового значення в символічне нечітке значення.
2. Другий етап – нечіткі міркування – нечіткий логічний висновок з використанням об'єднань і перетинів.
3. Третій етап – чітке прийняття рішення – дефазифікація – перетворення нечіткого символічного значення на число.

Як показує досвід провідних автомобілебудівних фірм: системи управління АТЗ розвиваються в одному напрямку – у бік підвищення їх адаптивності, тобто здатності змінювати свої параметри залежно від керуючих впливів водія і дорожніх умов.

Для одночасного урахування величезного різноманіття інформації, різних обставин і ситуацій, характеристик керуючих впливів водія, зовнішнього середовища і механізмів АТЗ необхідно створити інтелектуальну систему управління.

В основі цієї системи лежить нечітка логіка, подібна процесам мислення людини – нейронна мережа.

У свою чергу, нейронна мережа дозволяє водієві враховувати безліч факторів для безпечного керування АТЗ без помилок тому, що нейронна мережа видає рекомендації з мінімальною помилкою.

При роботі водія з нейронною мережею бажано її створити і навчити таким чином, щоб помилка параметра на її виході була мінімальна.

Помилка на виході, коли значення регульованого параметра дано, може бути представлена у вигляді

$$\varepsilon(\underline{x}, t) = [t(i) - y(\underline{x})]^2, \quad (6)$$

де: $y(\underline{x})$ - вихідна величина;

$t(i)$ - необхідне значення параметра i .

Не втрачаючи спільності міркувань, розглянемо один з виходів нейронної мережі.

Очікувана похибка для значень може бути представлена у вигляді

$$E\{\varepsilon(\underline{x})|i\} = \int_{-\infty}^{+\infty} [t(i) - y(\underline{x})]^2 f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) d\underline{x}, \quad (7)$$

де: $f_{\underline{x}}(\underline{x}|i)$ - умовна щільність вхідного сигналу.

Помилка, отримана за весь час тренування, дорівнює

$$\xi = \sum_{i=1}^T E\left\{\varepsilon\left(\frac{\underline{x}, i}{i}\right)\right\} p(i), \quad (8)$$

де: $p(i)$ являє собою апіорну ймовірність значень i (рис. 4).

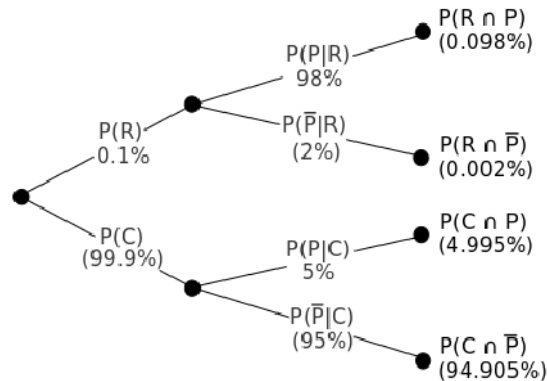


Рисунок 4 – Деревоподібна діаграма демонструє частотний приклад. R, C, P і P с рискою – це події, які є рідкісними, загальними, зразковими і не зразковими

Figure 4 - is a Tree diagram shows an example of frequency. R, C, P, and P с the dash are events that are rare, General, exemplary and exemplary

Наведені на рисунку відсотки (в дужках) обчислюються. Відзначимо, що значення трьох незалежних подій дано, тому можливо обчислити зворотнє дерево.

Вирішуючи спільно рівняння (7) і (8) одержимо

$$\xi = \sum_{i=1}^T \int_{-\infty}^{+\infty} [t(i) - y(\underline{x})]^2 f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) d\underline{x} \cdot p(i). \quad (9)$$

Змінюючи порядок підсумовування і інтеграл у рівнянні (9) і застосовуючи теорему Байєса, отримаємо

$$f_{\underline{x}}\left(\frac{\underline{x}}{i}\right) p(i) = p\left(\frac{i}{\underline{x}}\right) \cdot f_{\underline{x}}(\underline{x}), \quad (10)$$

$$\xi = \int \sum_{i=1}^T [t(i) - y(\underline{x})]^2 p\left(\frac{i}{\underline{x}}\right) f_{\underline{x}}(\underline{x}) d\underline{x}. \quad (11)$$

Позначимо внутрішню частину підінтегральної функції наступним чином

$$\beta = \sum_{i=1}^T [t(i) - y(\underline{x})]^2 p\left(\frac{i}{\underline{x}}\right). \quad (12)$$

Для конкретного значення точки $\underline{x}$, вихід є постійним $y(\underline{x}) = c$. Підставляючи це постійне значення в рівняння (12) і потім мінімізуючи значення по відношенню до вхідної величини, отримаємо

$$\frac{d\beta}{dc} = \sum_{i=1}^T -2[t(i) - c]p\left(\frac{i}{x}\right) = 0. \quad (13)$$

Рішення рівняння (13) є виходом $y(x)$, який відповідає мінімуму помилки

$$y(x) = c = \sum_{i=1}^T t(i)p\left(\frac{i}{x}\right). \quad (14)$$

Отримуючи значення $p\left(\frac{i}{x}\right)$ з рівняння (10) і підставляючи в (14) отримаємо

$$y(x) = \sum_{i=1}^T t(i) \frac{f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(t_i)}{f_x(x)}. \quad (15)$$

Згідно з теоремою про повну ймовірність [1] щільність вхідного сигналу можна записати у вигляді

$$f_x(x) = \sum_{i=1}^T b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i). \quad (16)$$

Підставивши рівняння (16) (15), отримаємо

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{i=1}^T t(i)b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}{\sum_{i=1}^T t(i)b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}. \quad (17)$$

Для функціональної апроксимації це рівняння може використовуватися безпосередньо, однак за умови роботи нейронної мережі, значення приймають 1 або 0, і тоді рівняння (17) може бути перетворено наступним чином

$$\hat{y}(x) = \frac{\sum_{\text{нуль}} t(i) = 0 f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i) + \sum_{\text{один}} t(i) = 1 b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}{\sum_{\text{нуль}} 0 f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i) + \sum_{\text{один}} 1 f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}. \quad (18)$$

Т. к. в нейронних мережах ефект дають значення 0 або 1, то на виході системи, що забезпечує середньоквадратичну помилку, отримаємо

$$\hat{y}(x) = \left[\frac{\sum_{\text{нуль}} b_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)}{\sum_{\text{один}} f_x\left(\frac{x}{i}\right)p(i)} \right]. \quad (19)$$

Таким чином, $\sum_{\text{нуль}}$ являє собою суму всіх нулів на вході, а $\sum_{\text{один}}$ – відповідно суму всіх одиниць. Це впливає з рівняння (19). Якщо кількість значень нулів буде більше, ніж число значень одиниць, $\sum_{\text{нуль}} \square \sum_{\text{один}}$, то вихідне значення буде приймати нульове значення, або навпаки (рис. 5).

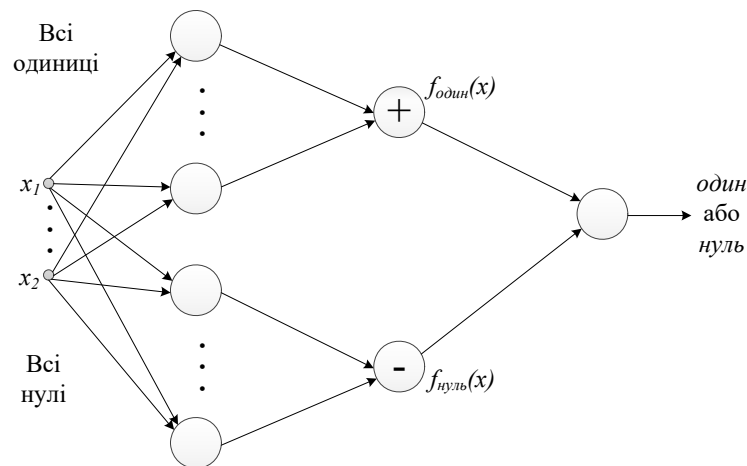


Рисунок 5 – Схема реалізації системи, що забезпечує мінімум середньоквадратичної помилки
Figure 5 – Scheme of implementation of the system, providing a minimum mean square error

Таким чином, для самонавчальної системи управління, отримана модель нейронної мережі системи контролю і управління безпеки АТЗ в транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини, яка представлена на рис. 6.

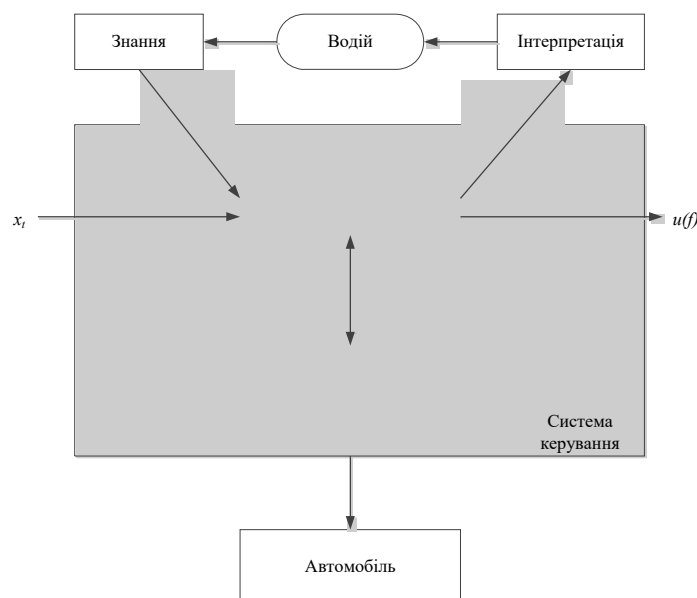


Рисунок 6 – Модель нейронної мережі системи контролю і управління безпеки АТЗ в транспортному процесі з урахуванням впливу фактора людини
Figure 6 – neural network Model of system control of safety of ATS in the transport process taking into account the influence of the human factor

Висновки. Встановлено, що вирішуючи проблеми безпеки АТЗ нейронна мережа системи з використанням нечіткої логіки дозволяє підлаштовуватися під манеру керування водія АТЗ, при цьому, замість двійкових кодів застосовує схожі людські поняття. Але, незважаючи на це, не можна повністю виключити фактор людини при управлінні АТЗ у транспортному процесі тому, що машинна нейронна мережа системи безпеки АТЗ поступається нейронній мережі людини і не може гнучко реагувати на раптові зміни дорожньої обстановки. Водій АТЗ виступає в ролі керуючої частини, яка виконує в умовах безперервних перешкод функції прийому і переробки інформації, формує керуючий сигнал і за допомогою ефекторів впливає на безпеку АТЗ. У цьому випадку має місце так звана «надійність» водія для безпечного керування АТЗ у транспортному процесі, що потребує подальших роздумів та досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999.— 576 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 166 с.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. — М.: Радио и связь, 1982. — 432 с.
4. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / К.Асаи, Д.Ватада, С.Иваи и др.; под редакцией Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугено. — М.: Мир, 1993. — 368 с.
5. Udgment under Uncertainty: Heuristics and Biases / Daniel Kahneman, et al. — 21st. — Cambridge University Press, 2005. — 555 p.
6. Stone J.V. (2013). Chapter 1 of book «Bayes’ Rule: A Tutorial Introduction», University of Sheffield, England
7. Матеріали сайту «Neural Networks and Deep Learning». – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html>
8. Матеріали сайту «DocPlayer». – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/30547879-Nechetskaya-logika-i-nechetkie-mnozhestva-lekciya-2-3-intellektualnye-sistemy-v-mashinostroenii.html>

REFERENCES

1. Venttsel E.S. (1999). Teoriya veroyatnostey: Ucheb. dlya vuzov. [Probability theory: Studies. for universities]. Vyssh. shk. — Higher. School, 6-e izd. ster., 576 s. [in Russian]
2. Zade L. (1976). Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennyih resheniy.[The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Mir. — World. 166 s. [in Russian].
3. Kofman A. (1982). Vvedenie v teoriyu nechetkih mnozhestv. [Introduction to fuzzy set theory]. Radio i svyaz — Radio and communication, 432 s. [in Russian]
4. K.Asai, D.Vatada, S.Ivai i dr. (1993). Prikladnyie nechetkie sistemyi: Per. s yapon. [Applied fuzzy systems: Translation from Japanese] pod redaktsiey T.Terano, K.Asai, M.Sugeno. Mir. — World. 368 s. [in Russian].
5. Udgment under Uncertainty: Heuristics and Biases / Daniel Kahneman, et al. — 21st. — Cambridge University Press, 2005. — 555 p. [in English].
6. Stone, JV (2013). Chapter 1 of book «Bayes’ Rule: A Tutorial Introduction», University of Sheffield, England [in English].
7. Site “Neural Networks and Deep Learning” (n.d.) *neuralnetworksanddeeplearning.com*. Retrieved from <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html> [in English]
8. Site “DocPlayer” (n.d.) *docplayer.ru*. Retrieved from <http://docplayer.ru/30547879-Nechetskaya-logika-i-nechetkie-mnozhestva-lekciya-2-3-intellektualnye-sistemy-v-mashinostroenii.html>

РЕФЕРАТ

Степанов О.В. Модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки / О.В.Степанов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У статті показана математична модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки.

Об’єкт дослідження – фактор людини в системі безпеки автотранспорту в транспортному процесі.

Мета роботи - Розглянути модель безпеки автотранспорту з використанням нечіткої логіки

Метод дослідження - математичний.

Стаття присвячена дослідженню закономірностей впливу фактора людини на безпеку автотранспорту у транспортному процесі. Для одночасного урахування величезного різноманіття інформації, різних обставин і ситуацій, характеристик керуючих впливів водія, зовнішнього

середовища і механізмів АТЗ необхідно створити інтелектуальну систему управління. В основі цієї системи лежить нечітка логіка, подібна процесам мислення людини – нейронна мережа. У свою чергу, нейронна мережа дозволяє водієві враховувати безліч факторів для безпечного керування АТЗ без помилок тому, що нейронна мережа видає рекомендації з мінімальною помилкою.

При роботі водія з нейронною мережею бажано її створити і навчити таким чином, щоб помилка параметра на її виході була мінімальна. Автор приходить до висновку, що вирішуючи проблеми безпеки АТЗ нейронна мережа системи з використанням нечіткої логіки дозволяє підлаштовуватися під манеру керування водія АТЗ, при цьому, замість двійкових кодів застосовує схожі людські поняття. Але, незважаючи на це, не можна повністю виключити фактор людини при управлінні АТЗ у транспортному процесі тому, що машинна нейронна мережа системи безпеки АТЗ поступається нейронній мережі людини і не може гнучко реагувати на раптові зміни дорожньої обстановки. Водій АТЗ виступає в ролі керуючої частини, яка виконує в умовах безперервних перешкод функції прийому і переробки інформації, формує керуючий сигнал і за допомогою ефекторів впливає на безпеку АТЗ. У цьому випадку має місце так звана «надійність» водія для безпечного керування АТЗ у транспортному процесі, що потребує подальших роздумів та досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕЙРОННА МЕРЕЖА, АВТОТРАНСПОРТ, НЕЧІТКА ЛОГІКА, МОДЕЛЬ, БЕЗПЕКА, ВОДІЙ.

ABSTRACT

Stepanov A.V. The security vehicles model using fuzzy logic. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article is devoted to the study of the laws of the human factor influence on the safety of vehicles in the transport process. To simultaneously take into account the huge variety of information, different circumstances and situations, the characteristics of the control actions of the driver, the environment and the mechanisms of vehicle, it is necessary to create an intelligent control system. At the heart of this system is fuzzy logic, similar to the processes of human thinking – neural network. In turn, the neural network allows the driver to take into account many factors for safe management of vehicle without errors so that the neural network gives recommendations with a minimum error.

When the driver is working with a neural network, it is desirable to create and train it in such a way that the error of the parameter at its output is minimal. The author comes to the conclusion that solving the security problems of vehicle neural network system using fuzzy logic allows you to adapt to the manner of management of the vehicle driver, at the same time, instead of binary code uses similar human concepts. But, despite this, it is impossible to completely exclude the human factor in the management of the vehicle in the transport process because the machine neural network of the PBX security system is inferior to the human neural network and can not respond flexibly to sudden changes in the road situation. The vehicle driver acts as a control part that performs the functions of receiving and processing information in conditions of continuous interference, forms a control signal and affects the safety of the vehicle with the help of effectors. In this case, there is a so-called "reliability" of the driver for the safe management of the PBX in the transport process, which requires further thought and research.

РЕФЕРАТ

Степанов А.В. Стендовые исследования систем активной безопасности автотранспорта / А.В.Степанов // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье показана математическая модель безопасности автотранспорта с использованием нечеткой логики.

Объект исследования – фактор человека в системе безопасности автотранспорта в транспортном процессе.

Цель работы – Рассмотреть модель безопасности автотранспорта с использованием нечеткой логики

Метод исследования - математический.

Статья посвящена исследованию закономерностей влияния фактора человека на безопасность автотранспорта в транспортном процессе. Для одновременного учета огромного многообразия информации, различных обстоятельств и ситуаций, характеристик управляющих воздействий водителя, внешней среды и механизмов АТС необходимо создать интеллектуальную систему управления. В основе этой системы лежит нечеткая логика, подобная процессам мышления человека – нейронная сеть. В свою очередь, нейронная сеть позволяет водителю учитывать множество факторов для безопасного управления АТС без ошибок так, что нейронная сеть выдает рекомендации с минимальной ошибкой.

При работе водителя с нейронной сетью желательно ее создать и обучить таким образом, чтобы ошибка параметра на его выходе была минимальная. Автор приходит к выводу, что решая проблемы безопасности АТС нейронная сеть системы с использованием нечеткой логики позволяет подстраиваться под манеру управления водителя АТС, при этом, вместо двоичных кодов применяет схожие человеческие понятия. Но, несмотря на это, нельзя полностью исключить фактор человека при управлении АТС в транспортном процессе потому, что машинная нейронная сеть системы безопасности АТС уступает нейронной сети человека и не может гибко реагировать на внезапные изменения дорожной обстановки. Водитель АТС выступает в роли управляющей части, которая выполняет в условиях непрерывных помех функции приема и переработки информации, формирует управляющий сигнал и с помощью эффекторов влияет на безопасность АТС. В этом случае имеет место так называемая «надежность» водителя для безопасного управления АТС в транспортном процессе, что требует дальнейших размышлений и исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, АВТОТРАНСПОРТ, НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА, МОДЕЛЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ВОДИТЕЛЬ.

АВТОР:

Степанов Олексій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху, e-mail: cc_7@ukr.net, тел. 066-770-30-96, Україна, 61002, м.Харків, вул. Петровського, 25, orcid.org/0000-0003-4954-2532.

AUTHOR:

Stepanov Alexey Viktorovich, PhD, associate professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, assistant professor of organization and safety of traffic, e-mail: cc_7@ukr.net, tel.: +380667703096, Ukraine, 61002, Kharkov, st. Petrovsky, 25, orcid.org/0000-0003-4954-2532.

АВТОР:

Степанов Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, доцент кафедры организации и безопасности дорожного движения, e-mail: cc_7@ukr.net, тел. 066-770-30-96, Украина, 61002, г.Харьков, ул. Петровского, 25, orcid.org/0000-0003-4954-2532.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Полянський О.С., доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харків, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Polanskij A.S., doctor of technical sciences, professor, Kharkiv National Automobile and Highway University, professor of mechanical engineering and repair of machines, Kharkov, Ukraine.

Sakhno V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, head of automobile department, Kyiv, Ukraine.

УДК 629.33:658.6
UDC 629.33:658.6

РАНЖУВАННЯ НОМЕНКЛАТУРИ ПОСЛУГ ДЛЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Тарандушка Л.А., кандидат технічних наук, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна, tarandushkal@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1410-9088

Яновський В.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, yanovskyi_v@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9437-4537

SERVICE'S NOMENCLATURE RANKING FOR AUTOSERVICE ENTERPRISES

Tarandushka L.A. Ph.D. in Engineering, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine, tarandushkal@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1410-9088

Yanovskyi V.V., Ph.D in Technical Science, National Transport University, Kyiv, Ukraine, yanovskyi_v@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9437-4537

РАНЖИРОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ УСЛУГ ДЛЯ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Тарандушка Л.А., кандидат технических наук, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы, Украина, tarandushkal@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1410-9088

Яновский В.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, yanovskyi_v@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9437-4537

Вітчизняний автомобільний сервіс стрімко прогресує, причому у різних секторах своєї діяльності. Особливо помітне зростання сектора, орієнтованого працювати з продукцією зарубіжного виробництва. Усього 10-15 років тому головним завданням нечисленних автосервісів було виконання найпростіших видів робіт з обслуговування імпоротної техніки.

Але постійне зростання автомобільного парку зумовило збільшення виробничих потужностей, тобто привело до збільшення кількості підприємств автосервісу.

Одночасно збільшуються вимоги клієнтів. Тобто клієнти автосервісних підприємств надають перевагу тим учасникам ринку, які пропонують необхідні послуги та забезпечують високу якість їх виконання, відповідно до світових стандартів. Згідно цих критеріїв залежить рівень конкурентоспроможності АСП.

Сфера послуг в Україні завжди відставала за розвитком від темпів збільшення чисельності автопарку. Сьогодні відбувається зміна у співвідношенні темпів розвитку сфери послуг і темпів збільшення чисельності автопарку, про що свідчать масштаби розширення мережі автосервісних підприємств [1]. На думку О. Д. Маркова український автосервіс базується на досягненнях автомобільних продуцентів світових брендів та світового досвіду Aftermarkets, але має своє оригінальне самовираження та відображає особливості розвитку автомобільного ринку України [2]:

1) автосервіс функціонує в умовах ринку, що розвивається (це означає, що продаж автомобілів сприяє передусім приросту автомобільного парку, тоді як автосервіс з об'єктивних причин відстає від потреб автопарку);

2) основою розвитку автосервісу є історична ментальність дефіцитної економіки, яка обмежує можливості впровадження сучасного сервісу;

3) автосервіс України працює в умовах неефективного державного управління, що не сприяє цивілізованому розвитку.

Враховуючи зазначені особливості, питання розвитку системи українського автосервісу, а також обґрунтування методів управління його організації в умовах посилення конкуренції набувають виняткової актуальності.

В автосервісі до основних послуг відносяться обслуговування та ремонт автомобілів чи будь – які інші товари та послуги, що є продукцією автосервісу. Запорукою економічної ефективності АСП є виконання цінних послуг для клієнта. Цінність послуг може зростати за рахунок форм організації та взаємодії авторизованого та незалежного автосервісу. Незалежний автосервіс може виконувати регламентні технічні обслуговування та гарантійний ремонт поряд з авторизованими дилерами. Це забезпечує зручність для клієнтів та підвищує цінність послуг для клієнтів [3]. Питання про послуги автосервісних підприємств має широке обґрунтування в офіційних державних документах та

регламентах [4], [5], [6], та в науковій літературі [7], [8]. Що ж стосується важливості послуг та їх проектування, то вони потребують більш широкого висвітлення. Результати досліджень цього питання викладені в статті.

Отже, метою даної роботи є визначення та ранжування цінних (основних) послуг, яких потребує споживач автосервісних підприємств. Даний перелік буде формувати організаційно-технологічну структуру АСП для якісного виконання цих послуг. Знання про рівень важливості послуг, які можуть надаватися формують можливий прибуток підприємств.

Дослідження проводилось на базі автосервісного підприємства «ЧЕРКАСИ-АВТО», яке являється підрозділом корпорації «УКРАВТО».

Для успішного проведення ранжування послуг на автосервісних підприємствах для початку необхідно визначити номенклатуру можливих послуг, за якими здійснити аналіз і оцінку. При формуванні номенклатури послуг АСП найбільш відповідним інструментом є експертний метод [9].

Для проведення експертного опитування було вибрано двадцять чоловік з числа працівників підприємства «ЧЕРКАСИ-АВТО». Опитування ділилося на два основні етапи:

- 1) виявлення номенклатури можливих послуг АСП;
- 2) оцінювання ступеня значущості кожної послуги.

Для виявлення номенклатури послуг було застосовано метод мозкового штурму, який також здійснювався в два етапи:

- 1) генерування ідей;
- 2) аналіз висунутих ідей.

Для спрощення генерування ідей результати представлені у вигляді діаграми рис 1.

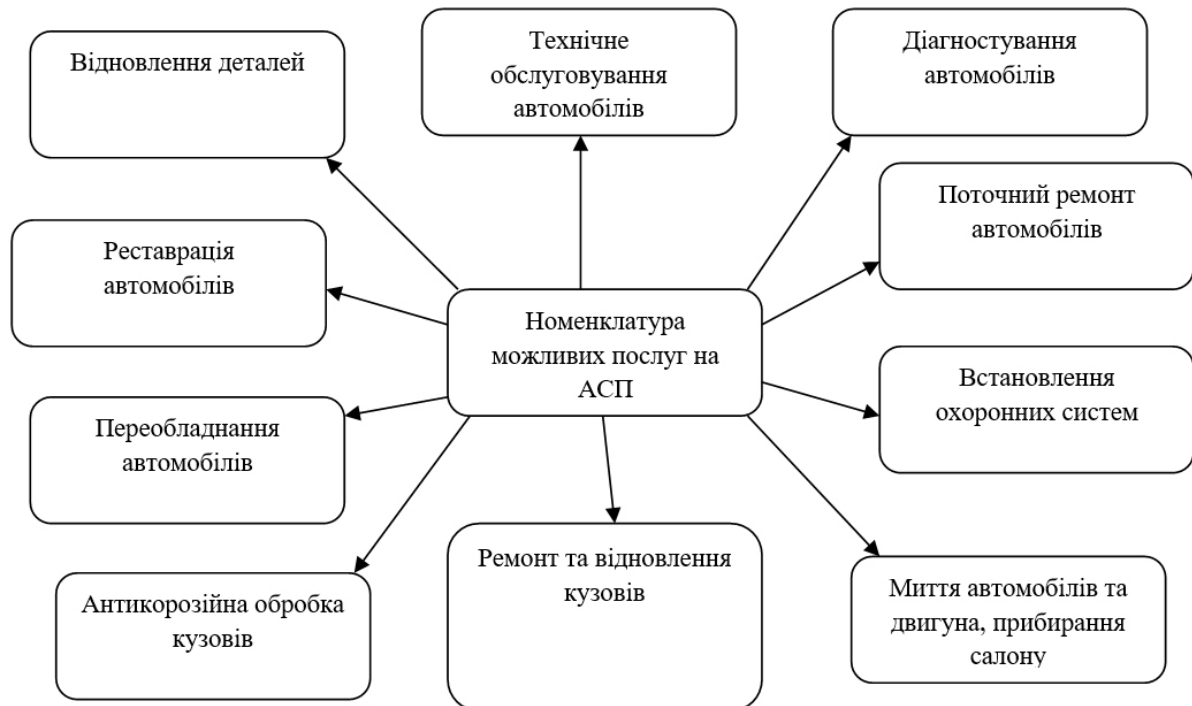


Рисунок 1 – Результати генерування ідей у вигляді діаграми
Figure 1 – Results of the ideas generation in the form of a diagram

В ході аналізу отриманих результатів на другому етапі мозкового штурму була остаточно сформульована номенклатура можливих послуг автосервісних підприємств:

1. Технічне обслуговування автомобілів.
2. Діагностування автомобілів.
3. Поточний ремонт автомобілів.
4. Встановлення охоронних систем.
5. Миття автомобілів та двигуна, прибирання салону.
6. Ремонт та відновлення кузовів.
7. Переобладнання автомобілів.

На другому етапі експертного опиту була проведена оцінка значущості кожної можливої послуги. Для цього був застосований експертний метод безпосереднього оцінювання із

застосуванням 7-бальної шкали. Найбільша кількість балів присвоюється послугі, яка виконується найчастіше. Розрахунок значущості здійснювався по формулі:

$$\bar{B}_i = \frac{\sum_{j=1}^k A_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k A_{ij}} \quad (1)$$

де $\bar{B}_i$ – значущість i -ї послуги ($i = 1, 2, \dots, n$), розрахована на підставі оцінок експертів ($j = 1, 2, \dots, k$);
 A_{ij} – оцінка (у балах), дана i -й послугі j -им експертом.
 Результати приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Оцінка рівня значущості послуг
 Table 1 – Estimation of the significance of services

Порядковий номер експерта	Можлива послуга						
	Технічне обслуговування автомобілів	Діагностування автомобілів	Поточний ремонт автомобілів	Встановлення охоронних систем	Миття автомобілів та двигуна, прибирання салону	Ремонт та відновлення кузовів	Переобладнання автомобілів
1	5	6	7	1	3	2	4
2	7	5	6	4	3	2	1
3	6	7	5	1	4	2	3
4	7	4	6	2	5	1	3
5	7	5	6	1	3	2	4
6	5	6	7	3	4	1	2
7	6	4	3	1	7	2	5
8	7	4	6	1	5	2	3
9	4	3	7	1	5	2	6
10	7	5	6	2	1	3	4
11	6	7	5	2	1	3	4
12	5	4	7	2	3	1	6
13	7	5	6	2	1	3	4
14	4	6	2	1	5	3	7
15	5	7	6	2	1	3	4
16	7	6	5	2	1	3	4
17	6	4	5	1	7	2	3
18	5	3	7	1	2	4	6
19	6	4	7	1	2	3	5
20	5	6	7	2	1	3	4
Сума	117	101	116	33	64	47	82
Рівень значущості $\bar{B}_i$	0,209	0,180	0,207	0,059	0,114	0,084	0,146

Оцінка рівня значущості послуг у вигляді діаграми приведена на рис. 2.

Для оцінки міри узгодженості думок експертів був розрахований коефіцієнт конкордації W :

$$W = \frac{12C}{K^2(H^3 - H)} \quad (2)$$

де K – кількість експертів;

H – сума рангів (кількість показників);

C – сума квадратів відхилень сум рангів по кожному об’єкту від середньої суми рангів по всіх об’єктах і експертах:

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^k A_{ij} - \bar{H} \right)^2 \quad (3)$$

де $\bar{H}$ – середня сума рангів:

$$\bar{H} = (117+101+116+33+64+47+82) / 7 = 80$$

$$\bar{H} = (37+68+68+38+117+110+125) / 7 = 80,4286$$

$$W = \frac{12 \cdot 6664}{20^2 (7^3 - 7)} = 0,6$$

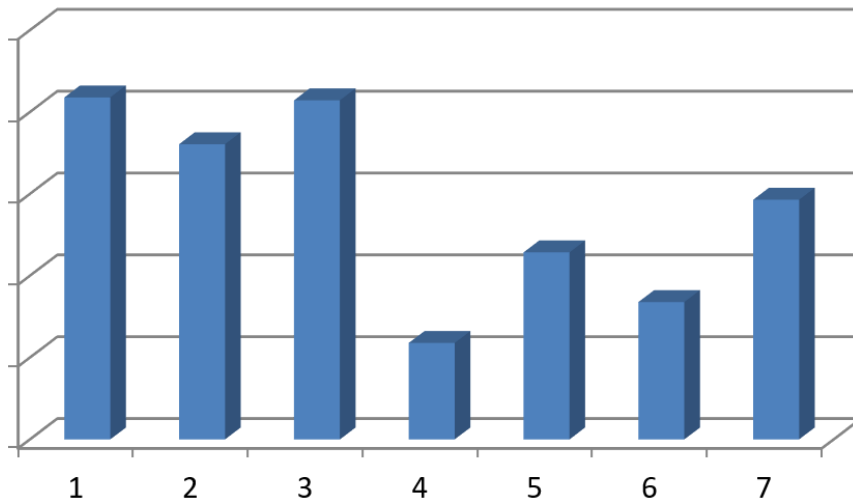


Рисунок 2 – Результат ранжування можливих послуг АСП:

1- Технічне обслуговування автомобілів; 2- Діагностування автомобілів; 3- Поточний ремонт автомобілів; 4 - Встановлення охоронних систем; 5- Миття автомобілів та двигуна, прибирання салону; 6 - Ремонт та відновлення кузовів; 7 - Переобладнання автомобілів.

Figure 2 – The result of possible services ranking at ASI:

1- Technical maintenance of vehicles; 2- Diagnosis of cars; 3- Current repair of cars; 4 - Installation of security systems; 5- Washing of cars and engine, salon cleaning; 6 - Repair and restoration of bodies; 7 - Re-equipment of cars.

Таблиця 2 – Необхідні розрахунки для оцінки міри узгодженості думок експертів

Table 1 – Necessary calculations to assess the degree of consistency of expert opinions

Можлива послуга	Сума рангів	Відхилення від середньої суми	Квадрат відхилення
Технічне обслуговування автомобілів	117	37	1369
Діагностування автомобілів	101	21	441
Поточний ремонт автомобілів.	116	36	1296
Встановлення охоронних систем	33	-47	2209
Миття автомобілів та двигуна, прибирання салону	64	-16	256
Ремонт та відновлення кузовів	47	-33	1089
Переобладнання автомобілів	82	2	4
Всього			6664

Коефіцієнт W змінюється в діапазоні від 0 до 1. Його рівність одиниці означає, що всі експерти присвоїли об’єктам однакові ранги. Чим ближче значення коефіцієнта до нуля, тим менш

узгодженими є оцінки експертів. Зазвичай вважається, що допустимий рівень узгодженості досягається при $W > 0,5$.

В проведеному дослідженні на автосервісному підприємстві «ЧЕРКАСИ-АВТО» було визначено за допомогою експертного методу номенклатуру послуг, яких найбільш часто потребує споживач на АСП: технічне обслуговування автомобілів; діагностування автомобілів; поточний ремонт автомобілів; встановлення охоронних систем; миття автомобілів та двигуна, прибирання салону; ремонт та відновлення кузовів; переобладнання автомобілів. Потім було виконано ранжування можливих послуг та визначено ступінь привабливості кожної послуги для забезпечення конкурентоспроможності підприємства.

Для оцінки міри узгодженості думок експертів було розраховано коефіцієнт конкордації, який сягнув 0.6, що підтверджує правильність визначення важливості послуг.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мастепан М. А. Аналіз залежності рівня попиту послуг автосервісу від платоспроможності споживачів [Текст] /М. А. Мастепан, Д. М. Мінаков, Т. В. Волобуєва, О. С. Каверін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012 – № 3/2(57). – С. 2-27.
2. Марков О. Д. Незалежний автосервіс: аналіз стану та перспективи розвитку [Текст] / О. Д. Марков, М. М. Дронь // Вісник ЖДТУ. – 2012 – № 3(62). – С. 128–136.
3. Hakssever K, Render B., Rassel Management and organization in the services sector. 2nd ed. / Trans. From English. Underredaction of V.V. Kulibanova. - St. Petersburg.: Peter, 2002 – 752 P. (Rus).
4. Правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту дорожніх транспортних засобів. Науково – практичний коментар [Текст] / Редзюк А.М., Бутрименко В.В., Мержієвський В.В., та ін.– Київ: 2004 – 400с.
5. Технічний регламент з обслуговування та ремонту колісних транспортних засобів [Текст]: Кабінет міністрів України. Постанова від 3 липня 2013 р № 643, Київ.
6. Закон України «Про дорожній рух»: Розділ V. Транспортні засоби від 10 листопада 1994 року N 234/94-ВР, зі змінами та доповненнями.
7. Порядок гарантійного ремонту (обслуговування) або гарантійної заміни дорожніх транспортних засобів [Текст]: Наказ Міністерства промислової політики №721 від 29.12.2004 Волгин В.В. Автобізнес, 2003, Том 2: . – 930с.
8. ISO 9000:2000, IDT – Системи управління якістю основні положення та словник [Текст];
9. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации [Текст] / А.С. Рыков – М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. – 608 с.

REFERENCES

1. Mastepan M. A. (2012) Analiz zalezhnosti rivnia popytu posluh avtoservisu vid platospromozhnosti spozhyvachiv [Analysis of the demand car service dependence at services on consumers' solvency]. Vostochno- Evropeyskyi zhurnal peredovikh tekhnolohyi, 3/2(57), 2–27, [in Ukrainian].
2. Markov O. D.(2012) Nezalezhnyi avtoservis: analiz stanu ta perspektyvy rozvytku [Independent car service: analysis of the status and prospects of development]. Visnyk ZhDTU, № 3(62), 128–136, [in Ukrainian].
3. 3 Hakssever K, Render B., Rassel Management and organization in the services sector. 2nd ed. / Trans. From English. Underredaction of V.V. Kulibanova. - St. Petersburg.: Peter, 2002 – 752 P. (Rus).
4. Redziuk A.M., Butrymenko V.V., Merzhiievskiy V.V. (2004) Pravyla nadannia posluh z tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu dorozhnikh transportnykh zasobiv. Naukovo – praktychnyi komentar [Rules for providing maintenance and repair of vehicles. Scientific and practical commentary], Kyiv, 400, [in Ukrainian].
5. Kabinet ministriv Ukrainy. (2013) Tekhnichniy rehlament z obsluhovuvannia ta remontu kolisnykh transportnykh zasobiv [Technical regulations for maintenance and repair of vehicles], Kyiv, 643, [in Ukrainian].
6. Zakon Ukrainy (1994) «Pro dorozhnii rukh»: Rozdil V. Transportni zasoby ["About Road Traffic": Section V. Vehicles], 234/94-VR, zi zminamy ta dopovnenniamy, [in Ukrainian].

7. Volhyn V.V. (2004) Poriadok harantiinoho remontu (obsluhovuvannia) abo harantiinoi zaminy dorozhnikh transportnykh zasobiv [Procedure of warranty repair (maintenance) or warranty replacement of vehicles], Nakaz Ministerstva promyslovoi polityky, 721, 930, [in Ukrainian].
8. ISO 9000:2000, IDT - Systemy upravlinnia yakistiu osnovni polozhennia ta slovnyk [Quality Management Systems Key Terms and Dictionary], [in Britain].
9. Rikov A.S. (2009) Systemniy analiz: modeli y metodi pryniatya reshenyi y poyskovoi optymyzatsyy [System Analysis: Models and Methods of Decision-Making and Search Engine Optimization]. Yzdatelskyi Dom MYSyS, 608 [in Russia].

РЕФЕРАТ

Тарандушка Л.А. Ранжування номенклатури послуг для автосервісних підприємств / Л.А. Тарандушка, В.В. Яновський // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУУ, 2018. – Вип. 3 (42).

Вітчизняний автомобільний сервіс стрімко прогресує, причому у різних секторах своєї діяльності. Особливо помітне зростання сектора, орієнтованого працювати з продукцією зарубіжного виробництва. Усього 10-15 років тому головним завданням нечисленних автосервісів було виконання найпростіших видів робіт з обслуговування імпортої техніки.

Але постійне зростання автомобільного парку зумовило збільшення виробничих потужностей, тобто привело до збільшення кількості підприємств автосервісу.

Одночасно збільшуються вимоги клієнтів. Тобто клієнти автосервісних підприємств надають перевагу тим учасникам ринку, які пропонують необхідні послуги та забезпечують високу якість їх виконання, відповідно до світових стандартів. Згідно цих критеріїв залежить рівень конкурентоспроможності автосервісного підприємства.

В даній статті проведено аналіз розвитку автосервісних підприємств в Україні та визначено, що для успішного функціонування на ринку автосервісного підприємства необхідно визначити основні послуги, які потребує споживач. При формуванні номенклатури послуг автосервісного підприємства найбільш відповідним інструментом є експертний метод.

Для проведення експертного опитування було вибрано двадцять чоловік з числа працівників автотранспортних підприємств. Опитування ділилося на два основні етапи:

- 1) виявлення номенклатури можливих послуг автосервісного підприємства;
- 2) оцінювання ступеня значущості кожної послуги.

Для виявлення номенклатури послуг було застосовано метод мозкового штурму, який також здійснювався в два етапи:

- 1) генерування ідей;
- 2) аналіз висунутих ідей.

Визначений перелік послуг буде формувати організаційно-технологічну структуру проектуемого автосервісного підприємства. В результаті ранжування було визначено ступінь привабливості кожної послуги для забезпечення конкурентоспроможності автосервісного підприємства за убуванням: технічне обслуговування автомобілів; поточний ремонт автомобілів; діагностування автомобілів; переобладнання автомобілів, миття автомобілів та двигуна, прибирання салону; ремонт та відновлення кузовів; встановлення охоронних систем. Визначено ступінь привабливості кожної послуги для забезпечення конкурентоспроможності підприємства.

Для оцінки міри узгодженості думок експертів було розраховано коефіцієнт конкордації, якій сягнув 0,6, що підтверджує правильність визначення важливості послуг.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОСЕРВІСНІ ПІДПРИЄМСТВА, НОМЕНКЛАТУРА ПОСЛУГ, РАНЖУВАННЯ ПОСЛУГ.

ABSTRACT

Tarandushka L.A., Yanovskyi V.V. Service's nomenclature renking for autoservice enterprises. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

Domestic automobile service is rapidly progressing, in various sectors of its activities. Particularly noticeable growth of the sector, oriented to work with products of foreign production. Only 10-15 years ago, the main task of a few autoservice companies was the implementation of the simplest types of work on the

servicing of imported cars.

But the constant growth of the car park led to an increase in production capacity, which led to an increase in the number of car service enterprises.

At the same time, customer requirements are increasing. So, the customers of car service enterprises prefer those market participants who offer the necessary services and ensure the high quality of their performance in accordance with world standards. From these criteria depends on the competitiveness of the service enterprise.

In this article, an analysis of autoservice enterprises development in Ukraine is conducted and it is determined that for successful operation in the market of autoservice enterprises must be determine the basic services that the consumer needs. When forming a range of services at autoservice enterprise, the most appropriate tool is an expert method.

For conducting an expert survey, twenty people were selected from among the workers of motor transport enterprises. The survey was divided into two main stages:

- 1) identification of possible services range at autoservice enterprise;
- 2) assessment of each service significance.

To identify the range of services, the method of brainstorming was used, which was also carried out in two stages:

- 1) the generation of ideas;
- 2) analysis of the generated ideas.

The specified list of services will form the organizational and technological structure of the project-driven service enterprise. As a result of the ranking, the degree of attractiveness of each service was determined in order to ensure the competitiveness of the service enterprise. The ranked services by decreasing: technical maintenance of vehicles; current repair of cars; diagnostics of cars; rearrangement of cars, washing of cars and engine, salon cleaning; repair and restoration of bodies; installation of security systems;. Also, the degree of attractiveness each service is defined to ensure the competitiveness of the enterprise.

To estimate the degree of consensus expert opinions, the coefficient of concordance, which reached 0,6, was calculated, it confirms the correctness of determining the services importance.

KEY WORDS: AUTOSERVICE ENTERPRISES, SERVICES NOMENCLATURE, SERVICES RANKING.

РЕФЕРАТ

Тарандушка Л.А. Нанжирование номенклатуры услуг для автосервисных предприятий / Л.А. Тарандушка, В.В. Яновский // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

Отечественный автомобильный сервис стремительно прогрессирует, причем в различных секторах своей деятельности. Особенно заметный рост сектора, ориентированного работать с продукцией зарубежного производства. Всего 10-15 лет назад главной задачей немногочисленных автосервисов было выполнение простейших видов работ по обслуживанию импортной техники.

Но постоянный рост автомобильного парка обусловило увеличение производственных мощностей, то есть привело к увеличению количество предприятий автосервиса.

Одновременно увеличиваются требования клиентов. То есть клиенты автосервисных предприятий предпочитают тех участников рынка, которые предлагают необходимые услуги и обеспечивают высокое качество их выполнения, в соответствии с мировыми стандартами. Согласно этим критериям зависит уровень конкурентоспособности автосервисного предприятия.

В данной статье проведен анализ развития автосервисных предприятий в Украине и определено, что для успешного функционирования на рынке автосервисного предприятия необходимо определить основные услуги, которые требует потребитель. При формировании номенклатуры услуг автосервисного предприятия наиболее подходящим инструментом является экспертный метод.

Для проведения экспертного опроса было выбрано двадцать человек из числа работников автотранспортных предприятий. Опросы делилось на два основных этапа:

- 1) выявление номенклатуры возможных услуг автосервисного предприятия;
- 2) оценки степени значимости каждой услуги.

Для выявления номенклатуры услуг был применен метод мозгового штурма, который также осуществлялся в два этапа:

- 1) генерирование идей;
- 2) анализ выдвинутых идей.

Определенный перечень услуг будет формировать организационно-технологическую структуру проектируемого автосервисного предприятия. В результате ранжирования были определены степень привлекательности каждой услуги для обеспечения конкурентоспособности автосервисного предприятия по убыванию: техническое обслуживание автомобилей; текущий ремонт автомобилей; диагностирования автомобилей; переоборудование автомобилей, мойка автомобилей и двигателя, уборка салона; ремонт и восстановление кузовов; установка охранных систем. Определена степень привлекательности каждой услуги для обеспечения конкурентоспособности предприятия.

Для оценки степени согласованности мнений экспертов было рассчитано коэффициент конкордации, которой составил 0,6, что подтверждает правильность определения важности услуг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОСЕРВИСНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, НОМЕНКЛАТУРА УСЛУГ, РАНЖИРОВАНИЕ УСЛУГ.

АВТОР:

Тарандушка Людмила Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, e-mail: tarandushkal@ukr.net, тел. +380664286503, Україна, 18006, м. Черкаси, бул. Шевченка 333, к. 206, orcid.org/0000-0002-1410-9088.

Яновський Василь Васильович, Національний транспортний університет, доцент кафедри автомобілів, e-mail: yanovskyi_v@ukr.net, тел. +380972824112, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, orcid.org/0000-0001-9437-4537

AUTHOR:

Tarandushka Lyudmila A., Ph.D., associate professor Cherkasy State Technological University, associate professor department of vehicles and technologies for their exploitation, e-mail: tarandushkal@ukr.net, tel. +380664286503, Ukraine, 18006, Cherkasy, br Shevchenko, 333, of. 206, orcid.org/0000-0002-1410-9088.

Yanovskyi Vasyl V., Ph.D, National Transport University, associated professor of the automobile department, e-mail: yanovskyi_v@ukr.net, tel. +380972824112, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str. 1, orcid.org/0000-0001-9437-4537.

АВТОР:

Тарандушка Людмила Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, Черкасский государственный технологический университет, доцент кафедры автомобилей и технологий их эксплуатации, e-mail: tarandushkal@ukr.net, тел. +380664286503, Украина, 18006, м. Черкасы, бул. Шевченка 333, к.206, orcid.org/0000-0002-1410-9088.

Яновский Василь Васильович, Национальный транспортный университет, доцент кафедры автомобилей, e-mail: yanovskyi_v@ukr.net, тел. +38 0972824112, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленко 1, orcid.org/0000-0001-9437-4537.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Прокопенко Т.О., доктор технічних наук, доцент, Черкаський державний технологічний університет, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування, Черкаси, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWER:

Prokopenko T.O., Engineering (Dr.), Cherkasy State Technological University, Head of Information Technology Design Department, Cherkasy, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, professor of the ecology and life safety department, Kyiv, Ukraine.

УДК 331.452:624.195
UDK 331.452:624.195

BEZPIECZEŃSTWO W TUNELACH KOMUNIKACYJNYCH

WEPRZĘDZ Patryk, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, 142323@stud.prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-0908-5034

SAFETY IN COMMUNICATION TUNNELS

WEPRZĘDZ Patryk, Rzeszów University of Technology, Rzeszów, Poland, 142323@stud.prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-0908-5034

БЕЗПЕКА В КОМУНІКАЦІЙНИХ ТУНЕЛЯХ

ВЕПШЕНДЗ Патрик, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, 142323@stud.prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0002-0908-5034

WSTĘP

W dzisiejszych czasach bardzo dużo uwagi poświęca się bezpieczeństwu w tunelach komunikacyjnych, aby zminimalizować ryzyko zaistnienia katastrofy lub awarii. Potwierdzeniem tego są liczne międzynarodowe konferencje i seminaria, powoływanie komisji i zespołów interdyscyplinarnych, a także częste zmiany przepisów związanych z bezpieczeństwem w wielu krajach europejskich. Skutki katastrof w tunelach zazwyczaj są tragiczne, pomimo że zachodzą bardzo rzadko. Najgłośniejsze katastrofy jakie miały miejsce w ostatnich latach wydarzyły się w tunelu Mont Blanc łączący Aosta we Włoszech z Chamonix we Francji oraz w tunelu Tauern w Austrii [2].

W związku z zaistniałymi katastrofami podjęto intensywne działania w celu polepszenia bezpieczeństwa tuneli drogowych. Działania podjęli przede wszystkim drogowcy, a także przywódcy polityczni, czy też rządy krajów, które mają rozwiniętą komunikację podziemną (np. Szwecja, Włochy, Austria). Z początku podjęto działania, mające związek z bezpieczeństwem jedynie w tunelach drogowych, jednak zauważono, że należy zwiększyć bezpieczeństwo także w tunelach kolejowych (m.in. tunele metra). Tunele komunikacyjne mają różną specyfikację, chociażby w klasycznym tunelu kolejowym nie występują przystanki i stacje, czego nie można powiedzieć o tunelach metra. Pomimo tej różnicy tunele posiadają wspólne zagadnienia takie jak: odwodnienie, drogi ewakuacyjne, zabezpieczenia przeciwdymne i przeciwpożarowe, a także rozwiązania konstrukcyjne [3].

BEZPIECZEŃSTWO W TUNELACH

Bezpieczeństwo w tunelach jest zagadnieniem polegającym na zminimalizowaniu, a nawet przeciwdziałaniu występowaniu zagrożeń, które mogą wpłynąć na bezpieczeństwo ludzi, środowiska oraz samego systemu bezpieczeństwa tuneli. Priorytetowym zadaniem jest zapewnienie ochrony ludzi i obejmuje ono bezpieczeństwo postoju, przewozów, ewakuacji i działań [2, 3].

Systemy niezbędne do zarządzania bezpieczeństwem [2]:

- system telefonii awaryjnej,
- system instalacji nagłośniającej,
- system nadzoru video,
- system instalacji pożarowej,
- system kontroli gazów toksycznych i dymu,
- system oświetlenia awaryjnego.

Umiejscowienie punktów zarządzania musi być ustalone z odpowiednimi jednostkami, np. instalacja pożarowa ze strażą pożarną, a oświetlenie z układem energetycznym [3].

Ważnymi elementami zagadnienia bezpieczeństwa w tunelach jest diagnostyka i konserwacja. Mają one za zadanie utrzymać odpowiedni stan techniczny wszystkich instalacji i urządzeń w tunelach, elementów wyposażenia (np. torów, nawierzchni, torowiska) i konstrukcji tunelu [1, 2].

BEZPIECZEŃSTWO POSTOJU

W przypadku awaryjnego zatrzymania pociągu lub metra pomiędzy przystankami lub stacjami, ważne są warunki stworzone dla pasażerów i systemu kolejowego. W tunelu powinny znajdować się chodniki awaryjne, pozwalające dotrzeć do najbliższego przystanku lub stacji. Takie chodniki na co dzień służą do

utrzymania toru i podtorza, a także wykorzystywane są przez ekipy konserwatorów. Ważnym elementem jest także oświetlenie oraz urządzenia akustyczne, które informują przynajmniej o kierunku ewakuacji, a także punkty monitorowania, pozwalające śledzić przebieg wykonywania zadań związanych z awarią. Nie powinno zabraknąć również tablic informacyjnych oraz punktów monitorowania stref zagrożenia [2].

Do bezpieczeństwa postoju należy także odseparowanie pasażerów od ognia, toksycznych oparów i spalin. Kolejnym elementem bezpieczeństwa postoju są bariery zabezpieczające przed wejściem lub wypadnięciem na tor na stacjach metra. Bariery te otwierają się dopiero po wjeździe na tor i zatrzymaniu pociągu (rysunek 1). Następnym przykładem elementów wchodzących w bezpieczeństwo postoju są windy, schody ruchome i nieruchome, a także pochylenia dla niepełnosprawnych na stacjach [2, 3].



Rysunek 1 – Bariery zabezpieczające przed wejściem lub wypadnięciem na tor na stacjach metra [8]

Figure 1 – Safety barriers before entering or falling onto the track subway stations [8]

Warunki systemów zarządzania eksploatacją taboru (kolejowego, metra) oraz linii kolejowej i metra wpływają na bezpieczeństwo przewozu. Systemy takie kierowane są przez odpowiednio wykwalifikowany i przeszkolony personel na posterunkach eksploatacyjnych i stanowisku centralnym. System kontroli ruchu umożliwia komunikację pomiędzy stanowiskiem centralnym i peryferyjnym, a personel obsługujący może korzystać z zautomatyzowanego systemu zarządzania. Jednym z przykładów jest system VAL, który funkcjonuje w metrze w Lille. Wszystkie zadania przewozowe kontrolowane są przez centrum nawigacji i dyspozycji, a sam system nie posiada kas biletowych, punktów informacyjnych, a nawet maszynisty [1, 2, 3].

BEZPIECZEŃSTWO EWAKUACJI

Pasażerowie po opuszczeniu pociągu lub pojazdu muszą mieć zapewnione odpowiednie warunki do ewakuacji. Do elementów systemu bezpieczeństwa ewakuacji należą [2, 3]:

- punkty pierwszej pomocy,
- dobrze oznaczone drogi ewakuacyjne, które jednoznacznie wskazują wyjście,
- urządzenia łączności, które umożliwiają kontakt pasażerów ze światem zewnętrznym.

BEZPIECZEŃSTWO DZIAŁAŃ

Zorganizowanie centralnego ośrodka zarządzania bezpieczeństwem jest niezbędnym elementem do zapewnienia bezpieczeństwa działań. Taki ośrodek musi być w ciągłym kontakcie z innymi ośrodkami zarządzania tunelem, w celu bieżącej aktualizacji danych oraz szybkiego podjęcia działań w razie awarii oraz sytuacji zagrożenia. Stanowiska zarządzania muszą mieć zdalny dostęp do urządzeń w tunelu, w celu zapewnienia bezpieczeństwa przejazdu i postoju podróżnych, a także przeprowadzenia wszelkich działań w tunelu i poza nim [2].

ELEMENTY WYPOSAŻENIA

Elementy wyposażenia tuneli związane są z bezpieczeństwem i komfortem użytkowników. Podstawowymi elementami wyposażenia tuneli są [3,6]:

- odwodnienie,
- wentylacja,
- nawierzchnia,

- izolacja,
- oświetlenie,
- urządzenia przeciwdymne i przeciwpożarowe,
- urządzenia niezbędne do sterowania ruchem,
- schody ruchome i stałe (tunele metra),
- windy i pochylnie (tunele metra).

Bezpieczne użytkowanie tuneli związane jest z nawierzchnią. Nawierzchnia drogowa ulega ścieraniu, deformacji, a także pękaniu, natomiast nawierzchnia kolejowa (także nawierzchnia metra) dotyczy zużycia kół taboru, szyn, deformacji podtorza i toru. Aby zapewnić bezpieczeństwo, należy przeprowadzać okresowe pomiary i przeglądy kontrolne oraz naprawy odcinków, które nie spełniają wymogów zawartych w odpowiednich przepisach [2, 3, 6].

ODWODNIENIE

System odwodnienia powierzchniowego ma za zadanie całkowicie przejąć wodę pochodzącą z opadów i możliwie najszybciej ją odprowadzić z przylegającego do tunelu terenu. Ważnym elementem jest stworzenie [7]:

- odpowiednich warunków spływu wód (opadowych i roztopowych) w stronę urządzenia odwadniającego,
- systemu odwadniania, który przyjmuje wody opadowe spływające po powierzchni terenu,
- odbiornika wód lub skierowanie ich do istniejących urządzeń odwadniających.

Odprowadzanie małej ilości wody w tunelach, nanoszonej przez użytkowników, a także podczas opadów, nie stanowi jednak problemu, ani zagrożenia bezpieczeństwa dla pasażerów i konstrukcji. Większą trudność sprawia odprowadzenie wód gruntowych, które mogą się przedostać do tunelu w trakcie awarii obudowy i uszkodzenia izolacji. W związku z tym zalecane jest stosowanie odwodnienia wgłębnego, czyli zewnętrznego drenażu, który przyjmuje wody gruntowe z otoczenia obudowy (obniżając poziom wód gruntowych głównie w obrębie tunelu), zmniejszając zagrożenie przedostawania się do tunelu jej dużej ilości. W przypadku tuneli głębokich odwodnienie wgłębne przejmuje dopływ wód i wyprowadza je poza tunel (zdejmuje ciśnienie wody na obudowę). Ważnymi elementami wchodzącymi w skład systemu odwodnienia są [2, 3, 4, 7]:

- sączki odwadniające, które tworzą system drenaży poprzecznych,
- drenaż systematyczny, który reguluje oddziaływanie wód gruntowych na konstrukcję i obniża ich poziom w obrębie budowli,
- galerie zbiorczych wód podziemnych, do których podłączone są zbieracze wód otaczających tunel,
- grawitacyjny lub pompowy system wyprowadzający wody na zewnątrz budowli.

Oprócz zewnętrznego drenażu, w środku tunelu musi znajdować się dodatkowy system odwodnienia. Służy on do odprowadzania wody pochodzącej z akcji gaśniczej, na wypadek uszkodzenia systemu przeciwpożarowego i płynów rozlanych po awarii np. cysterny [2, 3].

WENTYLACJA

Niezwykle ważnym elementem bezpieczeństwa w tunelach komunikacyjnych jest wentylacja, ze względu na występowanie dużej ilości gazów, pyłów, spalin i wydzielającego się ciepła. W związku z tym podstawową rolą systemu wentylacyjnego w tunelu jest wymiana powietrza [6]. Drugą ważną funkcją tego systemu jest ograniczenie rozprzestrzeniania ognia, toksycznych gazów i dymu na wypadek pożaru. Oprócz wymienionych zadań, system wentylacji ma umożliwić odpowiednim służbom podjęcie działań ratowniczych [2, 3, 5].

Do elementów systemu wentylacji należą [2, 3]:

- wyposażenie elektryczne i elektroniczne (czujniki monitorujące, bloki sterujące silników, szafy rozdzielcze zasilania),
- elementy konstrukcyjne (kanały wlotowe, przewody tłoczenia powietrza, urządzenia wentylacyjne i przewody),
- wyposażenie mechaniczne (wywietrzniki, uchylne płyty, przepustnice, tłumiki, wentylatory).

Urządzenia wykrywające opary toksyczne, dym i pożar muszą być połączone z mechanizmami sterującymi systemem wentylacji, które automatycznie wykonają program odpowiedni do zaistniałego zdarzenia. Czas reakcji systemu wentylacji na pożar musi być bardzo krótki (około jednej minuty), a cały

system powinien osiągnąć wymaganą wydajność w czasie krótszym niż jedna minuta.

W razie zagrożenia stanowisko centralne sygnalizowane jest o wykryciu dymu. Operator uruchamia wentylatory w odpowiednim trybie, w zależności od stopnia zagrożenia [2, 5].

Wentylatory zasysające dym z przestrzeni komunikacyjnej (tzw. wentylatory odsysające) muszą być bezawaryjne przez 90 minut w temperaturze 400°C. Natomiast wentylatory podłączone do kanału odsysania (tzw. wentylatory zasysające) muszą spełniać swoje zadanie przy temperaturze 250°C utrzymującej się również przez 90 minut [2, 3].

Pierwsze otwory wentylacyjne umieszcza się co najmniej 200 m w pobliżu stacji, z powodu długości strefy skutecznego odsysania (od 200 do 300 m od otworu w obydwie strony), a także małej skuteczności odsysania w pobliżu stacji [3, 5].

Systemy wentylacji w tunelach można podzielić na [2, 3, 6]:

- poprzeczny – np. wentylacja mechaniczna przyspągowa, mechaniczna półpoprzeczna przystopowa, mechaniczna poprzeczna pełna,
- podłużny – np. wentylacja naturalna, naturalna z szybem, mechaniczna, naturalna z wentylatorami, system Saccardo Nozzle,
- mieszany,
- specjalny.

W przypadku systemów poprzecznych mechanicznych w tym samym czasie świeże powietrze dostarczane jest jednym przewodem, a „zużyte” – odciągane innym. Powietrze, zarówno w przekrojach wylotowych, jak i wlotowych płynie w kierunku poprzecznym do osi tunelu, a pomiędzy tymi przekrojami – w kierunku wzdłużnym. System ten stosowany jest głównie w długich tunelach drogowych (do usuwania spalin) [2, 3, 6].

W przypadku podłużnego systemu wentylacji przepływ powietrza wymuszony jest przez wentylatory strumieniowe wzdłuż tunelu. Im dłuższy tunel tym bardziej skoncentrowane są zanieczyszczenia, które wpływają na bezpieczeństwo. Dlatego właśnie w celu obniżenia stężenia zanieczyszczeń stosuje się wentylatory. Opisany system jest mniej skuteczny od systemu poprzecznego w sytuacji zagrożenia [2, 3].

W przypadku systemów półpoprzecznych odpowietrzniki powietrza otwierane są przy pomocy przepustnic, co daje możliwość odciągania dymu z wyznaczonych części tunelu i zapobiega jego rozprzestrzenianiu w tunelu. System może być stosowany w metrach [2, 3, 6].

Wentylacja naturalna stosowana jest tylko w krótkich tunelach i nie ma zastosowania w tunelach metra [2, 3].

Dodatkowo, nowoczesne systemy wentylacyjne, w celu poprawienia bezpieczeństwa, utrzymują bezpieczny poziom koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu, a także oczyszczają powietrze z zanieczyszczeń stałych, które mogą wnikać do układu oddechowego. Do tego służą różne filtry (np. elektrostatyczne – ESP) i instalacje filtrujące [2, 3, 6].

Niezależnie od zastosowanego systemu wentylacji w tunelu, problem mogą stworzyć wszystkie drogi do tunelu – strumienie powietrza napływające każdą z dróg mogą oddziaływać zarówno pozytywnie, jak i negatywnie na przepływ dymu, dlatego projektowanie systemów wentylacji nie jest takie proste i do każdego tunelu należy podejść indywidualnie [5].

SYSTEM OŚWIETLENIA

Oświetlenie w tunelach metra zazwyczaj jest częściowe – oświetlone są przystanki, stacje, a także odcinki bezpośrednio przyległe do nich. Natomiast tunele drogowe powinny być oświetlone na całej długości. Brak oświetlenia pomiędzy stacjami nie oznacza jego całkowitego braku. W takich miejscach oświetlenie potrzebne jest podczas katastrofy, awarii, a także w trakcie przeglądów i konserwacji (np. torów i podtorza) [2,].

Systemy oświetlenia muszą mieć odrębne źródło zasilania, które włącza się automatycznie w razie awarii systemu podstawowego. Głównym zadaniem podsystemu oświetlenia i zasilania awaryjnego jest podtrzymanie pracy urządzeń zasilanych energią elektryczną. Wymagany czas pracy takich systemów wynosi minimum 60 minut. Najbardziej niezawodnym rozwiązaniem jest stosowanie dwóch oddzielnych linii zasilania, podłączonych do osobnych sieci wysokiego napięcia. Zasilanie jest przejmowane przez drugą linię w razie awarii pierwszej [2, 3].

W tunelu wymagane jest wykonanie wszystkich instalacji elektrycznych w taki sposób, aby możliwe było kontynuowanie eksploatacji na wypadek jakiegokolwiek awarii. Instalacja elektryczna prowadzona jest

w specjalnych kanałach w obudowie tunelu [2, 4].

W systemie zasilania tuneli ważna jest także moc agregatów – muszą one zasilić co najmniej [3, 4]:

- oświetlenie awaryjne (na wypadek pożaru) oraz zwykłe oświetlenie awaryjne,
- oświetlenie pomieszczeń eksploatacyjnych,
- oznakowanie dróg ewakuacji,
- urządzenia pomiarowe i sterujące,
- urządzenia sygnalizujące pożar, dym oraz gazy toksyczne,
- urządzenia wykorzystywane do porozumiewania.

ZABEZPIECZENIA PRZECIWPOŻAROWE

Instalacja wodna jest podstawowym zabezpieczeniem przeciwpożarowym w tunelu. Oprócz tego, w obudowie tunelu w specjalnych niszach, muszą znajdować się koce gaśnicze i gaśnice. Tunel musi być podłączony do wodociągu lub zbiorników wodnych. Jednym z rozwiązań jest tzw. instalacja sucha. Jest ona napełniana tylko podczas pożaru i w trakcie przeprowadzania kontroli. Stosując ten typ instalacji można uniknąć awarii instalacji oraz zalania części tunelu [2, 3].

Stanowisko centralne powinno mieć możliwość sterowania i kontroli wodnych instalacji przeciwpożarowych. Operator, po uzyskaniu informacji o pożarze, musi upewnić się, czy napięcie zostało odcięte. Dopiero po tym działaniu otwiera zawór, umożliwiający napełnienie instalacji wodnej. Instalacja musi wypełnić się w czasie nie dłuższym niż 10 minut [3].

Do elementów zabezpieczenia przeciwpożarowego należą także hydranty, które powinny być rozmieszczone w odległości maksymalnie co 250 m. Do każdego hydrantu powinien być dołączony niepalny wąż gaśniczy o długości 100 m. Istnieją także wymagania dotyczące ciśnienia wody przy trzech pracujących hydrantach (przez 30 minut) – minimum 2 bary [2, 5].

PODSUMOWANIE

W dzisiejszych czasach bardzo dużo uwagi poświęca się bezpieczeństwu w tunelach komunikacyjnych, aby zminimalizować ryzyko zaistnienia katastrofy lub awarii. W celu poprawy bezpieczeństwa organizowane są m.in. liczne konferencje i seminaria na skalę międzynarodową. Ponadto następuje ciągle udoskonalanie i regularne kontrole systemów niezbędnych do zarządzania bezpieczeństwem w tunelach. Oprócz takich systemów jak system telefonii awaryjnej, instalacji nagłośniającej, nadzoru video, instalacji pożarowej, kontroli gazów toksycznych i dymu, oświetlenia awaryjnego, bardzo ważne jest również odpowiednie wyposażenie tuneli komunikacyjnych w odwodnienie, wentylację, izolację, urządzenia przeciwpożarowe, urządzenia niezbędne do sterowania ruchem, schody ruchome i stałe, a także windy i pochylnie, które poprawiają nie tylko bezpieczeństwo i komfort pasażerów, ale także trwałość tuneli komunikacyjnych.

REFERENCES

1. Cupiał, A. (2002). Planowanie, projektowanie i realizacja komunikacyjnych budowli podziemnych. *Budowle podziemne w nowoczesnych systemach komunikacji na przykładzie Lille*. Kraków: Katedra Budowy Mostów i Tuneli.
2. Furtak, K. i Kędracki, M. (2005). *Podstawy budowy tuneli*. Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
3. Furtak, K. (2003, 4). Rozwiązania techniczne elementów konstrukcyjnych i wyposażenia tuneli komunikacyjnych w aspekcie wymogów bezpieczeństwa eksploatacji. *Inżynieria Bezwykopowa*, strony 58-66.
4. GDDKiA. (2009). *Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia tuneli samochodowych, przejść podziemnych i przepustów*. Warszawa: Instytut Badawczy Dróg i Mostów.
5. Krajewski, G. i Węgrzyński, W. (2016, 3). Sposób doprowadzenia powietrza kompensacyjnego a wzdłużna wentylacja pożarowa stacji metra. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, strony 231-241.
6. Schmidt, N. (2013, 4). Wybrane aspekty procesu oczyszczania powietrza z zanieczyszczeń i wentylacji w tunelach drogowych. *Logistyka*, strony 484-496.
7. Szruba, M. (2016, 5). Odwodnienie dróg, mostów i tuneli. *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, strony 66-72.
8. <https://www.click.ro/news/lume/uite-cum-au-rezolvat-alte-tari-problema-accidentelor-de-la-metrou>. (2017, 12 13). Pobrano 04 26, 2018

STRESZCZENIE

WEPRZĘDZ Patryk, Bezpieczeństwo w tunelach komunikacyjnych / Patryk WEPRZĘDZ // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

W niniejszej pracy poruszono aspekty bezpieczeństwa w tunelach komunikacyjnych. Rozpatrzono przyczyny podjęcia intensywnych działań polepszających bezpieczeństwo tuneli drogowych. Wymieniono oraz omówiono wybrane zagadnienia związane z zarządzaniem bezpieczeństwem, a także z wyposażeniem tuneli (m.in. system telefonii awaryjnej, system instalacji nagłośniawej, system nadzoru video, system instalacji pożarowej, system kontroli gazów toksycznych i dymu, system oświetlenia awaryjnego). Omówiono sposoby zapewnienia ochrony ludzi w zakresie bezpieczeństwa postoju, przewozów, ewakuacji i działań. Do bezpieczeństwa postoju zalicza się sytuacje awaryjnego zatrzymania pociągu lub metra pomiędzy przystankami lub stacjami oraz sytuacje, w których należy odseparować pasażerów od ognia, toksycznych oparów i spalin. Niezbędnymi elementami zapewniającymi bezpieczeństwo postoju są: chodniki awaryjne, oświetlenie oraz urządzenia akustyczne, punkty monitorowania, tablice informacyjne, bariery zabezpieczające przed wejściem lub wypadnięciem na tor na stacjach metra, windy, schody ruchome i nieruchome, a także pochylenia dla niepełnosprawnych. Do elementów systemu bezpieczeństwa ewakuacji należą punkty pierwszej pomocy, dobrze oznaczone drogi ewakuacyjne oraz urządzenia łączności. Do bezpieczeństwa działań należy zorganizowanie centralnego ośrodka zarządzania bezpieczeństwem, który musi mieć zdalny dostęp do urządzeń w tunelu. W pracy omówiono także elementy wyposażenia tuneli takie jak: odwodnienie, wentylacja, nawierzchnia, izolacja, oświetlenie, urządzenia przeciwdymne i przeciwpożarowe, urządzenia niezbędne do sterowania ruchem, schody ruchome i stałe (tunele metra), windy i pochylnie (tunele metra). Elementy te wpływają na bezpieczeństwo pasażerów i budowli. Omówiono także problemy eksploatacji tunelów oraz możliwe ich rozwiązania, które należy przewidzieć w trakcie projektowania tuneli.

РЕФЕРАТ

ВЕПШЕНДЗ Патрик, Безпека в комунікаційних тунелях / Патрик ВЕПШЕНДЗ // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

Ця робота розглядає аспекти безпеки в комунікаційних тунелях. Розглянуто причини інтенсивних дій, що підвищують безпеку дорожніх тунелів. Описані і обговорені деякі питання, пов'язані із забезпеченням безпеки, а також з обладнанням тунелів (в тому числі екстреної телефонної системи, систем відеоспостереження, монтаж протипожежної системи, систем контролю токсичних газів і диму, систем аварійного освітлення). Обговорюються способи забезпечення захисту людей у місцях зупинки, транспортування, евакуації та безпеки операцій. Для попередження небезпечної ситуації пропонується екстрена зупинка поїзда або метро між станціями і зупинки або ситуації, в яких пасажир повинен бути відокремлений від вогню, токсичних газів і вихлопних газів. Необхідні елементи для безпечної зупинки є: аварійні доріжки, освітлення і акустичні пристрої, контрольні точки, інформаційні щити, бар'єри безпеки перед входом, ліфти, ескалатори або нерухомі, а також пандуси для людей з обмеженими можливостями. Елементи системи безпеки евакуації включають пункти першої допомоги, добре виражені маршрути евакуації та пристрої зв'язку. Заходи із забезпечення безпеки включають організацію центрального пункту управління безпекою, який повинен мати віддалений доступ до пристроїв у тунелі. У документі також розглядається особливості тунелів, такі як зневоднення, вентиляція, поверхня, ізоляція, освітлення і пожежна протидимна система, пристрої, необхідні для управління переміщенням ескалаторів, ліфтів і підйомних рамп. Ці елементи впливають на безпеку пасажирів та будівель. Обговорюються також проблеми експлуатації тунелів та можливі рішення, які слід передбачити при розробці тунелів.

ABSTRACT

WEPRZEDZ Patryk. Safety in communication tunnels. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

Security aspects in communication tunnels was carried out in the work. The reasons for undertaking intensive actions improving the safety of road tunnels were considered. Selected issues related to security

management and with the equipment of tunnels have been exchanged and discussed (including emergency telephony system, sound installation system, video surveillance system, fire installation system, toxic gas and smoke control system, emergency lighting system). Discussed are ways to ensure protection of people in the areas of stop, transport, evacuation and operations safety. The safety of a stoppage includes situations of emergency stopping of a train or subway between stops or stations and situations in which passengers should be separated from fire, toxic fumes and exhaust fumes. Necessary elements for ensuring stopping safety are: emergency walkways, lighting and acoustic devices, monitoring points, information boards, barriers preventing entry or falling on the track at metro stations, lifts, escalators and ordinary stairs and tilt for the disabled. Elements of the evacuation safety system include first aid points, well-marked escape routes and communication devices. The security of activities includes the organization of a central security management, which must have remote access to devices in the tunnel. The elements of tunnels equipment such as: drainage, ventilation, surface, insulation, lighting, smoke and fire protection devices, devices necessary to control traffic, escalators and fixed (subway tunnels), elevators and ramps (underground tunnels) was discussed in the work. These elements affect the safety of passengers and buildings. Also discussed are the problems of tunnel operation and possible solutions that should be anticipated during the design of tunnels.

AUTOR:

WEPRZĘDZ Patryk, Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, 142323@stud.prz.edu.pl, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-0908-5034

АВТОР:

ВЕПШЕНДЗ Патрик, Жешовська Політехніка, кафедра двигунів внутрішнього згоряння та транспорту, 142323@stud.prz.edu.pl, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0002-0908-5034

AUTHOR:

WEPRZĘDZ Patryk, Rzeszów University of Technology, Department of Combustion Engines and Transport, 142323@stud.prz.edu.pl, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0002-0908-5034

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

Воєвода Павел, кандидат технічних наук, Жешувська політехніка, доцент кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the production, repair and materials science department, Kyiv, Ukraine.

Woyevoda Pavel, PhD., Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 62-73:665.71(045)
UDC62-73:665.71(045)

ОЦІНКА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗА УМОВ ЗБЕРЕЖЕННЯ МОТОРНИХ ПАЛИВ

Трофімов І.Л., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна,
troffi@ukr.net orcid.org/0000-0001-5539-1166

SUBSCRIPTION OF ATMOSPHERIC AIR UNDER CONDITIONS OF CURRENT MULTIPLE POPULATION

Trofimov Igor, PhD, National aviation university, Kiev, Ukraine, troffi@ukr.net, orcid.org/0000-0001-5539-1166

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В УСЛОВИЯХ ХРАНЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Трофимов И.Л., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев, Украина, troffi@ukr.net, orcid.org/0000-0001-5539-1166

Вступ

На сьогоднішній день дуже гостро постає питання ощадливого й повного використання енергоносіїв – нафти, газу, вугілля. З усіх аспектів загальної екологічної проблеми найбільшу увагу в багатьох країнах світу привернуто до проблеми забруднення атмосфери шкідливими речовинами, що утворюються в результаті використання продуктів переробки нафти, перш за усе автомобільних бензинів та дизельних палив.

Експлуатація паливозапарвних комплексів неодмінно призводить до забруднення навколишнього середовища нафтою й нафтопродуктами, що є одним з найбільш масштабних і небезпечних видів впливу людини на навколишнє середовище. Промисловість, транспорт, оборонний комплекс – практично всі ланки економічної інфраструктури зіштовхуються із проблемою забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами в процесі виробництва і в аварійних ситуаціях.

Прийнятий повсюдно підхід до ліквідації забруднень нафтопродуктами, посуті, є лише передислокацією проблем з одного місця на інше. Оскільки застосовувані сьогодні засоби хоч і дозволяють ліквідувати забруднення, але вимагають утилізації або поховання відходів, забруднених нафтопродуктами, створюючи в такий спосіб екологічні проблеми на іншій території, не вирішуючи їх у корені.

Сучасні масштаби розвитку економіки і, пов'язаний із цим ріст забруднення навколишнього середовища, ставлять під загрозу екологічну рівновагу і здоров'я націй. Це вимагає пошуку нових засобів боротьби із забрудненням навколишнього середовища, що дозволяють повністю ліквідувати забруднення, без необхідності вивозу, переробки, знешкодження або поховання відходів, а також відновлюють і стимулюють процеси самовідновлення природних екосистем.

Особливістю забруднення атмосферного повітря паливно-мастильними матеріалами (ПММ) є їх різноманітний компонентний склад. Асортимент продуктів, що їх зберігають і переміщують в межах складів паливно-мастильних матеріалів, визначає склад хімічних компонентів, які надходять у довкілля. Якість та хімічний склад палив визначають ступінь важкості наслідків забруднення ними.

Літературний огляд

Як відомо, якість атмосферного повітря є одним з визначальних факторів для життєдіяльності усіх живих організмів. Нині автотранспорт, промисловість, енергетика є основними забруднювачами атмосферного повітря, але й не останнє місце у викидах займає нафтопереробка промисловість та експлуатація підприємств паливо забезпечення, що призводить до парникового ефекту в атмосфері [1, 2]. Згідно з Конвенцією ООН про транскордонне забруднення повітря на далекі відстані, питання забруднення повітря на сьогодні мають глобальний характер [3, 4]. Важливою проблемою є дотримання екологічних вимог при експлуатації підприємств, споруд та при інших видах діяльності. Ці вимоги можна реалізувати на підставі впровадження та більш ефективного використання природоохоронних заходів, серед котрих чільне місце посідають заходи щодо попередження

забруднення атмосфери, оскільки будь-яке порушення чистоти атмосферного повітря обов'язково впливає на стан води та землі.

Промислові викиди в атмосферу несприятливо впливають перш за все на людину та на навколишнє природне середовище, а найбільш важкі форми прояву спостерігаються на промислових майданчиках та прилеглих до них територіях. Саме тут виникають найбільш високі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі, котрі перевищують гранично допустимі концентрації в два - п'ять, а нерідко і в більше разів, і саме на цих територіях акумулюється їхня основна маса ґрунтом та поверхнею водоймищ. У зв'язку з цим особливо гострою є проблема запобігання забруднення атмосфери міст, де зосереджена більша частина населення та промисловості.

Джерелами антропогенного забруднення атмосфери домішками служать теплоенергетика, промисловість, нафто- і газопереробка, транспорт, випробування термоядерної зброї. Таких забруднюючих атмосферу домішок налічується десятки і тисячі. Проте багатотоннажних речовин порівняно не багато.

Як відомо, основними забрудниками від нафти та нафтопродуктів є сірчані сполуки, окисли вуглецю, сірки, азоту, сажа, ртуть, фтористі та інші шкідливі сполуки. Значним забруднювачем довкілля є транспортна галузь, зокрема її рухомі засоби (автомобілі, тепловози, морські та річкові судна), що використовують як паливе різні види нафтопродуктів [5].

За узагальненими даними баланс викидів транспортними засобами є наступним: 70% – автомобільний транспорт, 9,4% – сільськогосподарська техніка, 7,3% – повітряний транспорт, 4,1% – морський та 9,2% – залізничний. В зв'язку з цим зниження шкідливого впливу транспорту на НС перетворилося в міжнародну проблему [6].

Під час транспортування нафти трубопроводами середня дальність перекачування нафти складає біля 1500 км. Нафта транспортується по трубопроводах діаметром 300-1200мм, схильних до корозії, відкладення смол і парафінів усередині труб, щосприяє їх пошкодженню.

Значними джерелами забруднення НС є нафта та продукти її переробки. Нафтопродукти, різні за своїм складом, у випадку потрапляння до повітря та ґрунту, забруднюють атмосферу, поверхневі та ґрунтові води, погіршують їх санітарно-гігієнічний стан [7].

Втрати бензину під час зберігання його в резервуарах, наливання до залізничних цистерн та бензовозів, заправлення автомобілів на АЗС перевищують 100 тисяч тонн на рік [8].

Залповий викид легких вуглеводнів під час зливання бензину становить 0,3–0,6% від маси нафтопродуктів, що зливають, під час зберігання (малого дихання), випаровування становлять 0,1–0,4% від загального об'єму зберігання; середній вміст парів бензину в пароповітряній суміші становить 1–2 кг/м³ [8].

Швидкість випаровування бензинів впливає на об'єми надходження та інтенсивність поширення речовин в атмосферному повітрі. Детонаційна стійкість характеризує здатність бензинів протистояти самозайманню у процесі стиснення. Найбільшою детонаційною стійкістю володіють ароматичні вуглеводні. Високий вміст саме ароматичних сполук у бензині є показником його якості, тоді як токсичність бензину при цьому збільшується – ароматичні сполуки більш небезпечні за парафіни.

Дослідження показують, що мінімум 3–8 % палива, яке використовує будь-який транспорт, зокрема, авіація, втрачається під час зберігання та в системах заправки [9]. Навіть якщо бензини – це здебільшого нестійкі речовини і до 75 % витоків випаровуються, забруднюючи повітря, залишкове забруднення ґрунту і підземних вод складається з важких фракцій, які становлять підвищену небезпеку порівняно з вихідним продуктом і потрапляють в організм людей, які можуть проживати на віддалі від небезпечних об'єктів.

Мережа АЗС також робить свій внесок у формування фоновому забруднення, у збільшення вмісту домішок на значній відстані від джерел забруднення й до глобальних змін у складі атмосфери, що може привести до багатьох небажаних наслідків, в тому числі до зміни клімату.

Автозаправні станції є стаціонарними джерелами забруднення атмосферного повітря за рахунок випарування бензину й дизельного палива з резервуарів для їх зберігання. Вміст цих речовин у атмосферному повітрі не контролюється на постах спостереження. Але існує розвинена мережа станцій, до яких кожного року приєднуються нові [10].

Джерелами забруднення навколишнього середовища на АЗС є випаровування нафтопродуктів («великі і малі дихання»), викиди відпрацьованих газів автотранспорту та розливи нафтопродуктів, що окрім забруднення атмосфери, ґрунту та стічних вод, може призвести до пожеж та вибухів.

У будь-якій місткості, що заповнена автомобільним бензином, над поверхнею нафтопродукту

утворюється пароповітряна суміш (ППС), що містить певну кількість парів бензину. Виконання усіх технологічних операцій з бензином супроводжується постійними втратами від випаровування, що призводить до кількісно-якісних втрат палив. Втрати вуглеводнів при «великому диханні» ППС в газовому просторі (ГП) резервуара при змішуванні до нього рідких нафтопродуктів. Коли тиск у ГП досягне деякого граничного значення, відбувається викид частини ППС в атмосферу через спеціальний «дихальний» клапан.

Втрати від «великого дихання» визначаються низкою факторів: об'ємом, температурою і газонасиченості нафтопродукту, що закачується в резервуар, концентрацією парів нафтопродукту в ППС, тиском у ГП. Вміст парів в ГП підвищується в процесі заповнення резервуара, однак основна маса парів вуглеводнів накопичується в ГП в період зберігання нафтопродукту в резервуарі. Середньорічні втрати від «великого дихання» складають близько 0,14% від обсягу збереженого нафтопродукту.

Втрати від «малого дихання» з 1 м^3 газового простору резервуарів, які зв'язані з атмосферою через дихальні клапани, при зміні температури парів на 10°C рівні 6-10 г, а при зміні атмосферного тиску на 1 мм рт.ст. – 2-4 г. Швидкість насичення парами газового простору пропорційна площі поверхні випаровування. Підраховано, що з 1 м^2 поверхні випаровування наземного резервуара випаровується і втрачається понад 4 кг нафтопродукту на місяць. Річні втрати пального для резервуару місткістю 400 м³ можуть скласти 1,28% від маси зберігається продукту.

Найбільша маса дренажних в атмосферу парів бензину припадає на процес зливу бензину в ємкості нафтобаз і АЗС і заправлення автомобілів [11].

За характером впливу джерела забруднення навколишнього середовища поділяються на постійно діючі, періодичні і випадкові. До першої групи джерел забруднення відносяться великі й малі «дихання» резервуарів; викиди пароповітряної суміші з баків автомобілів при заправці; вихлопні гази автомобільних двигунів на території АЗС; викиди при заправці та зливі нафти і нафтопродуктів. Джерела цієї групи забруднюють головним чином атмосферне повітря на території.

До другої групи джерел забруднення відносяться: викиди нафти і нафтопродуктів при зливів з автоцистерн в резервуари, викиди нафтопродуктів при заправці автотранспорту [9].

До третьої групи джерел забруднення відносяться: викиди нафти і нафтопродуктів при ремонті та обслуговуванні технологічного обладнання; аварійні викиди в результаті порушення герметичності гідравлічної системи (резервуарів, трубопроводів, шлангів, колонок тощо). Джерела другої і третьої груп призводять до забруднення нафтопродуктами ґрунту, водойм та підземних інженерних споруд.

Мета і задачі дослідження

Мета дослідження – розробити програмне забезпечення обробки результатів спостережень і візуалізації даних на основі дослідження стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив під час їх експлуатації.

Для досягнення мети були поставлені такі задачі:

1. Проаналізувати викиди забруднюючих речовин у повітря від стаціонарних джерел до встановлених нормативів.
2. Дослідити вплив транспорту, складів та баз зберігання ПММ на загальний екологічний стан атмосферного повітря на території підприємств.
3. Розробити програмне забезпечення обробки результатів спостережень і візуалізації даних.

Результати цієї парці можуть бути використані для оцінки стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив під час їх експлуатації (служби авіапаливозабезпечення, АЗС, склади ПММ, нафтобази).

Матеріали та методи

У цій роботі використано теоретичні методи дослідження, які базувалися на застосуванні системного підходу відносно оцінки стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив під час їх експлуатації. Також використано натурні методи моделювання з використанням апробованих та науково обґрунтованих методик. Для пояснення розрахунків та роботи розробленого програмного забезпечення було використано відкриті дані оцінки атмосферного повітря служби авіапаливозабезпечення міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни).

Результати досліджень та їх обговорення

Для кожного промислового підприємства розраховуються і затверджуються норми ГДК, тонн за рік або грамів за секунду, гранично допустимі викиди шкідливих речовин. Спеціалісти розраховують, що допустимі маси викидів не повинні забруднювати повітря в районі мешкання населення до концентрації шкідливих речовин, більших за ГДК. Щоб захистити здоров'я населення,

дуже важливо своєчасно проводити інвентаризацію джерел викидів шкідливих речовин [2]. Оцінюють рівень забруднення середовища та його якості, використовуючи показники гранично допустимих концентрацій.

Отже, основним критерієм встановлення нормативів ГДК для оцінювання якості атмосферного повітря є обсяг і особливості дії наявних у повітрі забруднювальних речовин на організм людини. Для визначення якості атмосферного повітря користуються двома ГДК – максимально разовою (ГДК_{м.р.}) і середньо добовою (ГДК_{с.д.}).

Склад забруднень довкілля при авіатранспортних процесах надзвичайно різноманітний. Основними джерелами забруднення НП серед авіапідприємств є аеропорти з приписаною до них технікою.

Наземні джерела забруднення можна умовно поділити на такі, що розміщені всередині аеропорту (або авіаремзаводу), і ті, які розташовані за межами аеропорту (або авіаремзаводу). До останніх належать насамперед установки теплоенергетики, які працюють на різних видах місцевого палива, тому й характер забруднень визначається видом палива, способами його спалювання і шляхами відведення викидів.

До основних шкідливих речовин, які містяться в димових газах теплоенергетичних установок, належать діоксид сірки SO_2 , оксид вуглецю CO , оксиди азоту NO_x , тверді частинки вуглецю (сажі) [7].

В атмосферне повітря з виробничих приміщень аеропорту чи авіаремзаводу надходять пари нафтопродуктів, розчинників, лакофарбових матеріалів, лугів, кислот, аерозолі водних розчинів їдкого, вуглекислого й фосфорнокислого натрію, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, оксиду вуглецю, пилу.

Кількість шкідливих речовин, що надходять в атмосферне повітря з виробничих приміщень аеропорту чи авіаремзаводу через вентиляційні системи, може перевищувати гранично допустимі значення, які спричиняють перевищення допустимих концентрацій (ГДК) цих шкідливих речовин. Особливо це може мати місце в разі групового розташування вентиляційних шахт, коли виникає ефект сумації шкідливих викидів і навіть утворення нових шкідливих речовин більшої токсичності.

Склади ПММ забруднюють атмосферне повітря на території аеропорту авіапаливом, змащувальними матеріалами та спецрідинами. В атмосферу пари авіапалива надходять: при витискуванні їх із резервуарів, паливозаправників (ПЗ) і баків повітряних кораблів (ПК) у процесі наповнення їх паливом, у процесі «малого дихання» резервуарів, а також при випаровуванні розлитого палива крізь нещільності з'єднань або недотримання правил заправки ПК, зберігання, транспортування й наповнення місткостей ПММ.

На НС суттєво впливає авіаційна наземна техніка, до якої належать спеціальні технічні наземні засоби для обслуговування авіаційної техніки, повітряних перевезень та утримання аеродромів. Спецавтотранспорт забруднює атмосферне повітря переважно оксидами вуглецю CO , вуглеводнями C_xH_y , оксидами азоту NO .

Забруднення атмосферного повітря впливає на здоров'я живих організмів не тільки прямо, а й посередньо, змінюючи структуру, склад і навіть будову атмосфери, яка в новій якості впливає вже глобально на життєдіяльність людини, а також на рослинний і тваринний світ планети.

Підвищення забруднюючих речовин спостерігається в атмосфері практично на всіх підприємствах, тому виникає необхідність у вирішенні задачі оцінки і моделювання поширення забруднюючих речовин в атмосфері саме від точкових стаціонарних джерел з метою запобігання або зменшення їх впливу на екосистему.

Стаціонарні джерела викидають в повітря сірчистий газ, оксиди азоту, оксиду вуглецю, гас, натрій гідроксиди також деяку кількість чадного газу, фенолів, сірчаної кислоти та інших забруднюючих речовин в залежності від специфіки промислового виробництва міста і складу використовуваного в ньому палива. Відносно недавні стаціонарні джерела викидають в атмосферу значну кількість пилу різноманітного хімічного складу, але в даний час існуючі газоочистні установки затримують більше 95% всіх твердих часток, що утворюються при згоранні палива, але практично не вловлюють газових складових.

Хімічні речовини, що знаходяться в атмосфері, вважаються забруднювальними домішками, якщо здатні заподіяти шкоду здоров'ю людини та довкіллю.

Для аналітичного дослідження нами було обрано міжнародний аеропорт «Київ» (Жуляни). При обстеженні підприємства виявлено 58 джерел викидів, через які в атмосферне повітря надходять 20 забруднюючих речовин.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від складів проводиться у відповідності до збірника «Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными

производствами».

Для прикладу розрахунку викидів забруднюючих речовин від джерел зберігання палива було вибрано найбільші склади зберігання палива.

Склад ПММ. Наземний резервуар об'ємом 50 м³ зберігання авіапалива JET A-1 з дихальним клапаном. Дихальний клапан Ø 100 мм, Н = 5 м, V = 0,01 м³/с. Час роботи 8760 год/рік.

Величини викидів забруднюючих речовин від однієї місткості під час зберігання розраховуються за формулою:

$$P_p = 2,52 \cdot V_{pk}^p \cdot P_{s(38)} \cdot M_n \cdot (K_{5X} + K_{5I}) \cdot (K_6 \cdot K_7 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-9}), \text{ кг/год}$$

де V_{pk}^p – об'єм рідини, яка наливається у резервуар протягом певного часу, м³/рік; $P_{s(38)}$ – тиск насичених парів рідини при температурі 38 °С; M_n – молекулярна маса парів рідини; η – коефіцієнт ефективності газозовловлюючих пристроїв резервуару; K_{5I} , K_{5X} – коефіцієнти, які залежать від $P_{s(38)}$ та температури газового простору відповідно тепло та холодно пори року; K_6 – коефіцієнт, який залежить від $P_{s(38)}$ та річного обертурезервуарів; K_7 – коефіцієнт, який залежить від технічного оснащення тарезимоексплуатації.

Річний обсяг через резервуар становить 10800 м³/рік.

Для розрахунку викидів парів авіапалива JET A-1 прийнято наступні величини, константи, коефіцієнти:

P_s – тиск насичених парів рідини при температурі 38 °С, гПа, визначений в залежності від $t_{екв}$,

що визначена формулою:

$$t_{екв} = t_{нк} + (t_{кк} - t_{нк}) / 8,8 = 180(350 - 180) / 8,8 = 199,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{нк}$ і $t_{кк}$ – відповідно температура початку і кінця кипіння рідини; $P_s = 1,342$ гПа, при $t_{екв} = 199,32 \text{ } ^\circ\text{C}$; M_n – молекулярна маса парів рідини, $M_n = 146,0$ при $t_{нк} = 180 \text{ } ^\circ\text{C}$;

Для холодного періоду температура газового простору визначається за формулою:

$$T_{жх} = K_{1x} + (K_{2x} \cdot t_{ax}) + (K_{3x} \cdot t_{pdx})$$

де, $K_{1x} = 0,3$; $K_{2x} = 0,37$; $t_{ax} = -1,05$; $K_{3x} = 0,62$; $t_{pdx} = -1,05$;

Для теплового періоду температура газового простору визначається за формулою:

$$T_{pdm} = K_4 \cdot (K_{1m} + K_{2m} \cdot t_{am}) + (K_{3m} \cdot t_{pdm})$$

де, $K_4 = 1$; $K_{1m} = 6,12$; $K_{2m} = 0,41$; $t_{ax} = 15,4$; $K_{3m} = 0,51$; $t_{pdx} = 15,4$;

$T_{pdx} = -0,7395 \text{ } ^\circ\text{C}$; $T_{pdm} = 20,228 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$K_{5m} = 0,0435$; $K_{5m} = 0,2502$ для наземних резервуарів;

$K_6 = 1,26$, $K_7 = 0,95$.

Викиди парів авіапалива за рахунок випаровування від резервуару з авіапаливом JET A-1 становить:

$$P_p = 2,52 \cdot 10800 \cdot 1,342 \cdot 146 \cdot (0,0435 + 0,2502) \cdot 1,26 \cdot 0,95 \cdot 10^{-9} = 0,001874683$$

кг/год, або 0,0005207 г/с і 0,1642222 т/рік.

Тоді фактичні викиди від усіх джерел підприємства розраховують за формулою:

$$\Phi = M / (ГДК \cdot Н) > 0,01 \text{ при } Н > 10 \text{ м. } \Phi = M / ГДК > 0,1 \text{ при } Н \leq 10 \text{ м;}$$

де M – сумарний розмір викиду шкідливих речовин від усіх джерел підприємств, г/с; H – середня висота викиду, м.

- Заліза оксид (у перерахунку на залізо)

$$0,001052 / 0,04 = 0,0263 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Бензин (нафтовий, оливо-сірчастий, в перерахунку на вуглець):

$$0,000013 / 5 = 0,0000026 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Вуглеводні насичені C12-C19 (у перерахунку на сумарний органічний вуглець)

$$0,04313133 / 1 = 0,04313133 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Гас

$$0,016888 / 1,2 = 0,01407 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Олива мінеральна нафтова (веретенна, машинна та ін.)

$$0,00013 / 0,05 = 0,00026 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Марганець та його сполуки (у перерахунку на діоксид марганцю)

$$0,000073 / 0,01 = 0,0073 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Натрію гідроокис (натрій їдкий, сода каустична)

$$0,0000131 / 0,01 = 0,00131 < 0,1 \text{ – недоцільно;}$$

- Водень хлористий (соляна кислота)
 $0,000132/0,2 = 0,00066 < 0,1$ – недоцільно;
- Ацетон
 $0,000637/0,035 = 0,00182 < 0,1$ – недоцільно;
- Ангідрид сірчистий
 $0,00005/0,5 = 0,0001 < 0,1$ – недоцільно;
- Пил недиференційований за складом
 $0,00025/0,1 = 0,0025 < 0,1$ – недоцільно;
- Вуглецю оксид
 $0,0009/5,0 = 0,00018 < 0,1$ – недоцільно;
- Азоту діоксид
 $0,028513/0,2 = 0,142565 > 0,1$ – доцільно;
- Азоту оксид
 $0,0000086/0,4 = 0,0000215 < 0,1$ – недоцільно;
- Метан
 $0,000043/50 = 0,00000086 < 0,1$ – недоцільно;
- Ртуть металічна
 $0,0000000069/0,0003 = 0,000023 < 0,1$ – недоцільно;
- Калію сірчаноокислий кислий
 $0,0000131/0,4 = 0,00003275 < 0,1$ – недоцільно;
- Сірководень
 $0,000013348/0,008 = 0,0025 < 0,1$ – недоцільно.

На основі розглянутих методик розрахунків було розроблено програмне забезпечення обробки результатів спостережень і візуалізації даних на мові програмування Delphi.

На рис. 1.а наведено інтерфейс програми, в який ми маємо ввести значення об'єму резервуара, коефіцієнта ефективності газозловлюючих пристроїв резервуару (якщо такі мають місце), температури кипіння залежно від виду палива та температури газового простору залежно від періоду року. Далі натискаючи опцію «Розрахунок», ми отримуємо конкретне значення викидів у кг/год (рис. 1.б).

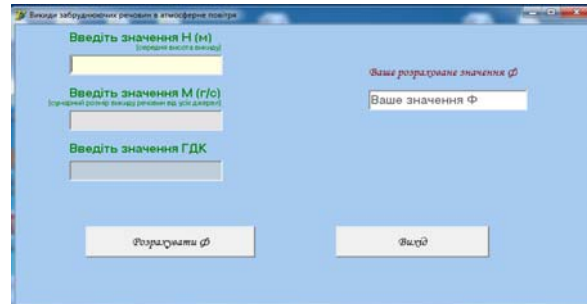
а

б

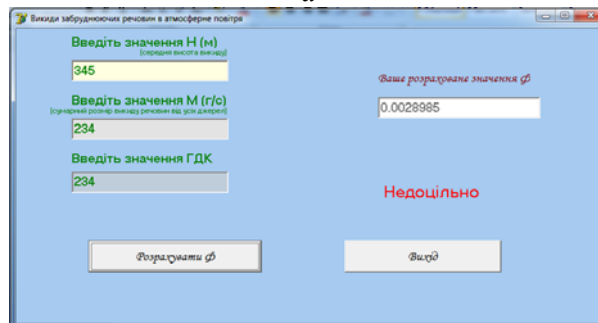
Рисунок 1 – Інтерфейс програми розрахунку викидів забруднюючих речовин однією місткістю (джерелом) під час зберігання палив

Figure 1 – Interface of the program calculation pollutant emissions by one capacity (source) during storage of fuel

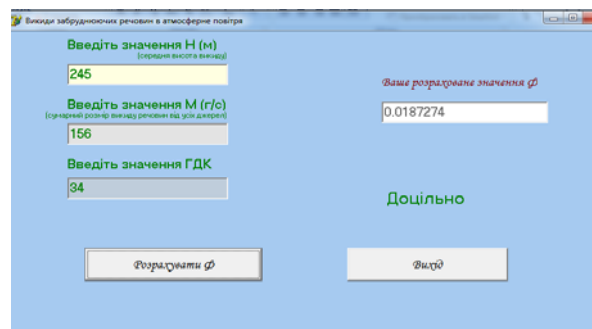
Також на мові програмування Delphi було розроблено програму для візуалізації обробки результатів видів та обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами. На рис. 2.а показано інтерфейс програмного забезпечення в опціях якого ми вводимо значення середньої висоти викидів, сумарний розмір викидів від усіх джерел та значення ГДК. Далі натискаючи опцію «Розрахувати», отримуємо значення фактичних викидів у атмосферу (рис. 2.б) та доцільність чи недоцільність експлуатації об'єкта зберігання моторного палива з точки зору його викидів у атмосферу (рис. 2.б та 2.в)



а



б



в

Рисунок 2 – Інтерфейс програми розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами під час зберігання палив

Figure 2 – Interface of the program calculation pollutant emissions into the atmosphere by stationary sources during storage of fuels

Висновки

Було розроблено програмне забезпечення обробки результатів спостережень і візуалізації даних на основі дослідження стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив під час їх експлуатації. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря виконувались розрахунковим методом. Джерелом забруднення атмосферного повітря на об'єкті зберігання моторних палив був склад ПММ служби авіапаливозабезпечення МА «Київ» (Жуляни). Встановлено, що основними забруднюючими речовинами на об'єктах зберігання моторних палив є: оксиди азоту, оксиди вуглецю, діоксид сірки, суспендовані тверді речовини.

Належне місце в забрудненні повітря також належить і автотранспорту. Автомобільний транспорт - 90,9% з них 68,2% - автотранспортом населення, 22,8% - автотранспортом суб'єктів господарської діяльності. Деяко менше становлять викиди виробничою технікою – 6,2% та

залізничним транспортом – 2,1%.

Ризики, пов'язаними з надходженням в НС паливно-мастильних матеріалів різного складу та призначення, не можна нехтувати, оцінюючи вплив транспорту на здоров'я людей. Небезпеку отруєння цими речовинами та їх сумішами потрібно передбачати.

З цією метою подальшу роботу над цим питанням слід спрямувати на розробку:

- математичних моделей інтенсивності втрат палива через пошкодження резервуарів або трубопроводів, а також через випаровування;
- моделей фільтрації забруднення в ґрунті, трансформації його складу у водних об'єктах та під впливом діяльності живих організмів;
- методів уникнення або зменшення втрат палива;
- засобів ліквідації забруднень, які вже потрапили в навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. MacLeod, M. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment [Text] / M. MacLeod, P. Gerber, A. Mottet et. al. - Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. – 172 p.
2. Status of ratification of the 1979 Geneva Convention on Long-range Trans boundary Air Pollution as of 24 May 2012 [Electronic resource]. – Available at: http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap_st.html
3. Конвенція ООН про транскордонне забруднення повітря на далекі відстані [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_223
4. Моклячук, Л. И. Загрязнение окружающей среды химически активным азотом из сельскохозяйственных источников: проблема и пути решения [Текст] / Л. И. Моклячук, С. М. Лукин, Н. П. Козлова, М. М. Матрковлишвили // Агроэкологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 13-21.
5. Трофімов І.Л. Аналіз впливу авіаційного транспорту на забруднення атмосфери [Текст] / І.Л. Трофімов // Енергетика: економіка, технології, екологія. – №1/2014. – С. 119-124.
6. Трофімов І.Л. Зниження шкідливого впливу викидів моторного транспорту на стан атмосферного повітря [Текст] / І.Л. Трофімов // Наукові технології. – №3/2014. – С. 364-369.
7. Архіпова, Г. І. Аналіз впливу відпрацьованих автомобільних газів на стан атмосферного повітря в густонаселених районах [Текст] / Г. І. Архіпова, І. С. Ткачук, Є. І. Глушков // Вісник НАУ. – 2009. – № 1. – С. 78-83.
8. Франчук Г.М. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля [Текст] / Г.М. Франчук, А.М. Антонов, С.М. Маджд, Я.В. Загоруй // Вісник НАУ. – 2006. – № 1. – С. 184–190.
9. Makdonal'd A. J., Bennet R.R., Khinshou J. K., Barns M.U. Rockets with engines on a chemical fuel: influence on the environment // The Aerospace technique. – 2007. – P. 96.
10. Сайт компанії «EcologyLife» [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://eco-logylife.ru>.
11. Ehhat D.H., Rother F., Wather A. Sources and distribution of Nox in the upper troposphere at northern mid-latitudes // J. Geophys. Res. – 2008. – Vol. 97. – P.3725.

REFERENCES

1. MacLeod, M. Greenhouse gas emissions from pig and chicken supply chains: A global life cycle assessment [Text] / M. MacLeod, P. Gerber, A. Mottet et. al. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. – 172 p.
2. Status of ratification of the 1979 Geneva Convention on Long-range Trans boundary Air Pollution as of 24 May 2012 [Electronic resource]. – Available at: http://www.unece.org/env/lrtap/status/lrtap_st.html
3. Konvenciya OON pro transkordonno zabrudneniya povitrya na daleky vidstani [UN Convention on Long-range Transboundary Air Pollution [Electronic resource]. – Access mode: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/995_223 [in Ukrainian].
4. Moklyachuk, L.I., Lukin, S.M., Kozlova, N.P., Matrkoplisvili, M. M. (2014). Zagryazneniye okruzhayushchey sredy khimicheskoy aktivnyy azotom iz selskhozaystvennykh istochnikov [Pollution of the environment by chemical nitrogen from agricultural sources: the problem and ways of solution]. –

- Agroekologichnuy zhurnal – Agroecological logic. - 2014. - No. 1. - P. 13-21 [in Russian].
5. Trofimov, I.L. (2014). Analiz vplyvu aviatsiynogo transportu na zabrudneniya atmosferu [Analysis of the impact air transport on atmospheric pollution]. – Energetika: ekonomika, tehnologiya, ekolodiy – Power engineering: economics, technology, ecology. – No. 1/2014. – P. 119-124 [in Ukrainian].
 6. Trofimov, I.L. (2014). Znuzhennya shkidlivogo vplyvu vukidiv motornogo transportu na stan atmosfornogo povitrya [Reduction of harmful influence of motor transport emissions on the state of atmospheric air]. – Naukoemni tehnologiyi – Knowledge-bas. – №3/2014. – P. 364-369 [in Ukrainian].
 7. Arkhipova, G. I., Tkachuk, I. S., Glushkov, E.I. (2009). Analiz vplyvu vidpracovanuh avtomobilnuh gaziv na stan atmosfornogo povitrya v gustonaselenuh rayonah [Analiz to influence of exhaust motor-car gases on consisting of atmospheric air of the densely populated districts]. – Visnuk NAU – Announcer NAU, № 1, 78-83 [in Ukrainian].
 8. Franchuk, G.M., Kipnis, L.S., Madzhd, S.M. (2007). Ekologichna ocinka vplyvu aviacaynuh transpotnih procesiv na yakist dovkillya [Environmental impact assessment of aviation transport processes on the quality of environmental components]. – Visnuk NAU – Announcer NAU, – K.: NAU, 2007. – P. 258–261 [in Ukrainian].
 9. Makdonal'd A. J., Bennet R.R., Khinshou J. K., Barns M.U. Rockets with engines on a chemical fuel: influence on the environment // The Aerospace technique. – 2007. – P. 96.
 10. Site of «EcologyLife» company [Electron. resource]. – Access mode: <http://Eco-logyLife.ru>.
 11. Ehhat D.H., Rother F., Wather A. Sources and distribution of Nox in the upper troposphere at nortem mid-latitudes // J. Geophys. Res. – 2008. – Vol. 97. – P.3725.

РЕФЕРАТ

Трофімов І.Л. Оцінка стану атмосферного повітря за умов збереження моторних палив / І.Л. Трофімов // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В цій статті розглянуто проблему оцінки стану атмосферного повітря за умов зберігання моторних палив на об'єктах паливо забезпечення.

Об'єкт дослідження – оцінка стану атмосферного повітря.

Основною метою роботи була розробка програмного забезпечення для обробки результатів спостережень і візуалізації даних на основі дослідження стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив під час їх експлуатації.

Використано теоретичні методи дослідження, які базувалися на застосуванні системного підходу відносно оцінки стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив.

Досліджено вплив транспорту, складів та об'єктів зберігання ПММ на загальний екологічний стан атмосферного повітря на території цих підприємств. Проаналізовано викиди забруднюючих речовин у повітря від стаціонарних джерел до встановлених нормативів. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан забруднення атмосферного повітря виконувались розрахунковим методом. Для пояснення розрахунків і роботи програмного забезпечення у якості прикладу джерелом забруднення атмосферного повітря було вибрано склад ПММ служби авіапаливозабезпечення МА «Київ» (Жуляни). Встановлено, що основними забруднюючими речовинами на об'єктах зберігання моторних палив є: оксиди азоту, оксиди вуглецю, діоксид сірки, суспендовані тверді речовини. Наведено інтерфейс та описано роботу з розробленим програмним забезпеченням.

Результати цієї парці можуть бути використані для оцінки стану атмосферного повітря на об'єктах зберігання моторних палив під час їх експлуатації (служби авіапаливозабезпечення, АЗС, склади ПММ, нафтобази). Також результати досліджень можуть бути застосовані фахівцями екологами у сфері захисту навколишнього середовища та фахівцями у сфері експлуатації засобів зберігання моторних палив.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкту дослідження – розробка математичних моделей інтенсивності втрат палива через пошкодження резервуарів або трубопроводів, а також через випаровування; удосконалення чи розробка методів уникнення або зменшення втрат палив.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН, НЕБЕЗПЕЧНИЙ ОБ'ЄКТ, ШКІДЛИВА РЕЧОВИНА, МОТОРНЕ ПАЛИВО, РЕЗЕРВУАРИ, ВИКИДИ, АЕРОПОРТ.

ABSTRACT

Trofimov, I.L. Evaluation state atmospheric air in the conditions storage of motor fuels. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

In this article the problem estimation of the state atmospheric air is considered in the conditions storage of motor fuels on objects fuel providing.

Object of researches is an estimation state atmospheric air.

The primary purpose of work was software development for treatment results supervisions and visualization data on the basis of researches state atmospheric air on objects storage of motor fuels during their exploitation.

Theoretical methods are used researches that were based on application of approach the systems in relation to the estimation state atmospheric air on objects storage of motor fuels.

Influence transport is investigational, storages and objects storage of fuels and lubrication on general the ecological state atmospheric air on territory these enterprises. The extrass contaminants are analysed in an atmosphere from stationary sources with the set norms. Evaluation of influence extrass contaminates substances on state contaminations atmospheric air produced calculation method. For explanation calculations and work of software as an example by the source contamination atmospheric air it was chosen storage fuels and lubrication service provide of fuel airport "Kyiv" (Zhulany). It is set that main contaminants on the objects storage of motor fuels it is been: oxide of nitrogen, oxide of carbon, dioxide of sulphur, suspension of hard substances. An interface over is brought and work is described with the worked out software.

Results this article can be used for the estimation the state atmospheric air on objects storage of motor fuels during their exploitation (services provide of fuel, fuel station, storages of fuels and lubrication). Also the results of researches can be applied specialists by environmentalists in the field defence of environment and specialists in the field exploitation facilities storage of motor fuels.

Prognosis suppositions on development of research object are development mathematical models intensity losses fuels through damage tanks or pipes way and also through evaporation; improvement or development methods prevention or reduction losses of fuel.

KEYWORDS: ATMOSPHERIC AIR, THE ECOLOGICAL STATE, DANGEROUS OBJECT, HAZARDOUS SUBSTANCE, MOTOR FUEL, TANKS, EXTRASS, АЕРОПОРТ.

РЕФЕРАТ

Трофимов И.Л. Оценка состояния атмосферного воздуха в условиях хранения моторных топлив / И.Л. Трофимов // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В этой статье рассмотрена проблема оценки состояния атмосферного воздуха в условиях хранения моторных топлив на объектах топливо обеспечения.

Объект исследований – оценка состояния атмосферного воздуха.

Основной целью работы была разработка программного обеспечения для обработки результатов наблюдений и визуализации данных на основании исследований состояния атмосферного воздуха на объектах хранения моторных топлив при их эксплуатации.

Использованы теоретические методы исследования, которые базировались на применении системного подхода относительно оценки состояния атмосферного воздуха на объектах хранения моторных топлив.

Исследовано влияние транспорта, складов и объектов хранения ГСМ на общий экологическое состояние атмосферного воздуха на территории этих предприятий. Проанализированы выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников с установленными нормативами. Оценка влияния выбросов загрязняющих веществ на состояние загрязнения атмосферного воздуха производилась расчётным методом. Для объяснения расчетов и работы программного обеспечения в качестве примера источником загрязнения атмосферного воздуха было выбрано склад ГСМ службы авиатопливообеспечения аэропорта «Киев» (Жуляны). Установлено, что основными загрязняющими веществами на объектах хранения моторных топлив есть: оксиды азоту, оксиды углерода, диоксид

серы, суспензии твёрдых веществ. Приведён интерфейс и описано работу с разработанным программным обеспечением.

Результаты этой работы могут быть использованы для оценки состояния атмосферного воздуха на объектах хранения моторных топлив при их эксплуатации (службы авиатопливообеспечения, АЗС, склады ГСМ, нефтебазы). Также результаты исследований могут быть применены специалистами экологами в сфере защиты окружающей среды и специалистами в сфере эксплуатации средств хранения моторных топлив.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования – разработка математических моделей интенсивности потерь топлив через повреждения резервуаров или трубопроводов, а также через испарения; усовершенствование или разработка методов предотвращения или уменьшения потерь топлива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ, ОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ, ОПАСНОЕ ВЕЩЕСТВО, МОТОРНОЕ ТОПЛИВО, РЕЗЕРВУАРЫ, ВЫБРОСЫ, АЭРОПОРТ.

АВТОР:

Трофімов Ігор Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, доцент кафедри екології, e-mail: troffi@ukr.net, тел. +380972382889, Україна, 03058, Київ, пр. Космонавта Комарова, 1, orcid.org/0000-0001-5539-1166.

AUTHOR:

Trofimov Igor Leonidovich, PhD, associate professor, National aviation university, associate professor department of ecology, e-mail: troffi@ukr.net, contact tel +380972382889, Ukraine, 03058, Kyiv, Prospectus Komarova 1, orcid.org/0000-0001-5539-1166.

АВТОР:

Трофимов Игорь Леонидович, кандидат технических наук, доцент, Национальный авиационный университет, доцент кафедры экологии, e-mail: troffi@ukr.net, тел. +380972382889, Украина, 03058, Киев, пр. Космонавта Комарова, 1, orcid.org/0000-0001-5539-1166.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Глива В.А., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри цивільної та промислової безпеки ННІЕБ, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWER:

Glyva V.A., Doctor of Technical Sciences, National Aviation University, head of the civil and industrial safety NSIES department, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, professor of the ecology and life safety department, Kyiv, Ukraine.

UDC 504:656

УДК 504:656

THE FORMATION OF THE KYIV TRANSPORT SYSTEM ENVIRONMENTAL SAFETY

Khrutba V.O., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, victoria.khrutba@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8121-2042.

Spasichenko O.V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, Ksuxa14@meta.ua, orcid.org/0000-0002-8121-2042

Starynets L.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine, lyud328@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0430-5781

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ м. КИЄВА

Хрутьба В.О., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, victoria.khrutba@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8121-2042.

Спасіченко О.В., Національний транспортний університет, Київ, Україна, Ksuxa14@meta.ua, orcid.org/0000-0002-8121-2042

Старинець Л.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна, lyud328@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0430-5781

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ г. КИЕВА

Хрутьба В.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, victoria.khrutba@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8121-2042.

Спасиченко О.В., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, Ksuxa14@meta.ua, orcid.org/0000-0002-8121-2042

Старинец Л.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина, lyud328@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0430-5781

Topicality of the set problem. It is commonly known that modern and advanced transport infrastructure is, indeed, a road into the future for our country with its large territory, without any exaggeration. It has a strategic importance for the economic growth and a quality transition of the economy towards the innovational way of development.

The role of the transport sphere in the modern economy is huge. Its effectiveness conditions the working efficiency of other industries, and thus – the economic prosperity of the country.

Transport services market of is one of the most dynamic in the world. The economic growth is accompanied with a rapid growth of the market of transport, forwarding and logistics services. In the meanwhile changes in the Ukrainian economy are inevitable and an urgent modernization and construction of the transport and logistics infrastructure are required in the first place.

Intensification of the regional aspects in the transport infrastructure development has become topical, and this fully corresponds to the objectives of the Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2020. Here not only the realization of the transport infrastructure development projects is meant, but also a coordinated development and organization of the interaction between different means of transport and users of transport services. It is necessary to develop the transport corridors and complex transport junctures actively. It is obvious that there cannot be any economic growth without transport infrastructure development.

Considering that the Ukrainian transport system still does not comply with the EU standards and requirements and is characterized by a substantial retardation in terms of infrastructure, equipment and operating standards, one can acknowledge objectively that at present in the country there has arisen a necessity to resolve a number of problems concerning the growth and rational use of the transport potential on the principles of sustainable development and assessment of the environmental safety level as one of the

bases of the sustainable development of transport.

Taking into account the abovementioned, the development of a sustainable transport policy of the city should direct the transport sector towards finding an optimal compromise allowing to maximize the economic and social benefits of transport and minimize the concomitant environmental and economic expenses.

The analysis of main studies and published works. A number of authors researched the issue of the development and implementation of the sustainable development concept, including: S. D. Makosii, who reviewed the foreign experience of the sustainable development strategy implementation [1]; O. V. Boiko, Z. P. Dvulit analyzed the issues of the Ukrainian transport sustainable development [2]; A. O. Omarov-Shakhin elucidated theoretical and practical aspects of the sustainable development concept implementation: foreign and Ukrainian experience [3]; S. Tsmekh and O. I. Bohatov, V. M. Popov covered the issues concerning the ways of advancing the environmental safety in the motor transport sector [4,5]; V. A. Kashkanov, O. V. Ustiushenko examined the ways of increasing the environmental safety of the motor car transport [6]. However, the issues, related to the formation of the concept of the transport system environmental safety on the basis of Hierarchy Analysis Method (HAM) have not been examined yet.

The Aim. The article aims at formulating the concept of the Kyiv transport system environmental safety using HAM.

The account of the basic research material. The city of Kyiv is a large administrative centre with a population of many millions. In order to satisfy the city inhabitants' needs and secure functioning of all production spheres regular passenger transportation is required.

In Kyiv the transport system is represented by a huge amount of overground transport. It includes dozens of buses, trolley-buses, trams, shuttling minibuses, and a funicular.

The total length of motorways, located within the city borders, namely avenues, streets, boulevards, etc., amounts to nearly 2000 km. The majority of them were laid under the Soviet regime, and at that time they complied with the traffic capacity requirements completely, but now under the circumstances of a continuous growth of the number of motor vehicles, their traffic capacity proves to be insufficient, and as a result, traffic congestion has become an everyday phenomenon in Kyiv, especially in rush hours. Under the circumstances of the present traffic organization and low culture of driving traffic congestion occurs regularly both on main motorways and on the neighbouring streets, which are used as a detour.

The vast majority of roads are paved with asphalt, the state of which, unfortunately, is satisfactory only on the main motorways and newly laid or reconstructed roads.

A total number of people employed in the passenger transport system of Kyiv amounts to nearly 30 thousands.

Daily Kyiv residents are serviced by 2964 buses of different classes (361 – regular mode, 2603 – shuttling minibus mode), which work in the regular traffic mode and in the shuttling minibus mode, 406 trolleybuses, 294 tram cars, 645 metro carriages (3 subway lines, 51 stations), 60 carriages of suburban electric trains. City transport network embraces 302 bus routes (including: 70 in a regular mode and 232 in a shuttling minibus mode), 37 trolleybus and 20 tram routes. The municipal enterprise "Kyivpastrans" comprises 4 trolleybus and 3 tram depots as well as 8 bus parks. An important constituent of the Kyiv transport system is subway [7, 8].

Expansion of the Kyiv transport service capacities is closely connected with the problem of upgrading the management of the city traffic flows. In Kyiv a gradual transition to the implementation of new principles of organization and management of the transport process is realized through the use of modern automated systems.

Organization of passenger transportation is entrusted to local self-government bodies and is performed according to the laws of Ukraine "On Transport", "On Motor Transport", "On Road Traffic", "On State Social Standards and State Social Safety Net", "Standards of Urban Passenger Transport Work and Requirements to Rolling Stock", "Transport Strategy of Ukraine for the Period up to 2020", enactments of local self-government bodies, current legislation of Ukraine, which regulates the relations within this sphere.

Consequently, Kyiv has a developed transport infrastructure, which comprises motorways, railways, waterways and bridges. The list of transport means, currently operating in the city, alone demonstrates the complexity and versatility of the Kyiv transport network. Using a certain means of transport one can easily get to any part of the city. This demonstrates a highly developed traffic interchange [9].

Taking into consideration the abovementioned, development of a sustainable transport policy of the city should direct the transport sector towards finding an optimal compromise, allowing to maximize the economic and social benefits of transport and minimize the concomitant environmental and economic costs.

The analysis of modern world tendencies related to the advancement of the urban transport environmental safety level allowed to single out three groups of mechanisms.

The mechanism of ensuring the environmental safety is understood as a complex of interconnected means and measures, aimed at achieving the environmental safety through regulation and monitoring of the respective activity.

Mechanisms of overcoming environmental dangers:

1. Technical and economic measures. These measures include a timely inspection and maintenance of transport means, use of environmentally friendly fuels, renovation of the rolling stock technical resource by means of repairing trolleybuses, reconstruction of traction substations and replacement of the worn-out equipment, elimination of the trolley lines emergency state; replacement of the inventory park of trolleybuses, service life of which is already over by means of buying used trolleybuses of foreign production, rate per kilometer / pricing policy; season tickets for employees (stimulating them to use bicycles or public transport to get to work); renewal of rolling stock with new trolleybuses of Ukrainian production; formation of new trolleybus routes, taking into account the development of new microdistricts of the city, etc.

2. Administrative measures. These include: the formation of institutions responsible for the sustainable development of the city transport (integrated management of the city and transport planning; public transport unions; stimulating citizens to establish non-governmental organizations), development, implementation and promotion of complex plans of sustainable urban mobility, communication strategy, and others.

3. Legislative measures are the norms, prescribed by the Ukrainian legislation, and other normative legal acts in this sphere.

Comparison of the variants of the environmental safety ensuring mechanisms is given in Table 1-5.

Table 1 – Rolling stock optimization on passenger routes

Variant (mechanism)	Technical and economic measures	Administrative measures	Legislative measures	W_{norm}^*
Technical and economic measures	1	2/4	3/6	0,18
Administrative measures	4/2	1	2/5	0,31
Legislative measures	6/3	5/2	1	0,50
Σ	5	4	1,9	1,00

$$\lambda_{\text{max}}^* = 5 \cdot 0,18 + 4 \cdot 0,31 + 1,9 \cdot 0,50 = 3,12$$

The condition is fulfilled $\lambda_{\text{max}}^* \geq n$, as $\lambda_{\text{max}}^* = 3,12 > 3$

Let us compute the consistency index:

$$I_y = \frac{\lambda_{\text{max}}^* - n}{n - 1} \leq 0,2$$

$$I_y = \frac{3,12 - 3}{2} = 0,06 < 0,2$$

According to the table, it can be argued that legislative measures are the most effective ones.

Table 2 – Control of the emissions reduction and other pollution

Variant (mechanism)	Technical and economic measures	Administrative measures	Legislative measures	W_{norm}^*
Technical and economic measures	1	6/2	6/3	0,54
Administrative measures	2/6	1	5/3	0,27
Legislative measures	3/6	3/5	1	0,19
Σ	1,8	4,6	4,7	1,0

$$\lambda_{\text{max}}^* = 1,8 \cdot 0,54 + 4,6 \cdot 0,27 + 4,7 \cdot 0,19 = 3,11$$

The condition is fulfilled $\lambda_{\text{max}}^* \geq n$, as $\lambda_{\text{max}}^* = 3,11 > 3$

Let us compute the consistency index:

$$I_y = \frac{\lambda_{\text{max}}^* - n}{n - 1} \leq 0,2$$

$$I_y = \frac{3,11 - 3}{2} = 0,06 < 0,2$$

According to the table, it can be argued that technological measures are the most effective ones.

Table 3 – Development and use of cheaper substitutes of resources

Variant (mechanism)	Technical and economic measures	Administrative measures	Legislative measures	W_{norm}^*
Technical and economic measures	1	6/2	2/5	0,39
Administrative measures	2/6	1	5/4	0,23
Legislative measures	5/2	4/5	1	0,38
Σ	3,8	4,8	2,65	1,0

$$\lambda_{\text{max}}^* = 3,8 \cdot 0,39 + 4,8 \cdot 0,23 + 2,65 \cdot 0,38 = 3,36$$

The condition is fulfilled $\lambda_{\text{max}}^* \geq n$, as $\lambda_{\text{max}}^* = 3,36 > 3$

Let us compute the consistency index:

$$I_y = \frac{\lambda_{\text{max}}^* - n}{n - 1} \leq 0,2$$

$$I_y = \frac{3,36 - 3}{2} = 0,058 < 0,18$$

According to the table, it can be argued that technological measures are the most effective ones.

Table 4 – Elimination of unpractical passenger transport routes

Variant (mechanism)	Technical and economic measures	Administrative measures	Legislative measures	W_{norm}^*
Technical and economic measures	1	7/4	5/3	0,40
Administrative measures	4/7	1	6/2	0,42
Legislative measures	3/5	2/6	1	0,18
Σ	2,17	3,08	5,6	1,0

$$\lambda_{\max}^* = 2,17 \cdot 0,4 + 3,08 \cdot 0,42 + 5,6 \cdot 0,18 = 3,17$$

The condition is fulfilled $\lambda_{\max}^* \geq n$, as $\lambda_{\max}^* = 3,17 > 3$

Let us compute the consistency index:

$$I_y = \frac{\lambda_{\max}^* - n}{n-1} \leq 0,2$$

$$I_y = \frac{3,17 - 3}{2} = 0,086 < 0,2$$

According to the table, it can be argued that technological measures are the most effective ones.

Table 5 – Effective coordination of the work of motor transport companies, passengers and the public

Variant (mechanism)	Technical and economic measures	Administrative measures	Legislative measures	W_{norm}^*
Technical and economic measures	1	2/4	6/3	0,32
Administrative measures	4/2	1	5/2	0,50
Legislative measures	3/6	2/5	1	0,17
Σ	3,5	1,9	5,5	1,0

$$\lambda_{\max}^* = 3,5 \cdot 0,32 + 1,9 \cdot 0,5 + 5,5 \cdot 0,17 = 3,04$$

The condition is fulfilled $\lambda_{\max}^* \geq n$, as $\lambda_{\max}^* = 3,04 > 3$

Let us compute the consistency index:

$$I_y = \frac{\lambda_{\max}^* - n}{n-1} \leq 0,2$$

$$I_y = \frac{3,04 - 3}{2} = 0,02 < 0,2$$

According to the table, it can be argued that administrative measures are the most effective ones.

Matrix for the determination of the most efficient variant (mechanism):

$$\begin{pmatrix} 0,18 & 0,54 & 0,39 & 0,40 & 0,32 \\ 0,31 & 0,27 & 0,23 & 0,42 & 0,50 \\ 0,50 & 0,19 & 0,38 & 0,18 & 0,17 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,13 \\ 0,49 \\ 0,08 \\ 0,22 \\ 0,06 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$X_{\text{technical and economic measures}} = 0,264$$

$$X_{\text{administrative measures}} = 0,3134$$

$$X_{\text{legislative measures}} = 0,2383$$

environment and securing the environmental safety, it becomes obvious that technical and economic measures have the highest score (0,264), i.e. are the most conducive to securing of the environmental safety from the negative impact of transport. Administrative measures received a lower score (0,3134), as such that have enough weight for the reduction of the impact on the environment, but their efficiency is much lower than the efficiency of social ones. Legislative measures received the lowest score (0,2383) in comparison with other factors and variants.

As technical and economic measures received the highest score the following main promising areas of the Kyiv transport system development were singled out according to the technical and economic mechanism:

- modernization of the transport infrastructure;
- refinement of the combined transportation development;

- creation of logistics centres and implementation of modern technologies, that will ensure their effective functioning;
 - improvement of the public transport;
- The purpose of these activities is:
- the enhancement of the traffic safety, the speed, comfort and economy of the transportation of passengers and goods by motor transport;
 - securing the highways network systematic development;
 - the improvement of technical characteristics, the increase of the competitive capacity of highways as regards ensuring transit traffic and motorcar tourism development;
 - the facilitation of the social and economic, and ecologically balanced development of the state.

Conclusions. The level of the state transport system development is one of the most important indicators of its technological progress and civilization. The need for a highly developed transport system is enhanced even more in the course of integration into the European and world economies, and the transport system becomes the basis for Ukraine's effective entry into the world community.

Kyiv transport system is represented by a large number of overground transport. It embraces dozens of buses, trolleybuses, trams, shuttling minibuses and a funicular.

Hierarchy analysis method consists in the problem decomposition into simpler components (statements) and their further processing at each hierarchical level with the help of paired comparisons.

Development of a sustainable transport policy of the city should direct the transport sector towards finding an optimal compromise, in which the economic and social benefits of transport are maximized and the concomitant environmental and economic costs are minimized. Thereby we can conclude from the abovementioned that in the course of forming the Kyiv transport system environmental safety concept the preference should be shown to technical and economic measures in the first place, but to achieve the highest level of the environmental safety a concept which consists of technical and economic, administrative, and legislative measures should be developed.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Макосій С. Д. «Зарубіжний досвід реалізації стратегії сталого розвитку». – К.: Одеський регіональний інститут державного управління, 2016. – Ст. 324-328.
2. Омаров – Шахін А. О. Науково-практичні аспекти впровадження концепції сталого розвитку: зарубіжний і вітчизняний досвід – К.: Вісник «Проблеми економіки» №4, 2014. – Ст. 61-67.
3. Сааті, Т.Л. (1989). Прийняття піднімається Метод аналізу ієрархій. [Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархії] [в Москві].
4. Цмех С. «Шляхи підвищення екологічної безпеки в автомобільній галузі». – К: Перша науково-практична онлайн конференція, 2016. – ст.. 17-19.
5. Бойко О. В., Дзуліт З. П. Сталый розвиток транспорту України. – К.: Науковий вісник НЛТУ України, 2013. – Вип. 23. 18
6. Богатов О. І., Попов В.М. «Шляхи підвищення екологічної безпеки в автомобільній галузі». – К.: Вісник ЛДУ БЖД №5, 2011. – Ст. 135 – 138.
7. Кашканов В. А., Устюшенко О.В. «Шляхи підвищення екологічної безпеки автомобільного транспорту». – К: Вінницький національний технічний університет, 2015.
8. Матейчик В.П. Розробка моделі функціонування системи «транспортний потік - дорога» / В.П.Матейчик, О.К. Гришук, М.П. Цюман, С.О. Никонович // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія, 2013. - Вип. 12. – с. 117-124.
9. Науковий твір «Математична модель програмного продукту «Інформаційно-аналітична система оцінювання забруднення придорожного середовища транспортними потоками» / М.Ф. Дмитриченко, М.М. Дмитрієв, В.П. Матейчик, В.О. Хрутьба, Г.О. Вайганг, З.І. Краснокутська, Л.І. Крюковська, М.П. Цюман, С.О. Никонович, К.В. Римарук // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 51832 від 21.10.2013.
10. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України – Режим доступу: <http://mtu.gov.ua/content/zagalna-informaciya-pro-galuz.html>
11. Офіційний сайт Держкомстату – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

12. Міський транспорт Києва на карті-схемі руху (автобуси, маршрутки, тролейбус, трамвай) // Режим доступу : <http://kievcity.gov.ua/>

REFERENCES

1. Makosiy, S. D. (2016). Zarubizhnyy dosvid realizatsiyi stratehiyi staloho rozvytku [Foreign experience in implementing a sustainable development strategy]. Odessa Regional Institute of Public Administration [in Ukrainian].
2. Omarov-Shakhin, A. O. (2014). Naukovo – praktychni aspekty vprovadzhennya kontseptsiyi staloho rozvytku: zarubizhnyy i vitchyznyanyy dosvid [Scientific - practical aspects of the implementation of the concept of sustainable development: foreign and domestic experience]. Visnyk «Problemy ekonomiky» [in Ukrainian].
3. Saaty, T.L. (1989). Pryynyattya rishen. Metod analiza iyerarkhiy [Making decisions. Hierarchy Analysis Method] [in Moscow].
4. Tsmekh, S. (2016). Shlyakhy pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky v avtomobilniy haluzi [Ways to improve environmental safety in the automotive industry]. The first scientifically-practical online conference [in Ukrainian].
5. Boyko, O. V. & Dvulit, Z. P. (2013). Stalyy rozvytok transportu Ukrayiny [Sustainable development of Ukraine's transport]. Scientific herald of NLTU [in Ukrainian].
6. Bohatov, O. I. & Popov, V.M. (2011). Shlyakhy pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky v avtomobilniy haluzi [Ways to improve environmental safety in the automotive industry]. Visnyk LDU BZHD [in Ukrainian].
7. Kashkanov, V. A. & Ustyushenko, O.V. (2015). Shlyakhy pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky avtomobilnoho transport [Ways to improve the environmental safety of road transport]. Vinnitsa National Technical University [in Ukrainian].
8. Mateychyk, V.P., Hryshchuk, O.K., Tsyuman, M.P. & Nykonovych, S.O. (2013) Upravlinnya proektamy, systemnyy analiz i lohistyka [Project Management, System Analysis and Logistics]. Visnyk NTU [in Ukrainian].
9. Dmytrychenko, M.F., Dmytriyev, M.M., Mateychyk, V.P., Khrutba, V.O., Weigang, G.O., Krasnokutska, Z.I, et al (2013). Naukovyy tvir «Matematychna model prohramnoho produktu «Informatsiyno-analitychna systema otsinyuvannya zabrudnennya prydorozhnoho seredovyscha transportnyy potokamy» [Scientific product "Mathematical model of the software product" Information and analytical system of road pollution pollution by traffic flows]. NTU [in Ukrainian].
10. Ofitsiynyy sayt Ministerstva infrastruktury Ukrayiny [site of the Ministry of Infrastructure of Ukraine]. Retrived from <http://mtu.gov.ua/content/zagalna-informaciya-pro-galuz.html> . [in Ukrainian].
11. Ofitsiynyy sayt Derzhkomstatu [site of the State Statistics Committee]. Retrived from <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
12. Misky transport Kyeva na karti-skhemі rukhu (avtobusy, marshrutky, troleybus, tramvay) [Kyiv city transport on the map-scheme of movement (buses, minibuses, trolleybus, tram)] Retrived from <http://kievcity.gov.ua/> [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Хрутьба В.О. Формування концепції екологічної безпеки транспортної системи м. Києва / В.О. Хрутьба, О.В. Спасіченко, Л.М. Старинець // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

Ринок транспортних послуг – один з найдинамічніших у світі. Зростання економіки супроводжується бурхливим зростанням ринку транспортних, експедиторських і логістичних послуг. Зміни в економіці України поки що неминучі, і, перш за все, необхідна термінова модернізація і будівництво транспортно-логістичної інфраструктури.

Зважаючи на те, що транспортна система України ще не відповідає стандартам і вимогам ЄС і відзначається істотним відставанням щодо інфраструктури, обладнання й норм діяльності, об'єктивним потрібно визнати, що в країні нині виникає необхідність вирішення сукупності питань щодо нарощення та раціонального використання транспортного потенціалу на засадах сталого

розвитку та оцінки рівня екологічної безпеки, як одного з основ сталого розвитку транспорту.

Київ має розвинену транспортну інфраструктуру, яку складають автомобільні дороги, залізниця, водні шляхи сполучення та мости. Один тільки перелік типів транспорту, які на сьогодні функціонують у місті, свідчить про складність та багатогранність транспортної мережі Києва. Використовуючи певний вид транспорту можна швидко дістатися будь-якого кінця міста. Це свідчить про високорозвинену транспортну розв'язку. Проте транспортний сектор сить суттєве антропогенне навантаження на навколишнє середовище. Тому з метою підвищення ефективності функціонування транспортного комплексу, забезпечення високої якості та швидкості обслуговування внутрішніх, зовнішніх та транзитних перевезень, інтеграції регіону в європейську транспортну систему, забезпечення високого рівня екологічної безпеки необхідно визначити, які механізми підвищення рівня екологічної безпеки на транспорті є найоптимальнішими і найефективнішими.

Опрацювавши сучасні світові тенденції підвищення рівня екологічної безпеки міського транспорту було виділено три групи механізмів, а саме: техніко-економічні заходи, адміністративні заходи, законодавчі заходи.

Застосувавши МАІ було визначено, що техніко-економічні заходи мають найбільшу оцінку (0,4264), тобто є найбільш сприятливими для забезпечення екологічної безпеки від негативного впливу транспорту. Меншу оцінку отримали адміністративні заходи (0,3134), які мають достатню вагу для зменшення впливу на навколишнє середовище, але їх ефективність набагато менша за ефективність соціальних. Найменшу ж оцінку у порівнянні з іншими факторами та варіантами мають законодавчі заходи (0,2383).

Проте, з огляду на вище описане, розробка стійкої транспортної політики міста повинна орієнтувати транспортний сектор на знаходження оптимального компромісу, при якому б максимізувалися економічні та соціальні вигоди транспорту і мінімізувалися пов'язані з ним екологічні та економічні витрати.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ.

ABSTRACT

Khrutba V.O., Spasichenko O.V., Starynets L.M. The Formation of the Kyiv Transport System Environmental Safety. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The transport services market is one of the most dynamic markets in the world. The growth of economy is accompanied by a rapid growth of the market of transport, forwarding and logistics services. In the meanwhile the changes in the Ukrainian economy are inevitable and an urgent modernization and construction of the transport and logistics infrastructure are required in the first place.

Considering that the transport system of Ukraine still does not comply with the EU standards and requirements and is characterized by a substantial retardation in terms of infrastructure, equipment and operating standards, one can acknowledge objectively that at present a necessity has arisen in the country to resolve a number of problems concerning the growth and rational use of the transport potential on the principles of sustainable development and assessment of the environmental safety level as one of the bases of a sustainable development of transport.

Kyiv has a developed transport infrastructure, which comprises motorways, railways, waterways and bridges. The list of transport means, currently operating in the city, alone demonstrates the complexity and versatility of the Kyiv transport network. Using a certain means of transport one can easily get to any part of the city. This demonstrates a highly developed traffic interchange. However, the transport sector is exerting a significant man-induced burden on the environment. Therefore, in order to improve the effectiveness of the transport complex, to ensure high quality and speed of servicing the internal, external and transit traffic, integration of the region into the European transport system, and to ensure a high level of environmental safety, it is necessary to determine which mechanisms of raising the level of environmental safety in transport are the most optimal and effective.

The analysis of modern world tendencies related to the advancement of the urban transport environmental safety level allowed to single out three groups of mechanisms, namely: technical and economic measures, administrative measures, legislative measures.

The application of the Hierarchy Analysis Method made it possible to determine that technical and economic measures have the highest score (0,4264), that is, they are the most favourable for ensuring environmental safety from the negative impact of transport. A lower score (0,3134) was received by administrative measures, which are of sufficient importance in reduction of the impact on the environment, but their effectiveness is far less than that of social ones. Legislative measures received the lowest score (0,2383) compared with other factors and variants.

However, taking into account the abovementioned, the development of a sustainable transport policy of the city should direct the transport sector towards finding an optimal compromise, in which the economic and social benefits of transport are maximized and the concomitant environmental and economic costs are minimized.

KEY WORDS: TRANSPORT SYSTEM, ENVIRONMENTAL SAFETY, HIERARCHY ANALYSIS METHOD.

РЕФЕРАТ

Хрутьба В.А. Формирование концепции экологической безопасности транспортной системы г. Киева / В.А. Хрутьба, О.В. Спасиченко, Л.Н. Старинец // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

Рынок транспортных услуг – один из самых динамичных в мире. Рост экономики сопровождается бурным ростом рынка транспортных, экспедиторских и логистических услуг. Изменения в экономике Украины пока неизбежны, и, прежде всего, необходима срочная модернизация и строительство транспортно-логистической инфраструктуры

Несмотря на то, что транспортная система Украины еще не соответствует стандартам и требованиям ЕС и отмечается существенным отставанием относительно инфраструктуры, оборудования и норм деятельности, объективным нужно признать, что в стране сейчас возникает необходимость решения совокупности вопросов по наращиванию и рационального использования транспортного потенциала на принципах устойчивого развития и оценки уровня экологической безопасности, как одного из основ устойчивого развития транспорта.

Киев имеет развитую транспортную инфраструктуру, которую составляют автомобильные дороги, железная дорога, водные пути сообщения и мосты, один только перечень типов транспорта, которые сегодня функционируют в городе, свидетельствует о сложности и многогранности транспортной сети Киева. Используя определенный вид транспорта можно быстро добраться любого конца города. Это свидетельствует о высокоразвитой транспортную развязку. Однако транспортный сектор посинения существенное антропогенная нагрузка на окружающую среду. Поэтому с целью повышения эффективности функционирования транспортного комплекса, обеспечения высокого качества и скорости обслуживания внутренних, внешних и транзитных перевозок, интеграции региона в европейскую транспортную систему, обеспечение высокого уровня экологической безопасности необходимо необходимо определить, какие механизмы повышения уровня экологической безопасности на транспорте является оптимальными и эффективными.

Проработав современные мировые тенденции повышения уровня экологической безопасности городского транспорта было выделено три группы механизмов, а именно: технико-экономические меры, административные меры, законодательные меры.

Применив МАИ было определено, что технико-экономические мероприятия имеют наибольшую оценку (0,4264), то есть наиболее благоприятными для обеспечения экологической безопасности от негативного воздействия транспорта. Меньшую оценку получили административные меры (0,3134), которые имеют достаточный вес для уменьшения влияния на окружающую среду, но их эффективность гораздо меньше эффективность социальных. Наименьшую же оценку по сравнению с другими факторами и вариантами имеют законодательные меры (0,2383).

Однако, учитывая выше описанное, разработка устойчивой транспортной политики города должна ориентировать транспортный сектор на нахождение оптимального компромисса, при котором

бы максимизировались экономические и социальные выгоды транспорта и минимизировались связанные с ним экологические и экономические издержки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ.

AUTHORS:

Khrutba Viktoriia Oleksandrivna, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Ecology and Life Safety, e-mail: hrutba@mail.ru, tel.+380992621097, postal address: 1 Omelianovycha-Pavlenka Str., Apt. 312, Kyiv, Ukraine, 01010, orcid.org/0000-0002-8121-2042

Spasichenko Oksana Viktorivna, a postgraduate student of the Department of Ecology and Life Safety, e-mail: Ksuxa14@meta.ua, tel. +380673395642, postal address: 1 Omelianovycha-Pavlenka Str., Apt. 312, Kyiv, Ukraine, 01010, orcid.org/0000-0002-7809-6765

Starinets Lyudmyla Mukolaivna, a student of the National Transport University, e-mail: lyud328@gmail.com, tel. +380964594560, postal address: 1 Omelianovycha-Pavlenka Str., Apt. 312, Kyiv, Ukraine, 01010, orcid.org/0000-0002-0430-5781

АВТОРИ:

Хрутьба Вікторія Олександрівна, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри екології і безпеки життєдіяльності, e-mail: victoria.khrutba@gmail.com, тел.: +380992621097, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 31, orcid.org/0000-0002-8121-2042.

Спасиченко Оксана Вікторівна, аспірант кафедри «Екологія та безпека життєдіяльності», e-mail: Ksuxa14@meta.ua, тел. +380673395642 Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к. 312, orcid.org/0000-0002-8121-2042

Старинець Людмила Миколаївна, студентка Національного транспортного університету, кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: lyud328@gmail.com, tel. +38 096-459-45-60, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1, к. 31, orcid.org/0000-0002-0430-5781

АВТОРЫ:

Хрутьба Виктория Александровна, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: victoria.khrutba@gmail.com, тел. + 38 099-262-10-97, Украина, 01010, г. Киев, ул. Емельяновича-Павленко 1, к. 31 orcid.org/0000-0002-8121-2042.

Спасиченко Оксана Викторовна, аспирант кафедры экология и безопасность жизнедеятельности, e-mail: Ksuxa14@meta.ua, тел. +38 067-339,56-42 Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Емельянович-Павленко 1, к. 312, orcid.org/0000-0002-8121-2042

Старинець Людмила Николаевна, студентка Национального транспортного университета, кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: lyud328@gmail.com, tel. +38 096-459-45-60, Украина, 01010, г. Киев, ул. Емельяновича-Павленко 1, к. 31 orcid.org/0000-0002-0430-5781

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Алькама В.Г., доктор економічних наук, завідувач кафедри управлінських технологій Університету економіки та права «КРОК», Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Alkema V. H., Doctor of Economics, Head of the Department of Management Technologies of the "KROK" University of Economy and Law, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, professor of the ecology and life safety department, Kyiv, Ukraine.

UDK 621.3.019.32
UDK 621.3.019.32

WPLYW WAD STREFY PODPOWIERZCHNIOWEJ "BLECHMANTEL" I STRUKTURY
METALOGRAFICZNEJ ŻELIWA NA WARTOŚĆ ZUŻYCIA TRIBOLOGICZNEGO
I SKŁONNOŚĆ DO ZATARCIA GŁADZI CYLINDROWYCH SILNIKA WYSOKOPRĘŻNEGO

WOŚ Paweł, Dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, pwos@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0003-2730-3258

MICHALSKI Jacek, Dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, jmichals@prz.edu.pl

INFLUENCE OF DEFECTS LAYER SUBSURFACE "BLECHMANTEL" AND
METALLOGRAPHIC STRUCTURE CAST IRON ON VALUE WEAR TRIBOLOGICAL AND
TENDENCY TO SCUFFING SMOOTHING A CYLINDERS OF A DIESEL ENGINE

WOŚ Paweł, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, pwos@prz.edu.pl,
orcid.org/0000-0003-2730-3258

MICHALSKI Jacek, Doctor of Technical Science, Rzeszow University of Technology, Rzeszow,
Poland, jmichals@prz.edu.pl

ВПЛИВ ДЕФЕКТІВ ШАРУ ПІДПОВЕРХНЕВОГО "BLECHMANTEL"
І МЕТАЛОГРАФІЧНОЇ СТРУКТУРИ ЧАВУНУ НА ВАРТІСТЬ ТРИБОЛОГІЧНОГО ЗНОСУ
І ТЕНДЕНЦІЮ ДО ЗГЛАДЖУВАННЯ ПОВЕРХНІ ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

ВОШ Павел; кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща,
pwos@prz.edu.pl, orcid.org/0000-0003-2730-3258

МІХАЛЬСКИ Яцек, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща,
jmichals@prz.edu.pl

WSTĘP

Silniki spalinowe tłokowe pomimo swojej ponad stuletniej historii nadal pozostają i prawdopodobnie pozostaną na najbliższe dziesięciolecia podstawową jednostką napędową środków transportu i maszyn roboczych [2]. Dla współczesnych konstrukcji silników spalinowych nowe kierunki rozwoju wyznaczają wymagania: środowiskowe z zakresie emisji składników toksycznych i dwutlenku węgla, zużycia paliwa i oleju silnikowego, źródeł energii, bezpieczeństwa, atrakcyjności handlowej, kosztów wytwarzania i kosztów eksploatacji, wysokich osiągnięć - głównie w zakresie mocy i momentu obrotowego, strat energii, niezawodności i trwałości elementów grupy tłokowo-cylindrowej (tłok-pierścienie tłokowe-cylinder/tuleja cylindrowa). Nastąpił rozwój materiałów stosowanych na cylindry oraz rozwój technologii kształtujących strukturę geometryczną gładzi cylindrowych. Cechą charakterystyczną gładzenia ośkami ściernymi w porównaniu z ośkami z warstwą diamentową jest większa powtarzalność parametrów amplitudowych stereometrii powierzchni (SPa, SPq, SPt, SPsk i SPku) [12]. Z kolei ośki z diamentami kruchymi w porównaniu z ośkami z węgla krzemowego i korundu krystalicznego umożliwiają obróbkę cylindrów o większej powtarzalności na całej powierzchni pod względem wysokości szczytów WS oraz głębokości WR i szerokości rys gładzenia SR.

Konstrukcyjne silników spalinowych wymagają od tulei cylindrowych spełnienia ściśle określonych kryteriów w zakresie: przeniesienia zwiększonych obciążeń mechaniczno-termicznych, przy zachowaniu stałości kształtu otworu w zakresie wymiaru, makrogeometrii i mikrogeometrii, dużej odporności na zużycie ścierne i korozyjne oraz braku skłonności do zacierania się, dobrej zdolności do tłumienia drgań i związanej z tym odporności na zjawiska kawitacji, dobrej przewodności cieplnej jak i możliwości zmniejszenia masy i gabarytów.

Producenci zwrócili uwagę na zdolność technologiczną nowych gatunków materiałów, w tym zwłaszcza żeliw w procesie ich odlewania, oraz zdolność technologiczną uzyskania makrokształtu i mikrokształtu otworu.

ANALIZA LITERATURY

Przykłady nowej generacji silników samochodowych, ze szczególnym uwzględnieniem silników

z blokami cylindrów w żeliwie zawarto w publikacji [8]. Omówiono nowe gatunki żeliwa, o wysokiej wytrzymałości, szare i wermikularne oraz ich właściwości. Dokonano przeglądu rozwoju procesu wytwarzania złożonych i lekkich bloków cylindrów, z innowacjami dla przemysłu odlewniczego.

Układy tribologiczne grupy tłokowo-cylindrowej to: tłok-cylinder, tłok-pierścienie tłokowe, pierścienie tłokowe-cylinder i tuleja cylindrowa-blok. Na cechy użytkowe (funkcjonalne) cylindra silnika spalinowego składa się materiał i jego właściwości mechaniczne, struktura, skład chemiczny oraz w dalszej kolejności to makroształt otworu (okrągłość, prostoliniowość, walcowość, współosiowość) jak i mikrogeometria otworu - czyli struktura geometryczna powierzchni (chropowatość, falistość, mikrofalistość, topografia, czystość powierzchni i skazy) [22].

Konstrukcyjnie najczęściej: blok monolityczny jest żeliwny lub ze stopu aluminium, wciskane, zaciskane lub zalewane (wbudowane) tuleje cylindrowe żeliwne oraz tuleje żeliwne z pokryciem (galwanicznym, termicznym np. Ni, Cr, NiSi, FeCr, FeCrMo, SiCrFe, CrFeC, B₄C, TiB₂, SiC, TiC, SiO₂, ZrO₂), tuleje stalowe i tuleje stalowe obrabiane cieplno-chemicznie, tuleje ze stopów aluminium z wbudowanymi kryształami krzemu lub z pokryciem (galwanicznym, termicznym) oraz tuleje z kompozytów [21, 18]. Wysokojakościowe modyfikowane żeliwa podeutektyczne na cylindry silników do ciężkich pojazdów są z zawartością pierwiastków stopowych Mo, Cu, Ni, Cr i Mn. Właściwości mechaniczne żeliwa silnie zależą od mikrostruktury i morfologii grafitu [3]. Obniżona zawartość grafitu zwiększa wytrzymałość na rozciąganie i zmęczenie. Zarówno struktura eutektyki fosforowej jak i drobne jej wydzielienia, skutecznie poprawiają właściwości zmęczeniowe. Wytrzymałość na rozciąganie i zmęczenie, żeliwa szarego tej samej klasy różnią się od odlewni, wynika to z niejednorodności materiału. Tlen w ciekłym żeliwie ma silny wpływ na kształtowanie się struktury żeliwa, szczególnie morfologii grafitu, oraz powstawanie wad typu skurczowego [1]. Istotne znaczenie ma ta część tlenu, która pozostaje aktywna w kąpieli w pobliżu temperatury krzepnięcia. Poprawna jego zawartość w żeliwie szarym wynosi 300-1500 ppm. Poziom, w ciekłym żeliwie, azotu 40-90 ppm sprzyja powstawaniu perlitu, poprawia twardość i wytrzymałość. Ze względu na nakłucia, graniczna zawartość azotu w żeliwie szarym to 100 ppm. Zwykle utrzymuje się azot w masie formierskiej i rdzeniowej poniżej 0.01%. Z kolei wodór w ciekłym metalu stwarza zagrożenie powstania pęcherzy (wad typu gazowego) w odlewach. Cylindry silników spalinowych mają także grafit krętkowy (robaczkowy, zwarty, wermikularny) lub grafit sferoidalny (kulkowy) [20]. Strukturą osnowy żeliwa to: perlit, ferryt, bainit i martenzyt. Jest kilka odmiennych procesów hartowania żeliwa z przemianą izotermiczną: ADI, DADI, AADI, AVCI i AGI. Zdolność technologiczna kształtowania wytrzymałości na rozciąganie R_m żeliwa standardowego w procesie odlewania odśrodkowego metodą wirującej formy wynosi C_p=1,38 i C_{pk}=1,16 [7]. Jest ona mniejsza dla odlewów żeliwnych z dodatkiem Mo i Cu, gdyż wynosi C_p=1,20-1,29, C_{pk}=0,98-1,04. Oznacza to, że odlewanie tulei żeliwnych z dodatkiem Mo i Cu nie jest uregulowany statystycznie. Analogiczne odlewanie tulei żeliwnych z udziałem azotu jest uregulowane statystycznie, gdyż C_{pk}=1,16.

Tabela 1. – Charakterystyka silnika wysokoprężnego 1,6D Turbo
Table 1. – Characteristics of the 1.6D Turbo diesel engine

Wielkości charakterystyczne	Wartość
Średnica cylindra:	76,5 mm
Skok tłoka:	86,4 mm
Pojemność skokowa:	1,580 dm ³
Stopień sprężania:	23,0
Ciśnienie sprężania: - standardowe, - minimalne, - maksymalna różnica ciśnienia między cylindrami.	3,4 MPa 2,6 MPa 0,5 MPa
Moc przy 4500 obr/min:	51 kW (70 KM)
Maksymalny moment obrotowy osiągany od 2500 obrotów na minutę:	133 Nm

Tabela 2. – Dokładność wymiarów i kształtu cylindrów oraz szacowane wartości zużycia tribologicznego promieniowego

Table 2. – Accuracy of cylinders dimensions and shape and estimated values of radial tribological wear

Wyszczególnienie	Cylinder 1	Cylinder 2	Cylinder 3	Cylinder 4
Średnia średnica cylindra, mm	76,520	76,519	76,521	76,524
Różnica maksymalnej i minimalnej średnicy, mm	0,040	0,042	0,049	0,049
Średnia odchyłka okrągłości na wysokości 22, 63, 103 mm, LSC, filtr GS, 1-3 f/obr, mm	0,0170	0,0149	0,0170	0,0188
Średnia odchyłka makrofalistości na wysokości 22, 63, 103 mm, LSC, filtr GS 3-15, f/obr, mm	0	0	0	0
Średnia odchyłka mikrofalistości na wysokości 22, 63, 103 mm, LSC, filtr GS, 15-500 f/obr, mm	0,019	0,020	0,019	0,022
Średnia odchyłka prostoliniowości dla tworzących a4, b3, c1, d2, metoda LSC, mm	0,0675	0,0738	0,0788	0,0625
Średnia odchyłka walcowości LSC, strategia przekrojów poprzecznych 22, 63, 103 mm, mm	0,020	0,021	0,019	0,024
Wysokość profilu chropowatości powierzchni gładzonej Ra, płaszczyzna d2, l7=130 mm (FSO 0,5-0,7 μm , RVI max 1,4 μm , Volvo 0,8-1,2 μm), μm	0,67	0,60	0,58	0,83
Udział materiałowy profilu na wysokości 2 μm od Mr=5% (Volvo min. 70%, Goetze 55-75%), %	57-63	58-70	73-86	20-39
Kąt gładzenia (Goetze 40°-65°), °	60	60	55	50
Średni odstęp rys (Goetze 200-300 μm), μm	102	110	124	94
Średnia szerokość rys (Goetze 30-75 μm), μm	35	30	36	25
Wysokość rys smarowych (Goetze 7-10 μm), μm	4	4	5	5
Wysokość rys gładzenia na powierzchni nośnej, μm	1	1	1	1
Liczba zliczeń wierzchołków na cal na głębokości 2 μm (Perkins 122-240), wierzchołki/cal	135	130	140	100
Liczba wierzchołków na głębokości 5 μm poniżej linii odniesienia o nośności 20% (Perkins > 0), -	25	18	21	0
Poziom wysokości profilu przed linią odniesienia 20% na której występuje Mr=1% (Perkins 0,5-2,0 μm), μm	1,9	2,4	1,4	2,6
Poziom wysokości profilu poniżej Mr=20% na której występuje Mr=80% (Volvo 1,05-2,5 μm), μm	1,5	1,4	1,3	1,4
Pojemność olejowa dla Mr=70% (Volvo 0,025-0,070 mm ³ /cm ²), mm ³ /cm ²	0,026	0,021	0,020	0,018
Średnia wysokość progu zużycia z płaszczyzn c1, d2, b3, a4, μm	22,8	20,3	19,6	13,1
Zużycie tribologiczne, zmiana parametru R _{tm} , μm	3,45	3,44	3,49	3,55
Zużycie tribologiczne określone zmianą parametru R dla Mr=90% z krzywej Abbotta Firestone, μm	4,0	3,9	3,9	3,6
Zużycie tribologiczne określone zmianą parametru R dla PC=75 wierzchołków/cal, μm	3,7	4,0	3,8	4,0

Samosmarujące działanie żeliwa szarego wynika głównie z obecności płatków grafitowych w mikrostrukturze, w której w stanie poślizgowym cząstki grafitu są zużywane, a pozostałości grafitu trafiają na oleju silnikowego lub pozostają na powierzchni [17]. Ten mechanizm tworzenia filmu smarującego; wpływa na charakterystykę zużycia systemu TPC oraz zmniejsza tarcie i określa szybkość zużycia. Ponadto proces smarowania grafitem, pomiędzy powierzchniami ślizgowymi powoduje również zmniejszenie ryzyka porysowania i zatarcia. Cząstki grafitu powinny pozostawać otwarte na powierzchniach ślizgowych, aby

Tabela 3 – Skład chemiczny żeliwa szarego monobloku silnika 1.6D Turbo
Table 3 – Chemical composition of cast iron of 1.6D Turbo monoblock

Zawartość pierwiastków, % wagowo								
C	Si	Mn	Cr	Cu	Ti	Mo	P	S
3,31	1,87	0,80	0,22	0,25	0,04	0,015	0,031	0,09

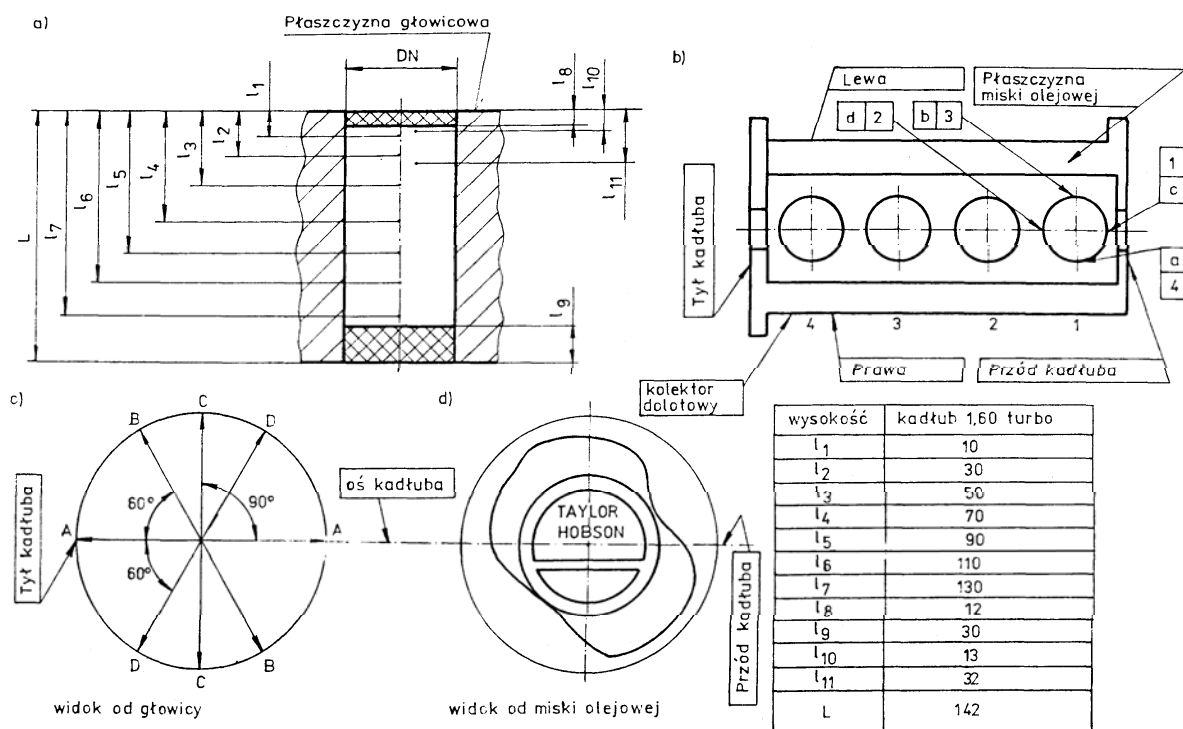
Tabela 4 – Określenie mikrostruktury cylindrów - warstwa podpowierzchniowa, według PN-75/H-04661

Table 4 – Determination of cylinder microstructure - subsurface layer, according to PN-75 / H-04661

Ocena grafitu i osnowy	Cylinder 1, 2, 3	Cylinder 4
1. Górna część cylindra: Kształt wydzieleń grafitu: Wielkość wydzieleń grafitu: Rozmieszczenie wydzieleń grafitu: Udział perlitu: Twardość HB:	Gf1, Gf2 Gw 45-90, Gw 25 w rozetach Gr 1, Gr 5 (rozetkowe) P 185-193	Gf 2 Gw 45-90 Gr 2 P 202-206
2. Środek wysokości cylindra: Kształt wydzieleń grafitu: Wielkość wydzieleń grafitu: Rozmieszczenie wydzieleń grafitu: Udział perlitu: Twardość HB:	Gf 2 Gw 45-90, Gw 25 rozety Gr 2, Gr 6, Gr5 (rozetkowe) P 185-193	Gf 2 Gw 45-90 Gr 2 P 202-206
3. Dolna część cylindra: Kształt wydzieleń grafitu: Wielkość wydzieleń grafitu: Rozmieszczenie wydzieleń grafitu: Udział perlitu: Twardość HB:	Gf2 Gw 45-90, Gw 25 w rozetach Gr 2, Gr 5 (rozetkowe) P96/F4 185-193	Gf 2 Gw 45-90 Gr 2 P 202-206

uniknąć zacierania, szczególnie w warunkach ograniczonego lub słabego smarowania ślizgowego. Jednak duża część płatków grafitu jest zamknięta w wyniku dużych deformacji matrycy spowodowanych zarówno przez mechanizmy ścierne jak i adhezyjne [6]. Badania wykazały wpływ struktury metalograficznej i orientacji grafitu, na zużycie cierne i znaczną zmienność współczynnika tarcia wzdłuż obszarów zawierających grafit [11]. Zużycie ścierne spowodowane przez twarde zanieczyszczenia cząstkami stałymi (drobinami), jest jedną z głównych przyczyn uszkodzeń krytycznych i awarii silników. Pojedyncza duża cząstka stała może prowadzić bezpośrednio do awarii systemu, podczas gdy małe cząstki mogą powodować ciągłe podwyższone zużycie [4]. Dlatego też, poza teksturą powierzchni materiałów, należy zachować szczególną ostrożność, aby zapewnić stałe kontrolowanie krytycznych czynników, takich jak czystość paliwa i oleju [9]. Ponadto bardziej prawdopodobne jest zacieranie w obszarze zwrotu zewnętrznego komory spalania, gdzie zarówno przyczepność, jak i ścieranie powodują poważne odkształcenie plastyczne struktury metalograficznej materiału cylindra. Występuje w tym obszarze dramatyczny wzrost tarcia [24], z powodu braku smaru i pokrycia zanieczyszczeniami dużej części grafitowych płatków. Cząstki ścierne w procesie tarcia/pracy tulei cylindrowej z żeliwa szarego, mogą wytwarzać głębokie zadrapania przy silnym zniekształceniu matrycy, co skutkuje zamknięciem na powierzchni warstwy grafitu i tym samym pogarsza odporność na ścieranie [6].

Zużycie cylindra podczas 21 godzinowego testu w warunkach zwiększonego zapylenia powietrza jest bardzo silnie skorelowane z największą wysokością profilu chropowatości powierzchni Rp [13]. Parametry Rv i Rp mają interpretacja odpowiednich pól wykresu udziału materiałowego Abbotta Firestone. Istnieje możliwość modelowania wpływu topografii powierzchni na wartość zużycia ciernego cylindra [16].



Rysunek 1 – Schemat pomiaru cylindrów w kałdubie silnika wysokoprężnego 1.6D Turbo. Oznaczenia: a) wysokość dokonanych pomiarów, b) położenie tworzących cylindrów dla pomiaru chropowatości powierzchni i zarysu przekroju wzdłużnego, c) płaszczyzny pomiaru średnic cylindrów, d) wzajemne ustawienie kątowny kałduba silnika i wykresu odchyłków kształtu cylindrów

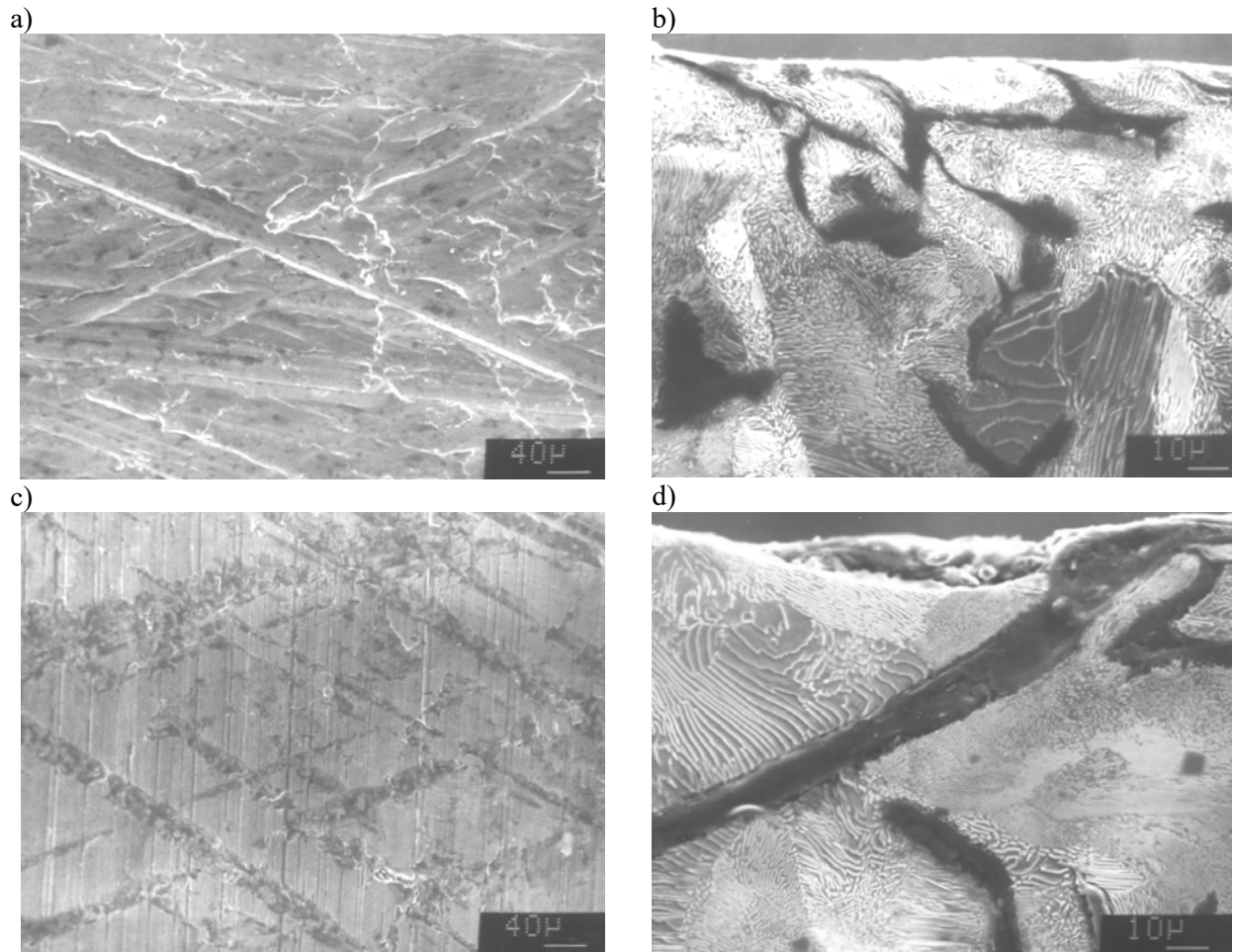
Figure 1 – Cylinder measurement scheme for the 1.6D Turbo Diesel engine. Markings: a) height of measurements, b) location of cylinders for measuring surface roughness and profile of longitudinal section, c) measurement plane of cylinder diameters, d) mutual angle setting of engine block and cylinder shape deviation diagram

Na podstawie literatury stwierdzono istnienie wpływu morfologii wydzielen grafitu na rodzaj zużycia tribologicznego gładzi cylindra silników wysokoprężnych. Dla wielkości wydzielen grafitu 15 μm (Gw15) przy rozłożeniu międzydendrytycznym stwierdzono, wyrwania materiału gładzi cylindra. W przypadku wydzielenia grafitu o wielkości od 31 μm do 60 μm (Gw45) rozłożonego w osnowie perlitycznej równomiernie lub nierównomiernie zużycie gładzi jest łagodne ściernie. Z kolei wydzielenia grafitu płatkowego o długości od 61 μm do 120 μm (Gw90), mające dużą grubość, ustawione równolegle lub pod niewielkim kątem do powierzchni gładzi, powodują na mostkach osnowy perlitycznej, pomiędzy zakończeniami grafitu a powierzchnią gładzi, rozwój zmęczeniowego niszczenia materiału, co skutkuje tworzeniem się dużych wyrwań. Badania dotyczyły silników wysokoprężnych eksploatowanych w europejskich samochodach osobowych.

WARUNKI BADAŃ

Badaniom poddano silnik Diesla 1.6D Turbo czterosuwowy, rzędowy, czterocylindrowy, chłodzony cieczą, o zapłonie samoczynny z turbosprężarką oraz wtryskiem pośrednim paliwa do komory wirowej (Ricardo Comet Mark V), mający wałek rozrządu w głowicy. Charakterystykę silnika zamieszczono w tabeli 1. Silnik był poddany badaniom eksploatacyjnym drogowym w warunkach normalnych w samochodzie Polonez, który był wyprodukowany przez Fabrykę Samochodów Osobowych w Warszawie. Przebieg samochodu był niewielki i wynosił 5762 km.

Dokładność wymiaru i kształtu kałduba i jego cylindrów określono przemysłową współrzędnościową maszyną pomiarową FN1106 Mitutoyo. Maszyna miała głowicę przełączającą z przetwornikiem elektrostatycznym, głowicę przegubową i trzpień pomiarowy kulisty o średnicy 2 mm. Siłę docisku trzpienia pomiarowego w przetworniku elektrostatycznym TP2 każdorazowo regulowano do wartości 0.1 ± 0.01 N.

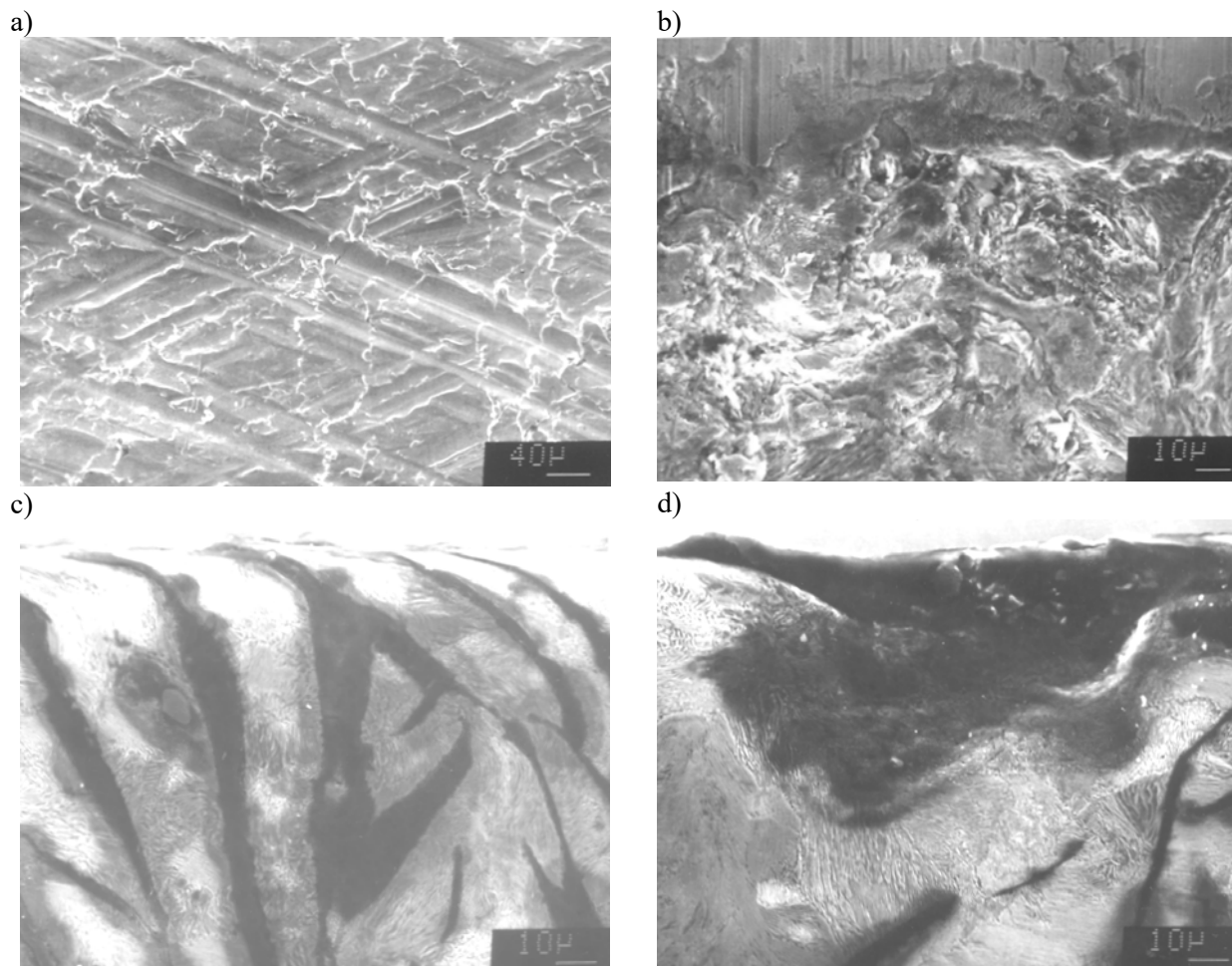


Rysunek 2 – Stan powierzchni (a, c) i strefy podpowierzchniowej (b, d) cylindra 1 po gładzeniu (a, b, płaszczyzna d2, głębokość l7=130 mm, głębokość odkształcenia plastycznego 10 μm) i cylindra po eksploatacji (c, d, płaszczyzna b3, głębokość l10=13 mm)

Figure 2 – Surface condition (a, c) and subsurface area (b, d) of cylinder 1 after honing (a, b, plane d2, depth l7 = 130 mm, plastic deformation depth 10 μm) and cylinder after operation (c, d, plane b3, depth l10 = 13 mm)

Dokonano także pomiarów średnicy cylindrów średnicówką mikrometryczną Compac Genewa o promieniu trzpieni kulistych 8 mm. Średnice cylindrów mierzono w przekrojach A-A, B-B, C-C, D-D na wysokościach od l1 do l11 (rys. 1). Odchyłki kształtu okrągłości, makrookrągłości, mikrofalistości, prostoliniowości, walcowości mierzono maszyną Taylor Hobson Talyrond 3 PC. Wyznaczono odchyłki promieniowe strategią przekrojów poprzecznych oraz przekrojów wzdłużnych, metodą najmniejszych kwadratów LSC. Stosowano filtr Gaussa, analizowano pomiary o liczbie fal na obrót 1-3, 3-15, 15-500 f/obr (upr - undulation per revolution, ISO 12180-1, ISO 12180-2). Odchylenia promieniowe zarysów poprzecznych cylindrów wyznaczano na wysokościach l1-l11 od płaszczyzny płyty górnej kadłuba. Pomiary zarys przekroju wzdłużnego przeprowadzono wzdłuż tworzących cylindrów które oznaczono a4, b3, c1 i d2. Kadłub silnika spoczywał na odpowiednio zamocowanej głowicy silnika, natomiast pomiary przeprowadzano od strony miski olejowej.

Parametry chropowatości powierzchni cylindrów wyznaczono ze zmierzonych profili wzdłuż tworzących cylindrów a4, b3, c1, d2 na odpowiednich wysokościach. Odcinek pomiarowy wynosił 4 mm i 12.5 mm, w analizach nie używano filtrów profilu. Pomiar przeprowadzano profilometrem Taylor Hobson



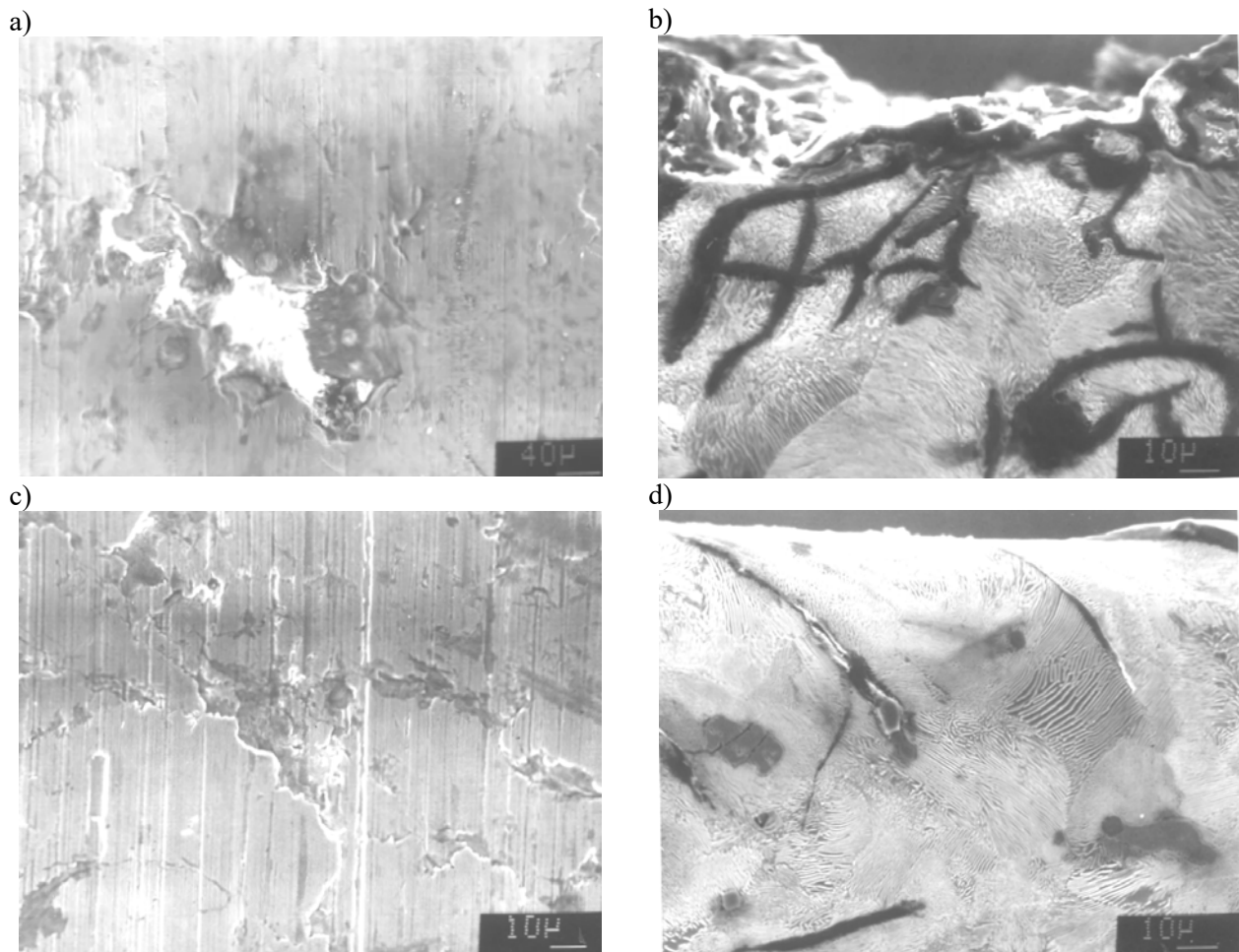
Rysunek 3– Powierzchni (a, b) i strefy podpowierzchniowej (c, d) cylindra 4 po gładzeniu: (a, c, płaszczyzna d2, głębokość l1=130 mm, głębokość odkształcenia plastycznego 20 μm i silne pocienienie płatków grafitu), warstwa powierzchniowa cylindra po eksploatacji (b, d, płaszczyzna b3, głębokość l10=13 mm, zużycie ściernie i adhezyjne, wyrwanie osnowy metalowej)

Figure 3 – Surface (a, b) and subsurface area (c, d) of cylinder 4 after honing: (a, c, plane d2, depth l1 = 130 mm, plastic deformation depth 20 μm and strong thinning of graphite flakes), surface layer cylinder after operation (b, d, plane b3, depth l10 = 13 mm, abrasion and adhesive wear, breakout of the metal matrix)

Talysurf 6 oraz mikroskopem światła białego Talysurf CCI Lite. Przed pomiarami długości przyrządy sprawdzano i porównywano ich zgodność niepewności pomiaru z certyfikatami.

Strukturę metalograficzną cylindrów wyznaczono z wyciętych skrawaniem próbek z kierunku prostopadłego do tworzących cylindrów. Obserwacje przeprowadzono na zgładach polerowanych nietrafiionych i trawionych Nitaliem, mikroskopem metalograficznym Neophot 2 Carl Zeiss Jena oraz mikroskopem skaningowym Novascan 30. Skład chemiczny określono analizą ilościową, metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ze wzbudzeniem iskrowym przy pomocy spektrometru ARL 3460. Zawartość C i S wyznaczono metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją IR przy pomocy analizatora Leco. Przeprowadzono także analizę składu chemicznego metodą miareczkową i metodą wagową.

Pomiar twardości wykonano metodą Brinella (pięciokrotne powtórzenie), zgodnie z normą PN-EN ISO 6508-1:2007. Stosowano kulkę o średnicy Φ 2.5 mm i siłę 1.839 kN, od masy 187,5 kg.

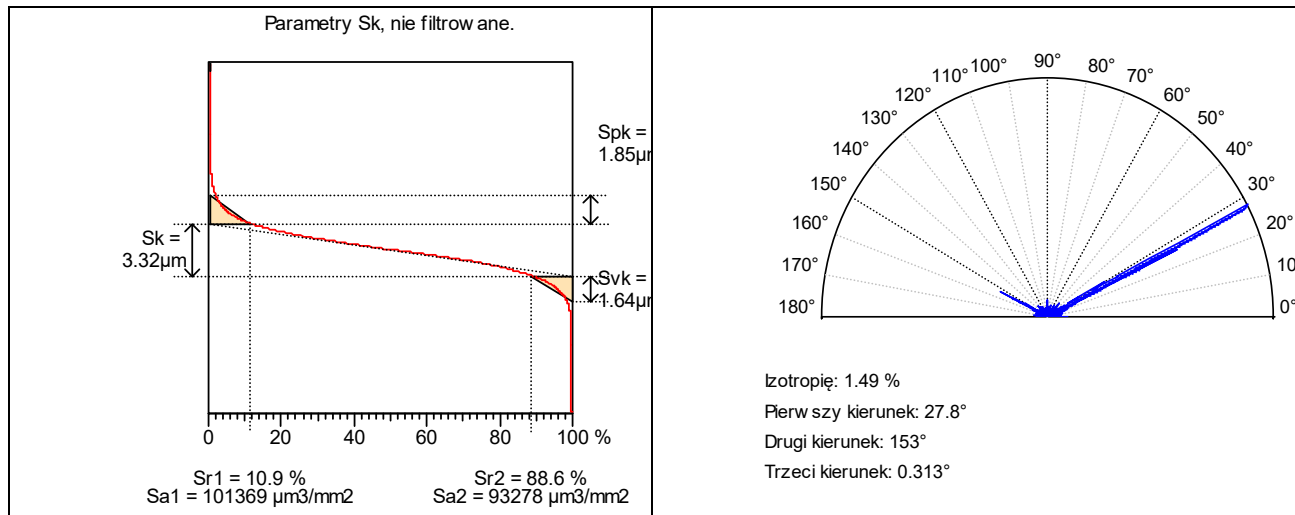


Rysunek 4 – Stan powierzchni i strefa podpowierzchniowa cylindra 4 po eksploatacji: w płaszczyźnie b3 na głębokości: 110=13 mm, wyrwanie osnowy metalowej (a, b), w płaszczyźnie b3 na głębokości: 111=32 mm, odkształcenie plastyczne z zamknięcie płatków grafitu (c, d)

Figure 4 – Surface condition and subsurface zone of cylinder 4 after exploitation: in plane b3 at depth: 110 = 13 mm, breakout of metal matrix (a, b), in plane b3 at depth: 111 = 32 mm, plastic deformation with closing of graphite flakes (c, d)

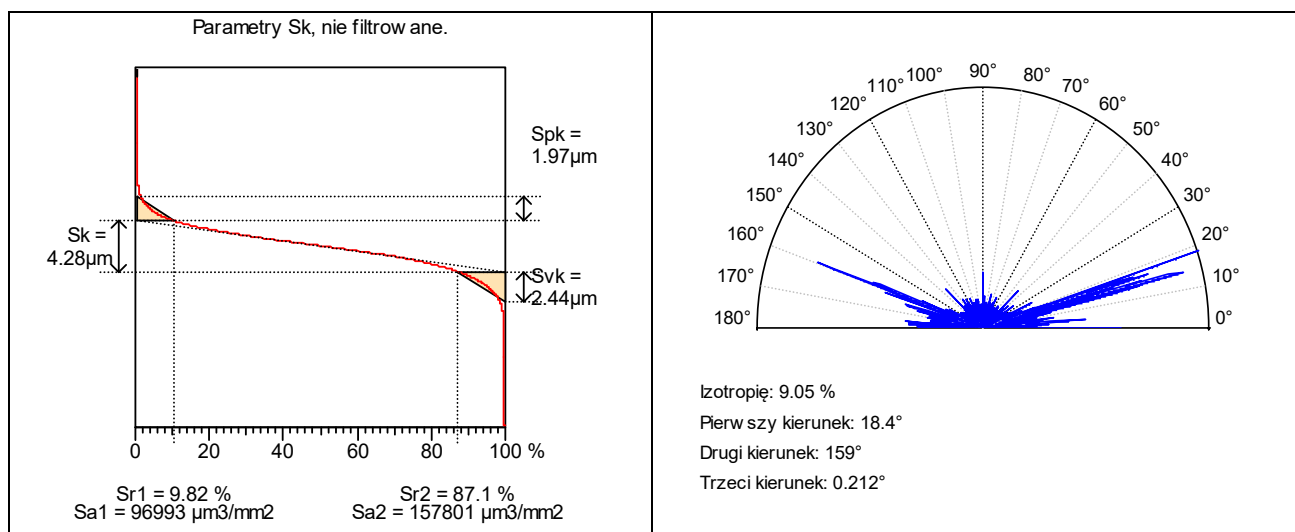
WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki pomiaru średnic cylindrów monobloku silnika wysokoprężnego 1,6 D Turbo zamieszczono w tabeli 2. Analizując średnice cylindrów w płaszczyźnie A-A, czyli w płaszczyźnie osi kadłuba stwierdzono, że wszystkie cylindry były gładzone ze wstępną odchyłką stożkowości o zbieżności w kierunku płyty górnej kadłuba (zwrotu zewnętrznego silnika). Wstępna odchyłka stożkowości na średnicy wynosiła dla kolejnych cylindrów 13, 15, 21 i 40 μm . Zamieszczono także uśrednione wartości odchyłki okrągłości, makrofalistości (graniastoci), mikrofalistości, zarysu przekroju wzdłużnego i walcowości. Największe wartości odchyłek okrągłości dla kolejnych cylindrów wynoszą 20, 21, 24,5 i 24,5 μm . Natomiast największe wartości odchyłek prostoliniowości zarysu przekroju wzdłużnego wynoszą 9, 10, 11,5 i 7,5 μm . Czyli odchyłki walcowości dla kolejnych cylindrów mają wartość większe jednak zbliżone do wartości odchyłek okrągłości. Podano także wartości średnicy cylindrów wynikłe zarówno ze zużycia tribologicznego spowodowanego pracą jak i odkształceń cieplnych i zmian naprężeń własnych. Maksymalne zmiany średnicy dla kolejnych cylindrów wynoszą 40, 42, 49 i 49 μm . Odchyłki okrągłości cylindrów w wyniku zamontowania głowicy i dokręcenia śrub momentem 40 Nm, 60 Nm i ich dociągnięcia o kąt 180° (wynikowi moment dokręcenia 150-180 Nm) mają większe wartości. Ich wartości maksymalne dla cylindrów wynosiły 26,1, 18,9, 21,8 i 21,8 μm . Są one na trzech wyszczególnionych przekrojach owalami, o osi dużej odchylonej w kierunku tyłu kadłuba o kąt około 10-15°. Największe zmiany kształtu cylindrów zaobserwowano na wysokości od 37 do 57 mm od płaszczyzny głowicy. Wówczas największe wartości odchyłek zarysu przekroju wzdłużnego wynoszą dla cylindrów od 1 do 4: 13,1, 14,5, 16,7 i 10,9 μm . W kadłubie bez przykręconej głowicy nie stwierdzono odchyłek graniastoci.



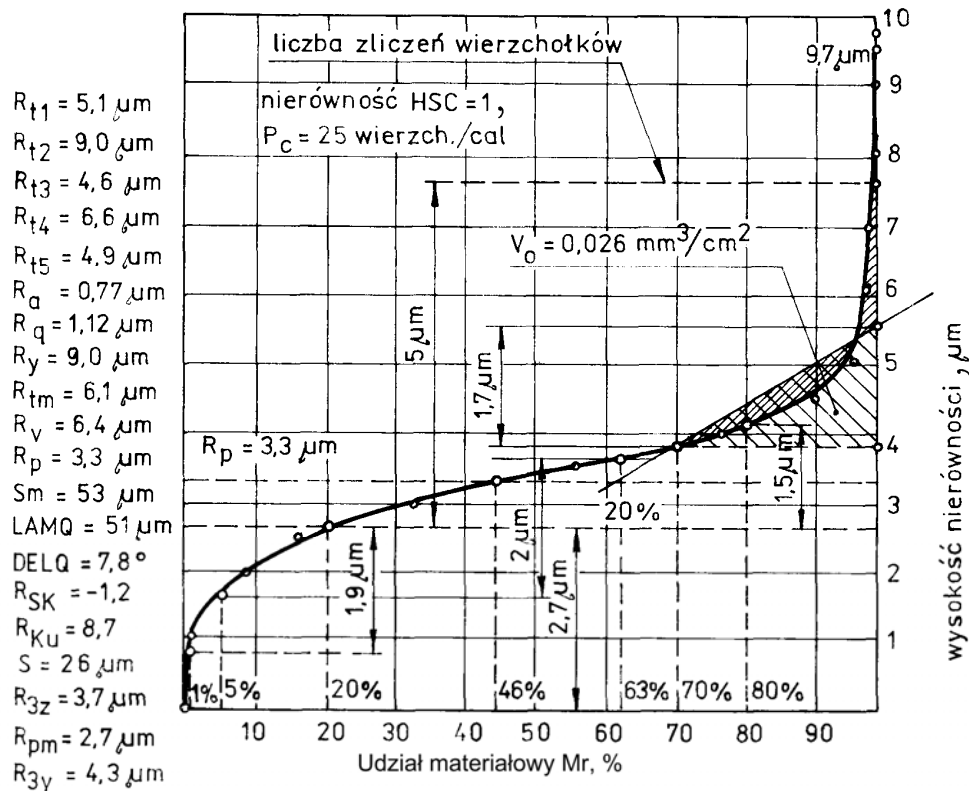
Rysunek 5 – Charakterystyka topografii powierzchni cylindra 1, po gładzeniu na głębokość 136 mm, tworząca 2(d): a) krzywa Abbota Firestone, b) wykres kątowy funkcji autokorelacji. Wartości chropowatości powierzchni: $S_q=1,45 \mu\text{m}$, $S_{sk}=0,31$, $S_{ku}=4,58$, $S_p=11,8 \mu\text{m}$, $S_v=10,3 \mu\text{m}$, $S_z=22,1 \mu\text{m}$, $S_a=1,10 \mu\text{m}$

Figure 5 – Characteristics of cylinder surface topography 1, after honing to a depth of 136 mm, forming 2 (d): a) Firestone Abbot curve, b) angular diagram of the autocorrelation function. Surface roughness values: $S_q = 1.45 \mu\text{m}$, $S_{sk} = 0.307$, $S_{ku} = 4.58$, $S_p = 11.8 \mu\text{m}$, $S_v = 10.3 \mu\text{m}$, $S_z = 22.1 \mu\text{m}$, $S_a = 1.10 \mu\text{m}$



Rysunek 6 – Charakterystyka topografii powierzchni cylindra 4, po gładzeniu na głębokość 136 mm, tworząca 2(d): a) krzywa Abbota Firestone, b) wykres kątowy funkcji autokorelacji. Wartości chropowatości powierzchni: $S_q=1,84 \mu\text{m}$, $S_{sk}=-0,13$, $S_{ku}=3,99$, $S_p=15,0 \mu\text{m}$, $S_v=15,1 \mu\text{m}$, $S_z=30,1 \mu\text{m}$, $S_a=1,42 \mu\text{m}$

Figure 6 – Characteristics of cylinder surface topography 4, after honing to a depth of 136 mm, forming 2 (d): a) Firestone Abbot curve, b) angular diagram of the autocorrelation function. Surface roughness values: $S_q=1.84 \mu\text{m}$, $S_{sk}=-0.13$, $S_{ku}=3.99$, $S_p=15.0 \mu\text{m}$, $S_v=15.1 \mu\text{m}$, $S_z=30.1 \mu\text{m}$, $S_a=1.42 \mu\text{m}$

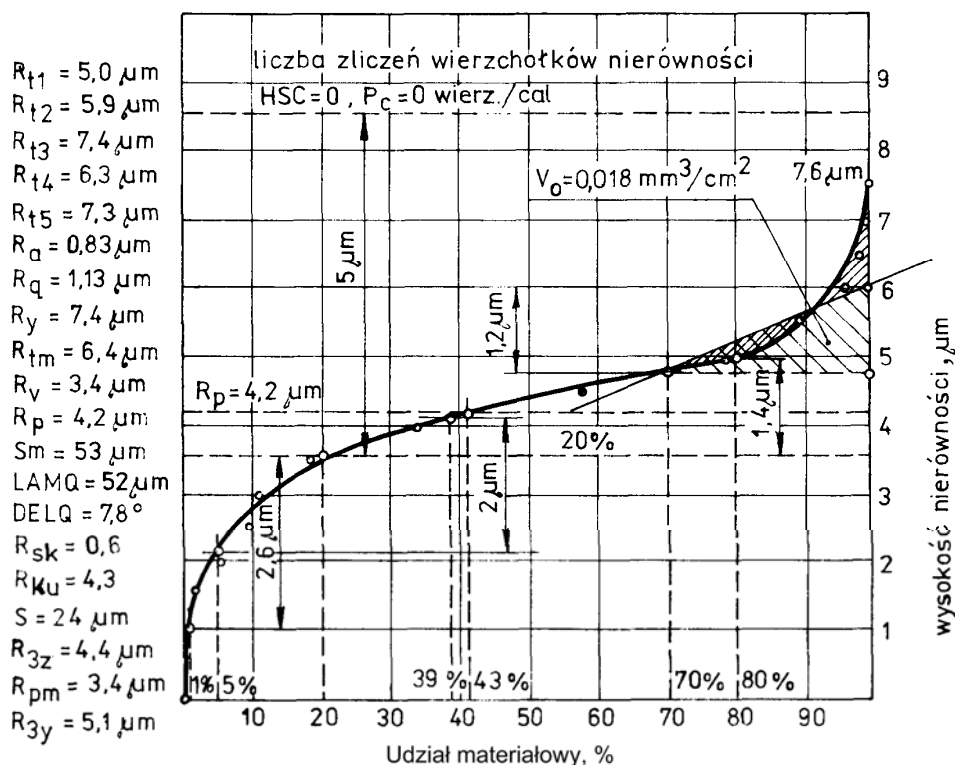


Rysunek 7 – Wartości parametrów profilu chropowatości powierzchni cylindra 1 po gładzeniu, głębokość pomiaru $l=130$ mm, w płaszczyźnie d2 oraz krzywa Abbotta Firestone i jej charakterystyczne parametry (współczynnik niepełności $R_p/R_t=0.37$, skośność $R_{sk}=-1.2$). Odcinek pomiarowy 12,5 mm

Figure 7 - Values of cylinder surface roughness profile parameters 1 after honing, depth of measurement $l=130$ mm, in d2 plane and Abbott Firestone curve and its characteristic parameters (incompleteness factor $R_p/R_t=0.37$, obliquity $R_{sk}=-1.2$). Measuring section 12.5 mm

Na podstawie wykresów odchyłek mikrofalistości, chropowatości gładzi cylindrów, obserwacji powierzchni cylindra warstwy podpowierzchniowej stwierdzono występowanie obok licznych śladów gładzenia zarówno na wysokości 34 mm jak i strefach dolnych, obszary wyrwań osnowy metalowej cylindrów, świadczące o zużyciu adhezyjnym. Również obszary skaz osnowy metalowej występują na powierzchni gładzonej nie objętej pracą pierścieni tłokowych. Szczególnie intensywnie występują obszary wyrwań osnowy metalowej dla cylindra czwartego. Na powierzchni cylindra czwartego zaobserwowano cztery takie obszary, obejmujące cały obwód cylindra (wysokość 33, 58, 76 i 85 mm). Na powierzchni gładzi cylindrów objętej pracą pierścieni tłokowych oprócz obszarów wyrwań osnowy metalowej, występują w przeważającej mierze, zwłaszcza dla cylindrów 1, 2 i 3 obszary o dużej gładkości. Nie obserwuje się dla nich objawów zacierania oraz cząstek zużycia. Dobrze przedstawia to stan powierzchni i strefy podpowierzchniowej (rys. 2, 3 i 4).

Chropowatość powierzchni wewnętrznej cylindrów po gładzeniu normalnym wykazuje dużo rozbieżności z wymaganiami stawianymi ich warstwie powierzchniowej silników wysokoprężnych, znanych firm samochodowych [15]. Udział materiałowy M_r wykazuje największe rozbieżności od wartości wymaganej, dla wysokości $2 \mu m$ liczonej od wartości $M_r=5\%$ do $M_r=55-75\%$ lub często $M_r=70\%$, wynosi



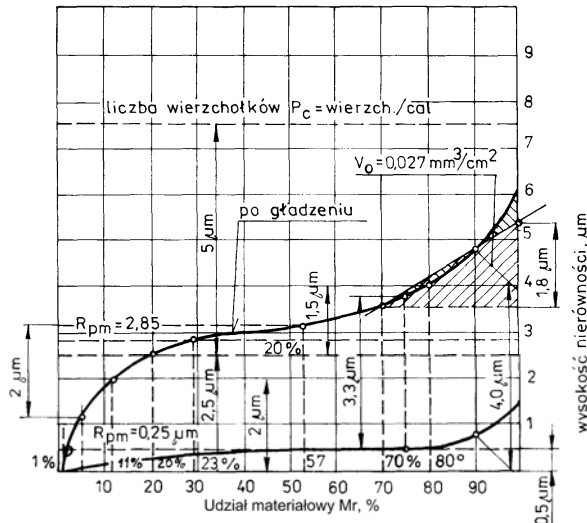
Rysunek 8 – Wartości parametrów profilu chropowatości powierzchni cylindra 4 po gładzeniu, głębokość pomiaru $l_7=130$ mm, w płaszczyźnie d2 oraz krzywa Abbotta Firestone i jej charakterystyczne parametry (współczynnik niepełności $R_p/R_t=0,57$, skośność $R_{sk}=0,60$). Odcinek pomiarowy 12,5 mm

Figure 8 – Values of roughness profile parameters of the cylinder surface 4 after honing, depth of measurement $l_7=130$ mm, in the d2 plane and Abbott Firestone curve and its characteristic parameters (incompleteness factor $R_p/R_t=0.57$, skewness $R_{sk}=0.60$). Measuring section 12.5 mm

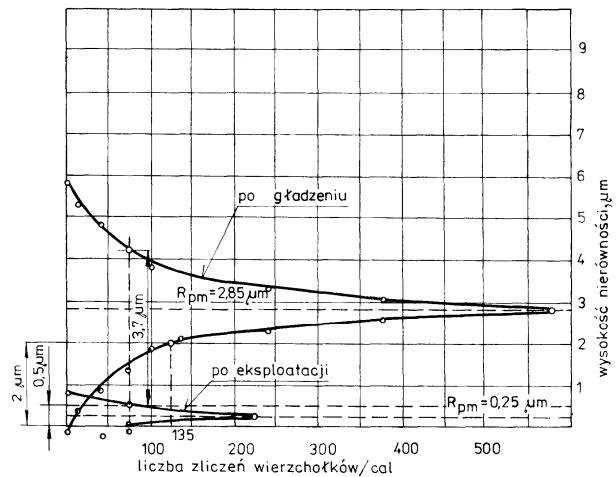
bowiem nawet $Mr=20\%$ dla (tab. 2). Również bardzo niekorzystna, zwłaszcza dla cylindra 4, jest liczba wierzchołków na głębokości $5\ \mu\text{m}$ poniżej linii odniesienia o udziale materiałowym 20% , gdyż jest zerowa. Pojemność olejowa jest w dolnych granicach dopuszczalnych wartości, wynosi bowiem $0,018\text{--}0,026\ \text{mm}^3/\text{cm}^2$. Gęstości rozkładu amplitudy wysokości nierówności określona zarówno współczynnikiem niepełności R_p/R_t jak współczynnikiem skośności R_{sk} dla cylindra 4, jest niepoprawna. Skośność R_{sk} ma zarówno wartość ujemną (profil) $-1,20$ oraz $0,31$ (powierzchnia, rys. 5), cylinder 1, jak i wartość $-0,13$ (powierzchnia) - cylinder 4, rysunek 6. Powierzchnie cylindra 1, 2, 3 jest lekko odkształcona plastycznie, do $10\ \mu\text{m}$, i wygląd jej wskazuje na gładzenie ośkami z warstwą diamentową o spoiwie metalowym (rys. 2). Natomiast cylinder 4 jest silnie odkształcony plastycznie, o głębokości do $20\ \mu\text{m}$ i ma powierzchnię typu "blechmantel" (rys. 3, 4). Dla wszystkich cylindrów kadłuba diesla 1,6D Turbo występują wyrwania osnowy metalowej po gładzeniu (rys. 2, 3, 4). Odległości pomiędzy motywami chropowatości powierzchni gładzonej określony parametrami S_m , λ_q wynosi $51\text{--}53\ \mu\text{m}$. Pochylenie chropowatości powierzchni jest bardzo duże, wynosi bowiem $\Delta q=7,8^\circ$. Nie stwierdzono wykruszonych ziaren ściernych na gładzi cylindrów.

Wysokość chropowatości powierzchni, określona parametrem R_a , zawiera się w granicy $0,77\text{--}0,83\ \mu\text{m}$ oraz $S_a=1,10\text{--}1,42\ \mu\text{m}$ (powierzchnia) i jest zbliżona do wymagań technicznych zamieszczonych w tabeli 2. Korzystną wartość mają głębokości nierówności powierzchni $R_t=5\text{--}9\ \mu\text{m}$. Kąt przecięcia rys gładzenia zawiera się w granicy $50^\circ\text{--}60^\circ$ i jest zgodny z często wymaganymi wartościami $40^\circ\text{--}65^\circ$. Odległości rys gładzenia zawiera się w granicy $94\text{--}124\ \mu\text{m}$ i odbiega od wymaganej wartości $200\text{--}300\ \mu\text{m}$, natomiast ich

a)



b)



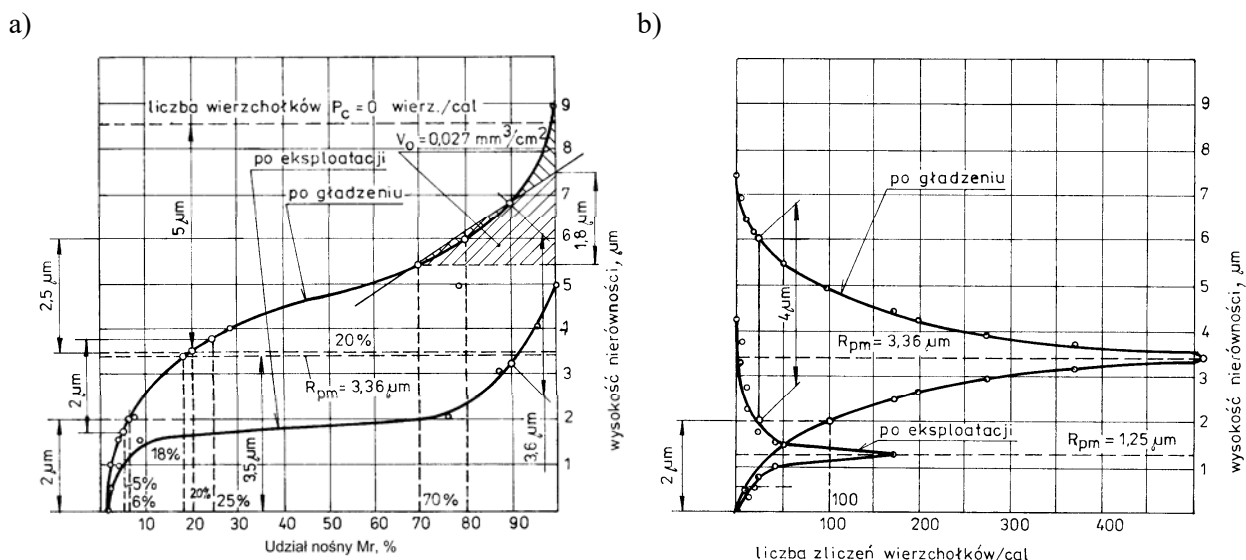
Rysunek 9 – Wykresy Abbota Firestone i liczby zliczeń wierzchołków nierówności cylindra 1 po gładzeniu (płaszczyzna d2, głębokość l7=130 mm) i eksploatacji (płaszczyzna a4, głębokość l2=30 mm) z zaznaczeniem wartości zużycia tribologicznego

Figure 9 – Abbot Firestone charts and number of counts of cylinder inequalities 1 after honing (plane d2, depth l7=130 mm) and exploitation (plane a4, depth l2=30 mm) with the indication of the value of tribological wear

szerokość wynosi 25-36 μm i zbliżona jest do wymaganych wartości 30-75 μm . Wysokość rys smarowych wynosi 4-5 μm i jest mniejsza od wymaganej wysokości wynoszącej 7-10 μm . Wysokość rys gładzenia na powierzchni nośnej jest niewielka, wynosi 1 μm . Liczba zliczonych wierzchołków na głębokości 2 μm , wynosząca 100-140 wierzchołków/cal, jest w dolnej granicy wymagań.

Odchylenie standardowe wysokości powierzchni wzniesień P_{pq} cylindra 1 jest prawie dwukrotnie mniejsze od cylindra 4, przy zbliżonym odchyleniu standardowym wysokości powierzchni wgłębień P_{vq} . Odmienność profilu cylindra 1 i 4 scharakteryzowano parametrami i wykresem rozkładu rzędnych (rys. 7, 8). Na podstawie wykresu udziału materiałowego i liczby zliczonych wierzchołków nierówności chropowatości po gładzeniu i po eksploatacji (rys. 9, 10), określono średnią promieniową wartość zużycia tribologicznego gładzi cylindra na głębokości 34 mm (tab. 2). Wyznaczona wartość zużycia cylindrów od 1 do 4 wynosiła 3,7-4,0 μm , 3,9-4,0 μm , 3,8-3,9 μm i 3,6-4,0 μm . O poprawności otrzymanych wartości mogą świadczyć także zmiany parametrów amplitudowych chropowatości powierzchni po gładzeniu R_{tm} , R_{ymax} , R_t i ich odpowiednie wartości po eksploatacji. Analizowane wartości jak i wykresy profili chropowatości powierzchni wskazują, że głębokość rys gładzenia wzdłuż całej długości tworzącej cylindra była jednakowa. Jednocześnie wysokość progu zużycia cylindra 4, wynosząca 16 μm jest znacznie mniejsza aniżeli dla cylindrów 1, 2 i 3, który wynosi 28, 20, 28 μm . Świadczy to o mniejszym zużyciu tribologicznym cylindra 4. Jest to uzasadnione strukturą metalograficzną cylindrów kadłuba i ich twardością, przedstawioną poniżej. Zbliżona wartość zużycia promieniowego, określona zmianą parametrów wysokości i odstępu chropowatości [11], wnika prawdopodobnie z odmiennego i niekorzystnego ukształtowania warstwy powierzchniowej cylindra 4.

Cylindry kadłuba silnika są wykonane z żeliwa szarego modyfikowanego o strukturze perlitycznej z małą zawartością fosforu (tab. 3). Świadczy o tym zarówno skład chemiczny jak i ocena osnowy struktury metalograficznej (tab. 4, rys. 11). Badania metalograficzne określenia mikrostruktury wskazują na zbliżoną jej ocenę dla cylindrów 1, 2 i 3 oraz odmienną dla cylindra 4. Na podstawie analizy wizualnej, cylindrów 1, 2 i 3, wydzielenia grafitu mają kształt płatkowy I, rozmieszczenie grafitu jest rozetkowe z grafitem przechłodzonym B, wielkości 5 (długość płatków powyżej 60 do 120 μm) oraz 6 (długość płatków powyżej 30 do 60 μm). Występuje również płatki grafitu w obszarze międzidendrytycznym E o wielkości 7 (długość



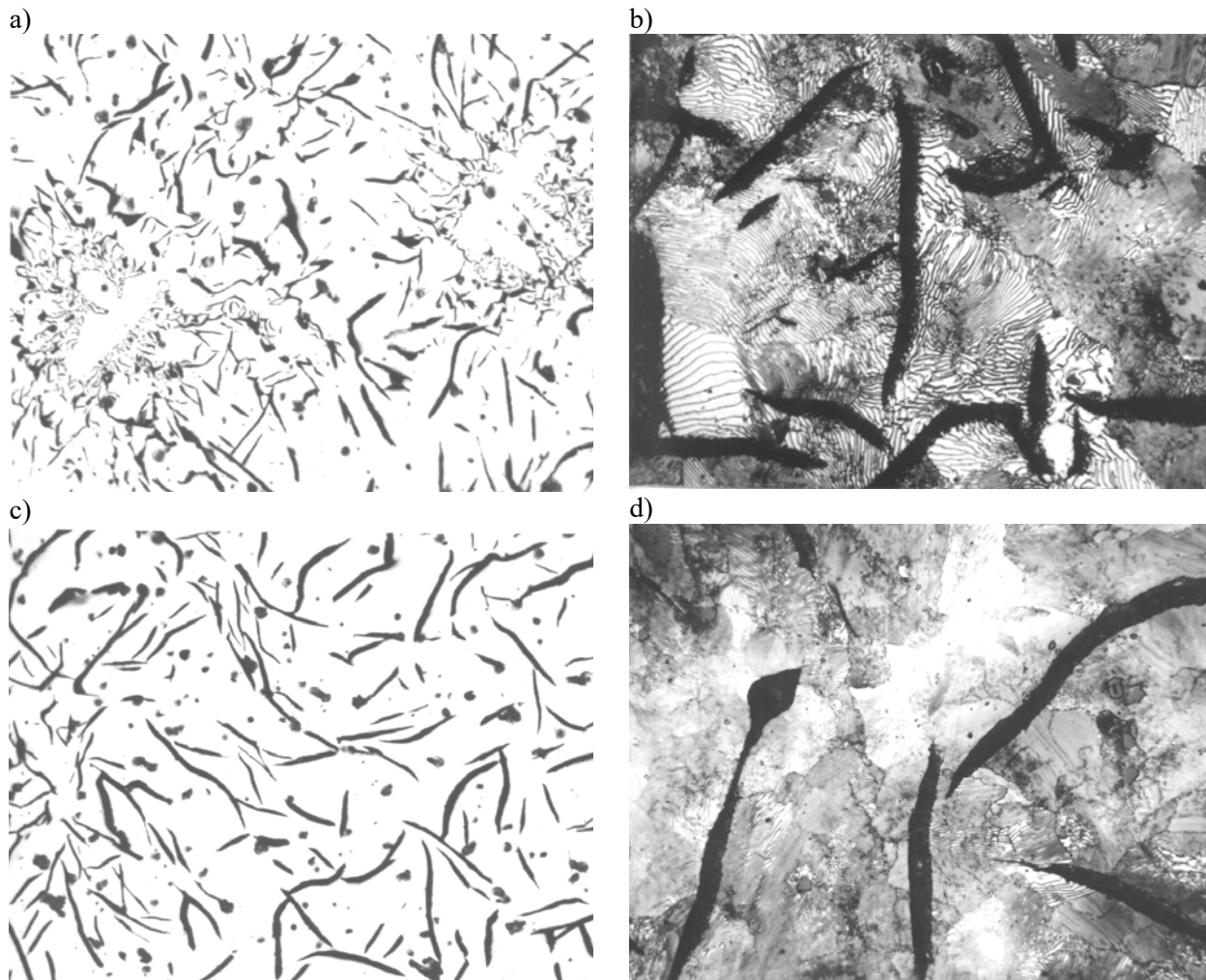
Rysunek 10 – Wykresy Abbota Firestone i liczby zliczeń wierzchołków nierówności cylindra 4 po gładzeniu (płaszczyzna d2, głębokość 17=130 mm) i eksploatacji (płaszczyzna a4, głębokość 12=30 mm) z zaznaczeniem wartości zużycia tribologicznego

Figure 10 – Abbot Firestone charts and number of counts of unevenness of the cylinder 4 after honing (plane d2, depth 17 = 130 mm) and exploitation (plane a4, depth 12 = 30 mm) with the indication of the value of tribological wear

powyżej 15 do 30 μm). Oznaczenie wydzielen grafitu cylindrów 1, 2 i 3 o zróżnicowanym kształcie, rozmieszczeniu i wielkości można zapisać: 60%IB5/6+40%IE7, według PN-EN ISO 945-1:2009. Z kolei cylinder 4 ma także kształt grafitu płatkowy I, lecz rozmieszczenie wyraźnie jednorodne A oraz zbliżoną jak poprzednio długość wydzielen grafitu 5/6. W minimalnym stopniu występuje grafit drobny międzydendrytyczny D. Wzdłuż wysokości cylindra w warstwie powierzchniowej obserwuje się niewielkie różnice mikrostruktury według PN-75/H-04661 (tab. 4). Większe zmiany mikrostruktury występują wzdłuż grubości ścianki cylindra. W połowie grubości ścianki cylindra grafit płatkowy ma zarówno rozmieszczenie rozetkowe jak i międzydendrytycznym oraz mikrostrukturę perlityczno-ferrytyczną P92. Twardość obszarów ze środka grubości i wysokości cylindra jest najniższa i wynosi 185-191 HB. Jest to najgorszy obszar cylindra. Występuje także zwiększona twardość na ścianie zewnętrznej monobloku, naprzeciw cylindrów, wynosząca 210-223 HB. Warstwa podpowierzchniowa cylindrów w strefie górnej (zwrotu zewnętrznego tłoka) i strefie środkowej ma perlit płytkowy P (powierzchnia na zgładzie zajmuje przez perlit powyżej 98%). Strefa dolna, jedynie cylindrów 1, 2 i 3, ma perlit płytkowy P96 (powierzchnia ferrytu powyżej 2 do 6%). Jednocześnie cylinder 1, 2 i 3 wzdłuż całej wysokości ma perlit płytkowy o dyspersji Pd1.4 (powyżej 1,3 do 1,6 μm) z kolei mniejszą dyspersją perlitu płytkowego charakteryzuje się cylinder 4 (Pd0,5- powyżej 0,3 do 0,8 μm). Wpływa to na jego wyższą twardość, wynoszącą 202-206 HB. Z kolei cylindry 1, 2 i 3 kadłuba mają twardość 185-193 HB. Eutektyka fosforowa i wtrącenia cementytu nie występują w strukturze metalograficznej warstwy powierzchniowej cylindrów.

WNIOSKI

Cylindry badanego kadłuba były gładzone ze wstępną odchyłką stożkowości o zbieżności w kierunku płyty górnej (zwrotu zewnętrznego tłoków). Wartość jej na średnicy dla kolejnych cylindrów wynosi 13, 19, 21, 40 μm . Po eksploatacji około 5762 km silnika diesla 1,6D Turbo w samochodzie Polonez FSO Warszawa dokładność wymiaru jest mała i dla kolejnych cylindrów wynosi 76,540-76,500, 76,537-76,995, 76,543-76,494, 76,544-76,495 mm. Również odchyłka walcowości cylindrów od 1 do 4 jest duża i ma zbliżone wartości dla cylindrów, która wynosi 20, 21, 19, 24 μm . Cylindry nie mają odchyłki typu graniastości - makrofalistości.



Rysunek 11 – Postać grafitu w górnej części cylindra (a, c, pow. 110x) i struktura metalograficzna: perlit, grafit płatkowy (b, d, pow. 440x): cylinder 1 (a, b), cylinder 4 (c, d)

Figure 11 – Formation of graphite in the upper part of the cylinder (a, c, area 110x) and metallographic structure: perlite, flake graphite (b, d, area 440x): cylinder 1 (a, b), cylinder 4 (c, d)

Parametry chropowatości powierzchni cylindrów po gładzeniu konwencjonalnym mają wiele niezgodności w porównaniu z wymaganiami silników wysokoprężnych. Najważniejszym jest zbyt mały udział materiałowy, liczony od $Mr=5\%$, na głębokości $2\text{ }\mu\text{m}$ oraz niepoprawny rozkład rzędnych profilu (kształt rozkładu wysokości chropowatości warstwy powierzchniowej). Dotyczy to zwłaszcza cylindra 4 mającego, dodatnią wartość skośność rozkładu amplitud oraz dużą wartość współczynnika niepełności profilu chropowatości powierzchni. Wysokość, szerokość, odstęp rys gładzenia są poprawne. Pojemność olejowa nierówności, dla udziału materiałowego 70% , jest w dolnej dopuszczanej granicy. Jednak gładzenie cylindrów jest niepoprawne z uwagi na zbyt duże odkształcenie plastyczne warstwy powierzchniowej "blechmantel", zamknięcie płatków grafitu (do $20\text{ }\mu\text{m}$) oraz skaży w postaci wyrwań osnowy metalowej.

Po eksploatacji warstwa powierzchniowa cylindrów 1, 2 i 3 ma liczne ślady rys gładzenia i zbliżoną poprawną wysokość R_a chropowatości powierzchni, wynoszącą $0,16\text{--}0,20\text{ }\mu\text{m}$. Natomiast cylinder 4 ma większą chropowatość wynoszącą około $R_a=0,32\text{ }\mu\text{m}$. Obserwacje powierzchni i strefy podpowierzchniowej wykazały oprócz wyrwań osnowy materiału po gładzeniu, wystąpienie zatarć, zużycia adhezyjnego zwłaszcza na wysokościach 33, 58, 76 i 85 mm. Należy zaznaczyć, że nastąpiło to mimo większej wysokości chropowatości cylindra 4. Powszechnie uważa się bowiem, że zwiększenie wysokości chropowatości zmniejsza niebezpieczeństwo zatarcia.

Monoblok silnika wykonano z żeliwa szarego modyfikowanego z grafitem płatkowym o osnowie

perlitycznej z małą zawartością fosforu (0,031% masowo). Oznaczenie wydzieleni grafitu cylindrów 1, 2 i 3 można zapisać: 60%IB5/6+40%IE7 oraz cylindra 4 jako IA5/6. Świadczy to, że cylinder 4 nie ma grafitu o rozłożeniu międzydendrycznym. Również osnowa mikrostruktury wzdłuż wysokości cylindra 4 posiada perlit P, o większej dyspersji w porównaniu do cylindrów 1, 2 i 3. Efektem tego jest większa twardość 202-206 HB w porównaniu do 185-193 HB. Większą dyspersję perlitu przy tym samym składzie chemicznym świadczy o większej prędkości chłodzenia odlewu w tym obszarze. Przemawia za tym również występowanie w strukturze cylindrach 1, 2 i 3 płatków grafitu rozetkowego o rozmieszczeniu B i rozmieszczeniu międzydendrycznym D, E o wielkości 7.

Według normy BN-78/1312 wymagana masowo ilość fosforu w odlewie tulei silników wysokoprężnych wynosi 0,4-0,8%. Efektem braku eutektyki fosforowej (siatka słabo Fr2 lub dobrze ukształtowana Fr3) była również niższa od wymaganej normą BN-78/1312 twardość, 210-280 HB. Twardość cylindrów 1, 2 i 3 wynosiła 185-193 HB. Twardość cylindra 4 wynosiła z kolei 202-206 HB. Twardość ścian bocznych monobloku, naprzeciw cylindrów, wynosiła 210-223 HB.

Wartość zużycia promieniowa cylindrów od 1 do 4 była zbliżona i wynosiła 3,7-4,0 μm , 3,9-4,0 μm , 3,8-3,9 μm i 3,6-4,0 μm . Wyznaczono ją na podstawie zmiany parametrów pionowych i poziomych profilu chropowatości powierzchni warstwy powierzchniowej [13]. Wysokość progu zużycia cylindra 4 wynosi 16 μm . Jest ona znacznie mniejsza aniżeli dla cylindrów 1, 2 i 3, gdzie wynosi 28, 20, 28 μm . Świadczy to o mniejszym zużyciu tribologicznym cylindra 4. Jest to uzasadnione strukturą metalograficzną cylindrów kadłuba i ich twardością. Zbliżona wartość zużycia promieniowego, określona zmianą parametrów chropowatości gładzi cylindra, wnika prawdopodobnie z odmiennego i niekorzystnego ukształtowania warstwy powierzchniowej cylindra 4. Cylinder 4, wskutek zamknięcia płatków grafitu na powierzchni gładzi cylindra oraz odkształcenia plastycznego, wad strefy podpowierzchniowej „blechmantel”, uległ w krótkim okresie pracy silnika w samochodzie Polonez zużyciu adhezyjnemu ze silnie wyodrębnionymi strefami zacierania. Wyniki badań wskazują, że struktura metalograficzna żeliwa szarego była czynnikiem decydującym o wartości zużycia ciernego silnika w eksploatacji. Z kolei wad strefy podpowierzchniowej „blechmantel” wpłynęły na nieakceptowane formy zużycia gładzi cylindra, tj. zużycie adhezyjne i zacieranie.

REFERENCES

1. Cai A.-K., Cheng J.-W., Gong C.-Q., Cao S.-F., Yang Y.-L. (2013) Reason analysis and solving measures of crack-shaped blowhole in thick wall gray iron casting. *Zhuzao/Foundry*, 62 (6) 557-560.
2. Challenges and Priorities for Automotive R&D (2011) The Strategic Pillars of Research & Innovation. EUCAR European Council for Automotive R&D, Proceeding, 27th May, Brussels, 2011.
3. Collini L., Nicoletto G., Konečná R. (2008) Microstructure and mechanical properties of pearlitic gray cast iron. *Materials Science and Engineering: A*, 488 (1-2) 529-539.
4. Cozza R.C., Tanaka D.K., Souza R.M.: (2011) Friction coefficient and wear mode transition in micro-scale abrasion tests, *Tribology International*, 44 (12), 1878-1889.
5. Dimkovski Z., Anderberg C., Ohlsson R., Rosén B.-G. (2011) Characterisation of worn cylinder liner surfaces by segmentation of honing and wear scratches. *Wear*, 271, 548-552.
6. Ghasemi, R.; Elmquist, L.; Ghassemali, E.; Salomonsson K., Parfors A.E.W. (2018) Abrasion resistance of lamellar graphite iron: Interaction between microstructure and abrasive particles. *Tribology International*, 120 (465-475).
7. Gruszka J. (2012) Technologiczne kształtowanie cech funkcjonalnych warstwy powierzchniowej tulei cylindrowych. *Rozprawy nr 465*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
8. Guesser W., Guedes L.: (2016) The new generation of engines and the challenges for the foundry industry. *Blucher Engineering Proceedings*, 3(1):28-47.
9. Keller J., Fridrici V., Kapsa Ph., Huari J.F. (2009) Surface topography and tribology of cast iron in boundary lubrication. *Tribology International*, 42 (6) 1011-1018.
10. Mezghani, S., Demirci, I., Yousfi, M., El Mansoria M. (2013) Running-in wear modeling of honed surface for combustion engine cylinder liners. *Wear* 302 (1-2) 1360-1369.

11. Michalski J., Pawlus P. (1994) Effects of metallurgical structure and cylinder surface topography on the wear of piston ring-cylinder assemblies under artificially increased dustiness conditions. *Wear* 179, 109-115.
12. Michalski J. (2006) Tendencje rozwoju technologii gładzenia cylindrów silników o zapłonie samoczynnym. Науково-мехнічний збірник НТУ, Київ, 12, 30-39.
13. Michalski J., Woś P. (2011) The effect of cylinder liner surface topography on abrasive wear of piston-cylinder assembly in combustion engine. *Wear*, 271 (3-4) 582-589.
14. Pawlus P., Dzierwa A., Michalski J., Reizer R., Wieczorowski M., Majchrowski R. (2013) The effect of selected parameters of the honing process on cylinder liner surface topography. *Surface Topography: Metrology and Properties*, 2 025004.
15. Pawlus P., Michalski J., Rejzner R. (2012) Progress in cylinder honing. Part 2: Honing of cylinder liners from highly loaded internal combustion engines. *Innovative Manufacturing Technology IOS Kraków*, 2 edited by Piotr Rusek, 2, 127-153.
16. Pawlus P., Michalski J. (2009) Simulation of cylinder 'zero-wear' process, *Wear*, 266 (1-2) 208-213.
17. Saeed A., Khan Z.A., Hadfield M., Davies S. (2013) Material characterization and real-time wear evaluation of pistons and cylinder liners of the Tiger 131 military tank. *Tribology Transactions*, 56 (4), 637-644.
18. Slattery B.E., Edrissy A., Perry T. (2010) Investigation of wear induced surface and subsurface deformation in a linerless Al-Si engine. *Wear*, 269 (3-4) 298-309.
19. Tomanik E. (2008) Friction and wear bench tests of different engine liner surface finishes. *Tribology International*, 41 (11) 1032-1038.
20. Trytek A., Orłowicz A. W., Mróz M., Tupaj M. A. (2015) Shaping the microstructure of cast iron automobile cylinder liners aimed at providing high service properties. *Archives of Foundry Engineering*, 15 (2), 79-84.
21. Tupaj M. (2013) Kształtowanie mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni odlewów ze stopu aluminium-krzem w aspekcie wysokiej odporności na zużycie ściernie i zacieranie tulei silników samochodowych. Komisja Odlewnictwa PAN O/Katowice.
22. do Vale J. L. C. M., Bertolini V. M. S., da Silva C. H., Pintaude G.: (2017) Comparison of scratch resistance of lamellar and compacted graphite irons used in cylinder liners. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 39 (10), 3981-3988.
23. Woś P., Michalski J. (2011) Effect of initial cylinder liner honing surface roughness on aircraft piston engine performances. *Tribology Letters*, 41 (3) 555-567.
24. Zabala B., Igartua A., Fernández X., Priestner C., Ofner H., Knaus O., Abramczuk M., Tribotte P., Girot F., Roman E., Nevshupa R. (2017) Friction and wear of a piston ring/cylinder liner at the top dead centre: experimental study and modeling, *Tribology International*, 106, 23-33

STRESZCZENIE

WOŚ Paweł, MICHALSKI Jacek. Wpływ wad strefy podpowierzchniowej "blechmantel" i struktury metalograficznej żeliwa na wartość zużycia tribologicznego i skłonność do zatarcia gładzi cylindrowych silnika wysokoprężnego / Paweł WOŚ, Jacek MICHALSKI // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

Przedstawiono dokładność wymiaru i kształtu, topografię powierzchni, parametry chropowatości powierzchni, charakterystykę metalograficzną oraz wady strefy podpowierzchniowej tak zwany "blechmetal" cylindrów kadłuba silnika wysokoprężnego diesla 1.6D Turbo, napędzającego samochód Polonez FSO, po przebiegu 5762 km. Stwierdzono odmienny charakter i wartość zużycia cylindrów 1, 2, 3 w porównaniu z cylindrem 4. Mniejsze zużycie tribologiczne cylindra 4 wynikało z jego większej twardości, spowodowanej dyspersją perlitu, korzystnych wydzielen grafitu płatkowego w porównaniu z cylindrami 1, 2 i 3. Z kolei zatarcie i zużycie adhezyjne gładzi cylindra 4 uzasadniono zwiększonym okształceniem plastycznym powierzchni uzyskanej gładzeniem. Nastąpiło to pomimo nieco większej wysokości chropowatości powierzchni i powszechnej opinii, że zwiększenie wysokości chropowatości zmniejsza niebezpieczeństwo zatarcia.

РЕФЕРАТ

ВОШ Павел, МІХАЛЬСКИ Яцек. Вплив дефектів шару підповерхневого "blechmantel" і металографічної структури чавуну на вартість зносу трибологічних і тенденція до згладжування згладжування циліндрів дизельного двигуна / Павел ВОШ, Яцек МІХАЛЬСКИ // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

В статті наведено результати досліджень впливу дефектів підповерхневого шару та металографічної структури чавуну на величину трибологічного зносу та тенденцію до схоплювання матеріалу циліндричного вкладиша дизеля.

Об'єкт експериментальних досліджень – чотирициліндровий дизель 1.6D автомобіля Polonez.

Наведено точність вимірювання та форми, топографії поверхні, параметри шорсткості поверхні, металографічні характеристики та недоліки підповерхневого шару циліндрів двигуна автомобіля Polonez з пробігом 5762 км. Встановлено різну природу та значення зносу першого, другого і третього циліндрів в порівнянні з четвертим циліндром. Менший трибологічний знос четвертого циліндра зумовлений його більшою твердістю, обумовленою дисперсією перліту, корисними вставками плавленого графіту в порівнянні з циліндрами 1, 2 і 3. У свою чергу, в четвертому циліндрі спостерігали часткове схоплювання матеріалу та підвищений адгезійний знос. Це можна пояснити збільшенням пластичної деформації поверхні, отриманої шляхом шліфування.

Після експлуатації поверхневий шар циліндрів 1, 2 і 3 має численні сліди хонінгу та приблизно однакове значення висоти R_a шорсткості поверхні (0,16-0,20 мкм). На відміну від цього, циліндр 4 має більшу шорсткість, приблизно $R_a = 0,32$ мкм. В результаті аналізу стану поверхні і приповерхневого шару виявлено розірваний матричний матеріал після хонінгування, виникнення заїдання. Слід зазначити, що це сталося, незважаючи на більшу шорсткість циліндра 4. При тому, що вважається, що збільшення висоти нерівності знижує ризик схоплювання матеріалу.

Результати випробувань вказують на те, що металографічна структура сірого чавуну була вирішальним фактором в значенні тертя зносу двигуна в експлуатації. У свою чергу, дефекти в приповерхневому шарі призвели до неприйнятних форм зносу стінки циліндра, тобто, адгезійного зносу і задирів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗНОС, ШОРСТКІСТЬ, ШЛІФУВАННЯ, НЕРІВНОСТІ, ЗАДИРИ, ДИЗЕЛЬ, ТРИБОЛОГІЯ.

ABSTRACT

WOŚ Paweł, MICHALSKI Jacek. Influence of defects layer subsurface "blechmantel" and metallographic structure cast iron on value wear tribological and tendency to scuffing smoothing a cylinders of a diesel engine. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article presents the results of investigations of the influence of defects of the subsurface layer and the metallurgical structure of cast iron on the magnitude of tribological wear and the tendency to adhere to the material of the cylindrical liner of the diesel engine.

The object of experimental research is a 1.6D Polonez four-cylinder diesel.

The accuracy of the measurement and form, the topography of the surface, the surface roughness parameters, the metallographic characteristics and the disadvantages of the sub-surface layer of the cylinders of the Polonez engine with a run of 5762 km are given. Different nature and significance of wear of the first, second and third cylinders in comparison with the fourth cylinder have been established. Less tribological wear of the fourth cylinder is due to its higher hardness due to the perlite dispersion, useful inserts of fused graphite in comparison with cylinders 1, 2 and 3. In turn, in the fourth cylinder, partial grabbing of the material and increased adhesive wear were observed. This can be explained by an increase in the plastic deformation of the surface obtained by grinding.

After use, the surface layer of cylinders 1, 2, and 3 has numerous traces of honing and approximately the same value of height R_a of surface roughness (0.16-0.20 microns). In contrast, the cylinder 4 has a greater roughness, about $R_a = 0.32$ microns. As a result of the analysis of the surface and sub surface layer, a tattered matrix material was detected after honing, the occurrence of jamming. It should be noted that this

occurred, despite the greater roughness of the cylinder 4. In spite of the fact that it is believed that an increase in the height of the inequality reduces the risk of grappling material.

The results of the tests indicate that the metallographic structure of gray cast iron was a decisive factor in the value of friction wear of the engine in operation. In turn, defects in the near-surface layer led to unacceptable forms of wear of the cylinder wall, that is, adhesion wear and tear.

KEY WORDS: WARNING, REDUCTION, SLEEPING, INHERNITY, RADIATION, DIESEL, TRIBOLOGY.

AUTOR:

WOŚ Paweł, Dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, pwos@prz.edu.pl, tel.: +48178651805, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-2730-3258.

MICHALSKI Jacek, Prof. Dr hab. inż., Politechnika Rzeszowska, Profesor, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, jmichals@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12

АВТОРИ:

ВОШ Павел, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент, кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, pwos@prz.edu.pl, тел.: +48178651805, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12, orcid.org/0000-0003-2730-3258.

МІХАЛЬСКИ Яцек, професор, доктор хабілітований, Жешовська Політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, jmichals@prz.edu.pl, тел.: +48178651531, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12

AUTHORS:

WOŚ Paweł, PhD, Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, pwos@prz.edu.pl, tel.: +48178651805, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12, orcid.org/0000-0003-2730-3258.

MICHALSKI Jacek, Doctor of Technical Science, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, jmichals@prz.edu.pl, tel.: +48178651531, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

Любас Януш, доктор технічних наук, професор, Жешувська політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the production, repair and materials science department, Kyiv, Ukraine.

Lubas Janush, Doctor of Technical Sciences, professor, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 621.43 : 629.33
UDC 621.43 : 629.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ
ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ПРИСКОРЕНОГО
ПІСЛЯПУСКОВОГО ПРОГРІВУ КАТАЛІТИЧНОГО НЕЙТРАЛІЗАТОРА

Цюман М.П., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, tsuman@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2537-8010

Грицук І.В., доктор технічних наук, Херсонська державна морська академія, Херсон, Україна, gritsuk_iv@ukr.net, orcid.org/0000-0001-7065-6820

Смешек М., доктор технічних наук, Жешовська політехніка, Жешов, Польща, msmieszek@prz.edu.pl

RESEARCH OF USE THE THERMAL ACCUMULATOR FOR REDUCING HARMFUL
EMISSIONS OF THE VEHICULAR ENGINE BY RAPID AFTER-START HEATING OF THE
CATALYTIC CONVERTER

Tsiuman M.P., Ph.D. of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, tsuman@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2537-8010

Gritsuk I.V., Doctor of Technical Sciences, Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine, gritsuk_iv@ukr.net, orcid.org/0000-0001-7065-6820

Smieszek M., Doctor of Technical Sciences, Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, msmieszek@prz.edu.pl

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПУТЕМ
УСКОРЕННОГО ПОСЛЕПУСКОВОГО ПРОГРЕВА КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА

Цюман Н.П., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, tsuman@ukr.net, orcid.org/0000-0003-2537-8010

Грицук И.В., доктор технических наук, Херсонская государственная морская академия, Херсон, Украина, gritsuk_iv@ukr.net, orcid.org/0000-0001-7065-6820

Смешек М., доктор технических наук, Жешовская политехника, Жешов, Польша, msmieszek@prz.edu.pl

Introduction. The problem of reducing vehicular engine harmful emissions under operating conditions can be solved when using the combined heating system (CHS) of the vehicle described in [1] and systems approach. Depending on operating conditions it provides for the combined thermal development of vehicle components. They are: a coolant, motor oil, the catalytic converter (CC) of the exhaust gases cleaning system of the vehicular engine and the vehicle interior.

To solve this problem, the research was conducted at the departments of Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNAHU), National Transport University (NTU) and Rzeszow University of Technology (RUT). The researchers developed and investigated thermal development system components of the vehicular engine with phase-transitional thermal accumulators (TA) [2]. The scientists also improved basic elements of mathematical models to evaluate fuel economy and environmental performance of engines and vehicles under operating conditions [3]. Computer integrated technology and remote monitoring systems of vehicle technical condition parameters [4] during operation in terms of ITS (Intelligent transport system) capabilities [5] were developed and adapted for use.

The results of experimental studies [6, 7] show that using the heating system can reduce the total engine heating period by 17.8% - 68.4%. Fuel consumption for heating is also reduced by 19.5% - 56.25%. It depends on the ambient temperature and heating mode of the engine (idling, heating in motion, etc.). The investigation of the vehicular engine heating system when the vehicle is in motion in the driving cycle [1] has shown that using the heating system enables to reduce total fuel consumption by 2.1% - 7.1%. Emissions of separate harmful substances are also reduced by 5.6% - 45.5% with a slight increase of nitrogen oxide emissions. However, to investigate its efficiency, it is necessary to use the combined heating system of the vehicle with phase-transitional thermal accumulator integrated with the CC of the exhaust gases cleaning system.

Determining of the article task. The target of the article is research of use the thermal accumulator for reducing harmful emissions of the vehicular engine by rapid after-start heating of the catalytic converter.

The simulation of thermal development processes for the “vehicular engine-thermal accumulator-catalytic converter” system. A systems approach has been applied to simulate fuel consumption and harmful emission performance of the vehicular engine using the vehicle thermal development system under certain operating conditions. It allowed the researchers to present the operating processes of the vehicular engine, the catalytic converter and their thermal development system as a functional structure of the “vehicular engine-thermal accumulator-catalytic converter” system. It is shown in Fig. 1.

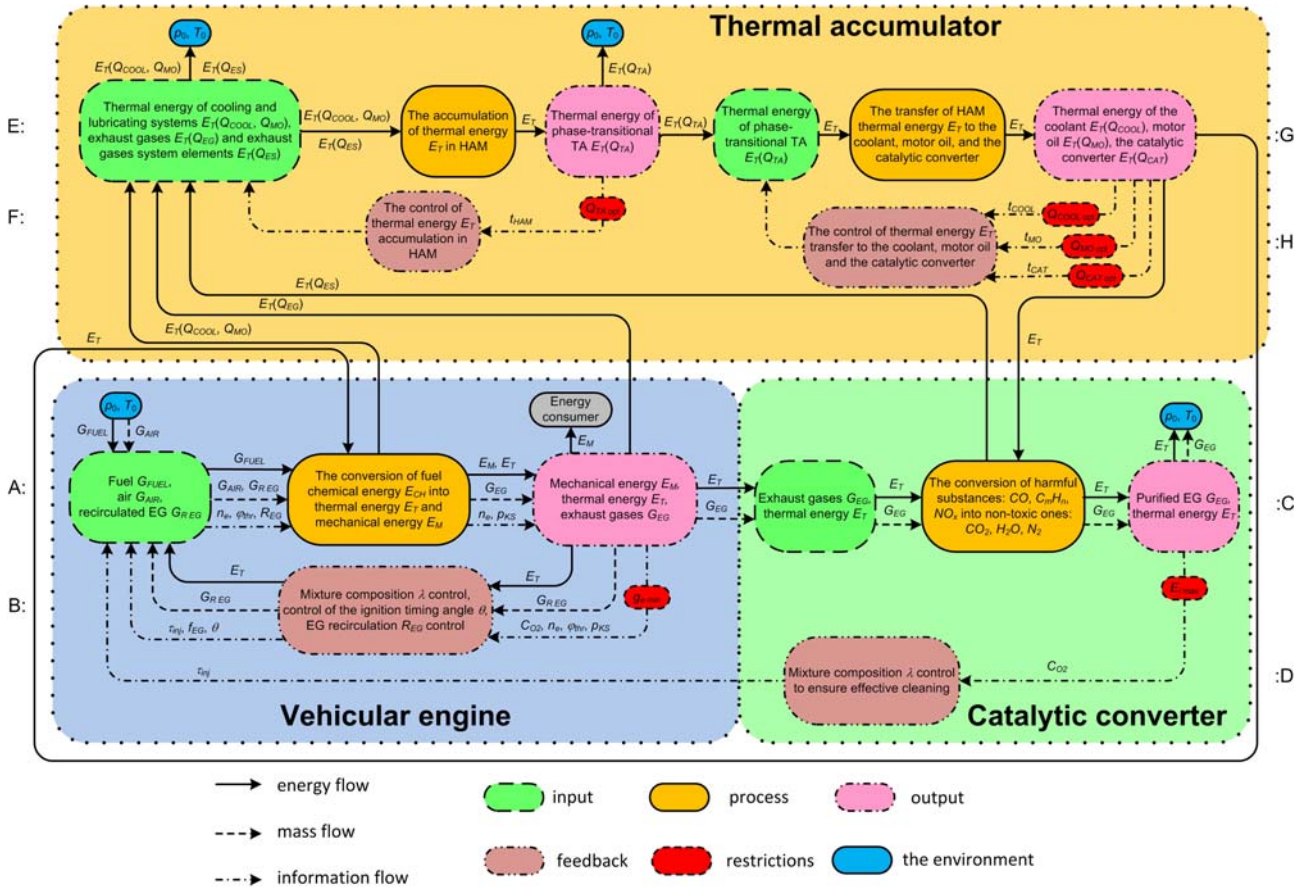


Figure. 1 – Functional structure of the “vehicular engine-thermal accumulator-catalytic converter” system

The introduced functional structure is based on the “engine-catalytic converter” system [1, 3] which integrates the processes of accumulating thermal energy E_T by heat accumulating material (HAM) and transferring thermal energy E_T to the coolant, motor oil and the catalytic converter (levels E and G).

The operation of the system is as follows. During the operating processes of the engine (level A) and CC in the exhaust gases system (level C) the unused thermal energy of cooling $E_T(Q_{COOL})$ and lubricating $E_T(Q_{MO})$ systems, exhaust gases $E_T(Q_{EG})$ and exhaust gases system elements $E_T(Q_{ES})$ is accumulated in HAM as a thermal energy of phase-transitional thermal accumulator $E_T(Q_{TA})$.

The process of accumulating thermal energy in TA is controlled by feedback (level F) to provide the optimal charge of TA $Q_{TA,opt}$ based on HAM temperature parameter t_{HAM} .

During the process of the level G the accumulated thermal energy of TA is transferred to the coolant $E_T(Q_{COOL})$, motor oil $E_T(Q_{MO})$ and the catalytic converter $E_T(Q_{CAT})$ to provide their optimal thermal condition ($Q_{COOL,opt}$, $Q_{MO,opt}$, $Q_{CAT,opt}$) due to controlling temperature parameters of the coolant t_{COOL} , motor oil t_{MO} and the catalytic converter t_{CAT} (level H).

After reaching the optimal charge level of TA and the optimal thermal condition of cooling, lubricating and EG cleaning systems, the excess thermal energy $E_T(Q_{COOL})$, $E_T(Q_{MO})$, $E_T(Q_{ES})$, $E_T(Q_{EG})$ and $E_T(Q_{TA})$ is released into the environment characterized by pressure p_0 and temperature T_0 .

The simulation of main operating processes of the engine and the CC is performed using the methodology and algorithms detailed in [1, 3]. Fig. 2 shows the algorithm to study vehicle fuel economy and environmental performance using thermal accumulator for rapid after-start heating of the coolant and the catalytic converter.

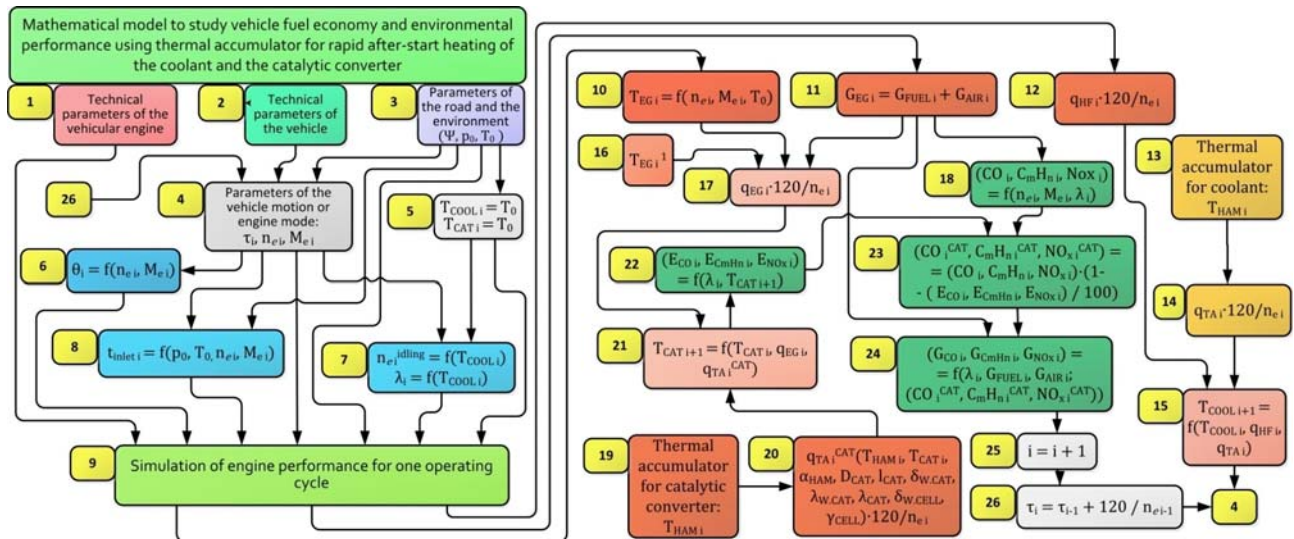


Figure. 2 – The algorithm to study vehicle fuel economy and environmental performance using thermal accumulator for rapid after-start heating of the coolant and the catalytic converter

Blocks 1 and 2 determine vehicle parameters. The parameters include: vehicle weight, fuel type, number, bore size and capacity of engine cylinders, engine compression ratio, gearbox ratios, final drive ratio, wheel tyre rolling radius and other parameters of KIA CEE'D 2.0 5MT2 with the G4GC engine.

Block 3 determines the parameters of the road and the environment: rolling resistance coefficient Ψ , atmospheric pressure p_0 , Pa, the ambient temperature T_0 , K.

The necessary initial data are prepared for the mathematical model in blocks 4 - 8 of the algorithm. Thus, block 4 determines operating mode parameters of the vehicular engine at the current time: τ_i is the current value of time since starting the engine, s, $n_{e,i}$ is the current value of crankshaft rotation speed, min^{-1} , $M_{e,i}$ is the current value of the effective engine torque, N·m.

Block 5 determines the initial values of the coolant temperature $T_{\text{COOL}i} = T_0$, K and the catalytic converter temperature $T_{\text{CAT}i} = T_0$, K.

Block 6 determines the ignition timing angle θ_i , degrees of crankshaft rotation, as a function $\theta_i = f(n_{e,i}, M_{e,i})$. Block 7 determines the current values of crankshaft rotation speed $n_{e,i}^{\text{idling}}$ in an idling mode and excess air coefficient λ_i as a function of $T_{\text{COOL}i}$: $n_{e,i}^{\text{idling}} = f(T_{\text{COOL}i})$, $\lambda_i = f(T_{\text{COOL}i})$. Block 8 determines the temperature in the inlet manifold of the engine $t_{\text{inlet}i} = f(p_0, T_0, n_{e,i}, M_{e,i})$, °C.

All prepared initial data enter block 9 where the engine performance is simulated for one operating cycle.

Block 10 determines EG temperature in the exhaust manifold before the CC $T_{\text{EG}i} = f(n_{e,i}, M_{e,i}, T_0)$, K. Block 11 determines exhaust gas flow per hour, $G_{\text{EG}i}$, kg/h, according to fuel consumption per hour $G_{\text{FUEL}i}$, kg/h, and air consumption per hour $G_{\text{AIR}i}$, kg/h, of the vehicular engine.

Block 12 determines the thermal energy lost because of the heat flowing through the walls of the cylinder and the combustion chamber to the coolant $q_{\text{HF}i}$, W, during the time of an operating cycle $120/n_{e,i}$, s.

Block 13 determines the HAM temperature $T_{\text{HAM}i}$, K, of the thermal accumulator for the coolant. Block 14 determines the additional thermal energy according to the heat flow through TA heat exchange part to the coolant $q_{\text{TA}i}$, W, during the time of an operating cycle. Block 15 determines the coolant temperature $T_{\text{COOL}i+1} = f(T_{\text{COOL}i}, q_{\text{HF}i}, q_{\text{TA}i})$, K.

Block 16 determines the temperature of exhaust gas leaving the CC $T_{\text{EG}i}^1$, K. Block 17 determines the EG thermal energy, that is transferred to the CC during the time of an operating cycle.

Block 18 determines the concentration of CO (%), C_mH_n (ppm), NO_x (ppm) before the catalytic converter: $(CO_i, C_mH_{n,i}, NO_{x,i}) = f(n_{e,i}, M_{e,i}, \lambda_i)$.

Block 19 determines the HAM temperature $T_{\text{HAM}i}$, K, of the thermal accumulator for the catalytic converter. Block 20 determines the additional thermal energy according to the heat flow through TA heat exchange part to the CC $q_{\text{TA}i}^{\text{CAT}}(T_{\text{HAM}i}, T_{\text{CAT}i}, \alpha_{\text{HAM}}, D_{\text{CAT}}, l_{\text{CAT}}, \delta_{\text{WCAT}}, \lambda_{\text{WCAT}}, \lambda_{\text{CAT}}, \delta_{\text{WCELL}}, \gamma_{\text{CELL}})$, W, during the time of an operating cycle. Block 21 determines the temperature of the catalytic converter unit $T_{\text{CAT}i+1} = f(T_{\text{CAT}i}, q_{\text{EG}i}, q_{\text{TA}i}^{\text{CAT}})$, K.

Block 22 determines the efficiency of cleaning CO, C_mH_n , NO_x , %, namely: $(E_{\text{CO}i}, E_{\text{CH}i}, E_{\text{NO}xi}) = f(\lambda_i, T_{\text{CAT}i+1})$. Block 23 determines the concentration of CO (%), C_mH_n (ppm), NO_x

(ppm) after the catalytic converter, namely:
 $(CO_i^{CAT}, C_{mH_{n_i}}^{CAT}, NO_{xi}^{CAT}) = (CO_i, C_{mH_{n_i}}, NO_{xi}) \cdot (1 - (E_{CO_i}, E_{C_{mH_{n_i}}}, E_{NO_{xi}}) / 100)$. In addition, block 24 determines the mass emission of CO , C_{mH_n} , NO_x (kg/h), namely:
 $(G_{CO_i}, G_{C_{mH_n}}, G_{NO_{xi}}) = f(\lambda_i, G_{FUEL_i}, G_{AIR_i}) \cdot (CO_i^{CAT}, C_{mH_{n_i}}^{CAT}, NO_{xi}^{CAT})$.

Block 25 changes the serial number of the calculation cycle to the next one, $i = i + 1$. Block 26 changes the current time since starting the vehicular engine: $\tau_i = \tau_{i-1} + 120/n_{e,i-1}$, s.

Simulation is continued in block 4 after determining the new current parameters of the engine operating mode.

During the process of accumulating thermal energy from the cooling, lubricating, EG cleaning systems and exhaust gases system elements, total HAM thermal energy of phase-transitional thermal accumulator (Q_{TA} , J) is described by equation:

$$Q_{TA} = Q_{COOL} + Q_{MO} + Q_{EG} + Q_{ES} = -m_{HAM} \cdot \int_{T_1}^{T_2} C_{SOL}(T) dT + m_{HAM} \cdot r_{THAM} + m_{HAM} \cdot \int_{T_{PH}}^{T_2} C_{LIQ}(T) dT, \quad (1)$$

where m_{HAM} is the weight of HAM that undergoes a phase transition of melting-solidification, kg; $C_{SOL}(T)$, $C_{LIQ}(T)$ is specific mass heat capacity of HAM depending on its temperature, in solid and liquid phases respectively, J/(kg·K); r_{THAM} is specific thermal energy of melting-solidification phase transition, J/kg; T_1 , T_2 , T_{PH} are HAM temperatures: initial, final and phase transition respectively, K.

The current value of the coolant temperature is determined depending on the ambient temperature. It is based on the values of the heat flow from the walls of the cylinder, the combustion chamber and TA heat exchange part, K:

$$T_{COOL}(\tau) = T_0 + \int_0^{\tau_{HF}} \frac{(q_{HF}(\tau) + q_{TA}(\tau))}{m_{COOL} \cdot C_{COOL}} d\tau, \quad (2)$$

where τ is the current value of simulation time, s; τ_{HF} is total heating period of the engine, s; $q_{HF}(\tau)$ is the heat flow through the walls of the cylinder and the combustion chamber to the coolant, W; $q_{TA}(\tau)$ is the heat flow through TA heat exchange part to the coolant, W; m_{COOL} is the coolant weight in the system, kg; C_{COOL} is coolant heat capacity, J/(kg·K).

The current value of the catalytic converter temperature is determined depending on the ambient temperature. It is based on the values of temperature, mass flow of EG and the heat flow from TA heat exchange part, K:

$$T_{CAT}(\tau) = T_0 + \int_0^{\tau} \frac{G_{EG}(\tau) \cdot C_{EG}(T_{EG}) \cdot (T_{EG}(\tau) - T_{EG}^1(\tau)) + q_{TA}^{CAT}(\tau)}{m_{CAT} \cdot C_{CAT}(T_{CAT})} d\tau, \quad (3)$$

where $G_{EG}(\tau)$ is mass flow of exhaust gas, kg/s; $C_{EG}(T_{EG})$ is exhaust gas heat capacity, J/(kg·K); $T_{EG}(\tau)$ is the temperature of exhaust gas leaving the engine, K; $T_{EG}^1(\tau)$ is the temperature of exhaust gas leaving the CC, K; $q_{TA}^{CAT}(\tau)$ is heat flow through TA heat exchange part to the catalytic converter, W; m_{CAT} is the weight of the catalytic converter active unit, kg; $C_{CAT}(T_{CAT})$ is heat capacity of the catalytic converter material, J/(kg·K).

The heat flow through the walls of the cylinder and the combustion chamber to the coolant $q_{HF}(\tau)$, EG mass flow and temperature are determined during the simulation of engine operating process. The mathematical model of the "engine-catalytic converter" system described in [1] is used for this. The heat flow through TA heat exchange part to the coolant $q_{TA}(\tau)$ and the catalytic converter $q_{TA}^{CAT}(\tau)$ is determined by the dependency (1). It is also determined by the structural parameters of the cooling system and the catalytic converter. For example, the heat flow through TA heat exchange part to the catalytic converter ($q_{TA}^{CAT}(\tau)$, W) is described by the equation:

$$q_{TA}^{CAT}(\tau) = \frac{(T_{HAM}(\tau) - T_{CAT}(\tau)) \cdot \pi \cdot D_{CAT} \cdot l_{CAT}}{\frac{1}{\alpha_{HAM}} + \frac{\delta_{WCAT}}{\lambda_{WCAT}} + \frac{D_{CAT}}{0.04 \cdot \lambda_{CAT} \cdot \delta_{WCELL} \cdot \gamma_{CELL}}}, \quad (4)$$

where $T_{HAM}(t)$ is the current value of HAM temperature, K; π is a number approximately equal to 3.141; D_{CAT} is the diameter of the catalytic converter unit, m; l_{CAT} is the length of the catalytic converter unit, m; α_{HAM} is heat output coefficient of HAM, W/(m²·K); $\delta_{W,CAT}$ is the wall thickness of the CC shell, m; $\lambda_{W,CAT}$ is thermal conductivity coefficient of the wall of the CC shell, W/(m·K); λ_{CAT} is thermal conductivity coefficient of the catalytic converter material, W/(m·K); $\delta_{W,CELL}$ is the wall thickness of the CC separate cell, mm; γ_{CELL} is the density of the CC cell arrangement, 1/cm².

The temperature of exhaust gas leaving the CC and the current value of HAM temperature are determined by the experimental data.

The mathematical dependencies describing the temperature condition of the engine and the catalytic converter are used to determine the efficiency of cleaning the harmful substances in CC [1]. It is the basis to study the efficiency of using the combined thermal development system of the vehicle with phase-transitional thermal accumulator integrated with the CC of the exhaust gases cleaning system.

The research results. The experimental research was carried out to study the efficiency of using the engine and the CC heating system in different heating modes of KIA CEE'D 2.0 5MT2 under operating conditions. These research results are presented in [1, 7].

Table 1 contains the technical parameters of the catalytic converter installed in KIA CEE'D 2.0 5MT2.

When choosing HAM for exhaust gases cleaning system 2 materials were chosen, investigated and used. They had the parameters for petrol and diesel engines. In three-component catalytic converter Light-off point is at 250 °C. Meanwhile, in oxidation catalytic converters for diesel engines it is achieved at 160 °C because of high concentration of oxygen in exhaust gases [8]. These heat accumulating materials (Table 2) are hydroquinone and caustic soda [8 – 10].

Table 1 – Technical parameters of the catalytic converter in KIA CEE'D 2.0 5MT2

Title	Specification
Exhaust gases cleaning system	three-component catalytic converter
The diameter of the catalytic converter unit, m	0.180
The length of the catalytic converter unit, m	0.2
The wall thickness of the CC shell, m	0.002
The material of the CC shell	stainless steel
Catalytic converter material	stainless steel foil
The wall thickness of the CC separate cell, mm	0.1
The density of the CC cell arrangement, 1/cm ²	60

Table 2 – The main properties of heat accumulating materials for exhaust gases cleaning system of the vehicular engine

Parameters	Heat accumulating materials	
	Hydroquinone	Caustic soda
A range of operating temperatures, °C	to + 230	to + 530
Chemical formula	C ₆ H ₄ (OH) ₂	NaOH
Molar mass, g/mole	110	39.997
Density, g/m ³	1.3	1.59
Melting temperature, °C	172	323
Boiling temperature, °C	287	1403

The research methodology involves evaluating fuel economy and environmental performance in typical operating modes of the vehicle. They are: an idling mode and when the vehicle is in motion. For further research, therefore, the driving cycle according to the UNECE Regulation № 83-05 [11] was chosen as a set of typical modes of the vehicle motion. The adequacy assessment of modeling temperature condition of the “vehicular engine-thermal accumulator-catalytic converter” system elements is confirmed by the experimental research [12].

The efficiency of using the heating system in different heating modes of the vehicular engine and the catalytic converter was investigated at the ambient temperatures (-20 °C, 0 °C and 20 °C). It was done with the use of the developed simulation methodology. Fig. 3, 4 and 5 show the results of investigation the efficiency of using the heating system at the ambient temperature 0 °C. Fig. 3 shows the obtained dependencies of the coolant and the CC temperatures.

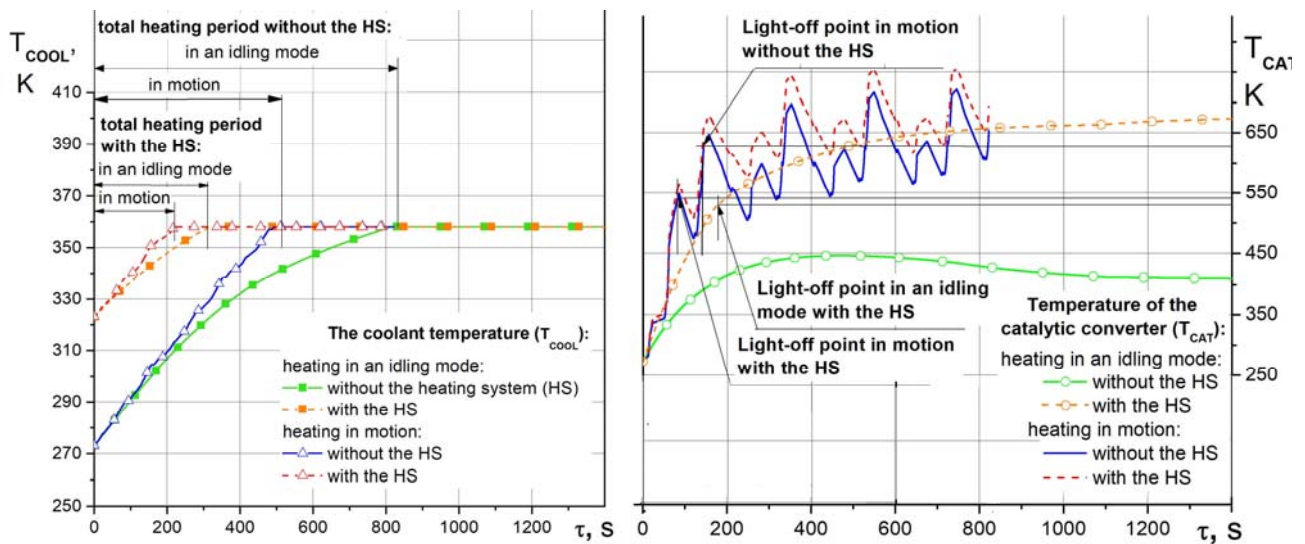


Figure 3 – The dependencies of the coolant and the CC temperatures for different heating modes of the vehicular engine and the catalytic converter (for the ambient temperature 0 °C)

The presented dependencies show that heating mode has a substantial influence on the time of achieving the coolant complete heating, the temperature and the time of achieving the catalytic converter Light-off point at which the efficiency of cleaning harmful substances is more than 50%. Using the vehicular engine heating system enables to decrease the time of complete heating in an idling mode for the ambient temperature 0 °C by 61.1 %. In the mode of heating in motion it is decreased by 54.5 % (Fig. 6). Using the obtained dependencies of the CC temperature in different heating modes the efficiency of cleaning harmful substances is determined (Fig. 4, 5).

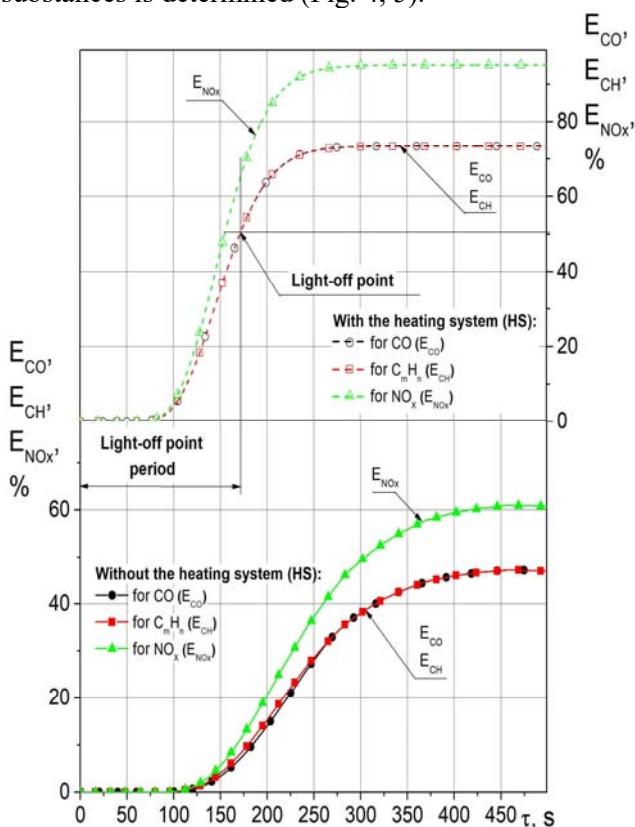


Figure 4 – The dependencies of the CC efficiency during heating of the vehicular engine and the catalytic converter in an idling mode (for the ambient temperature 0 °C)

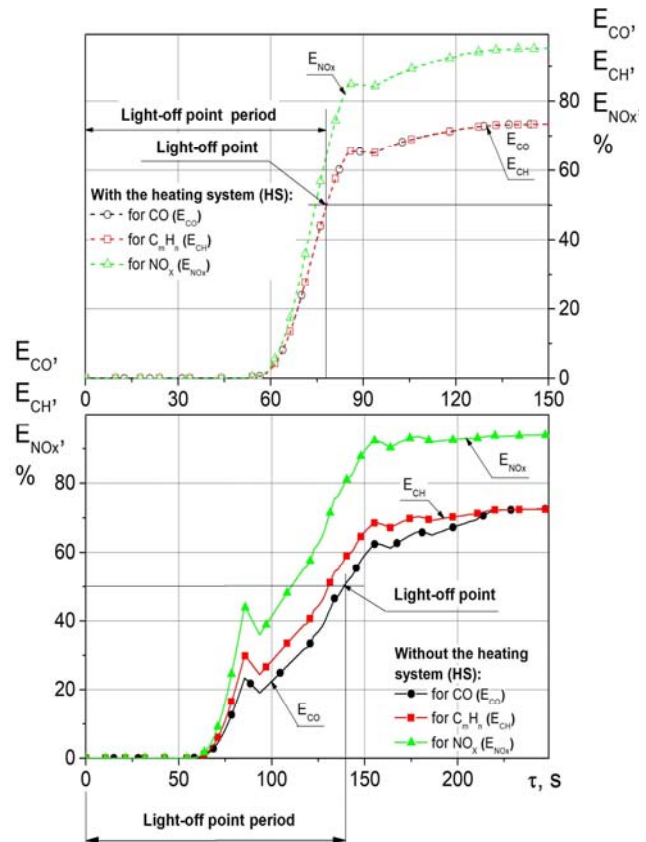


Figure 5 – The dependencies of the CC efficiency during heating of the vehicular engine and the catalytic converter in motion (for the ambient temperature 0 °C)

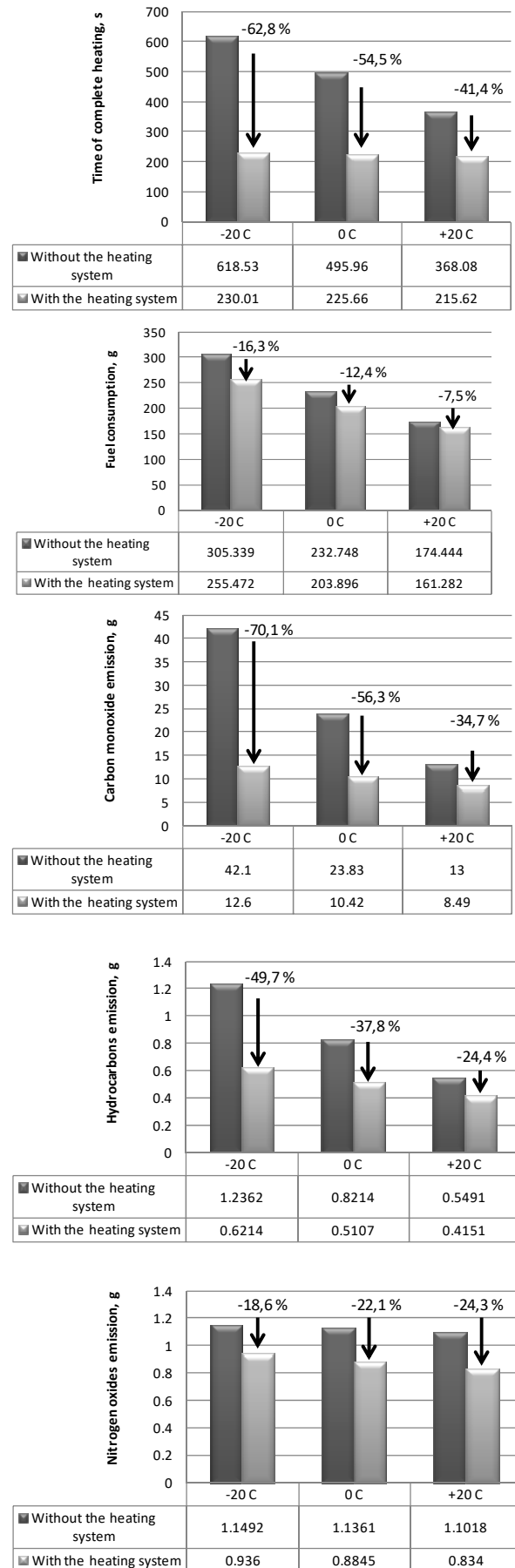
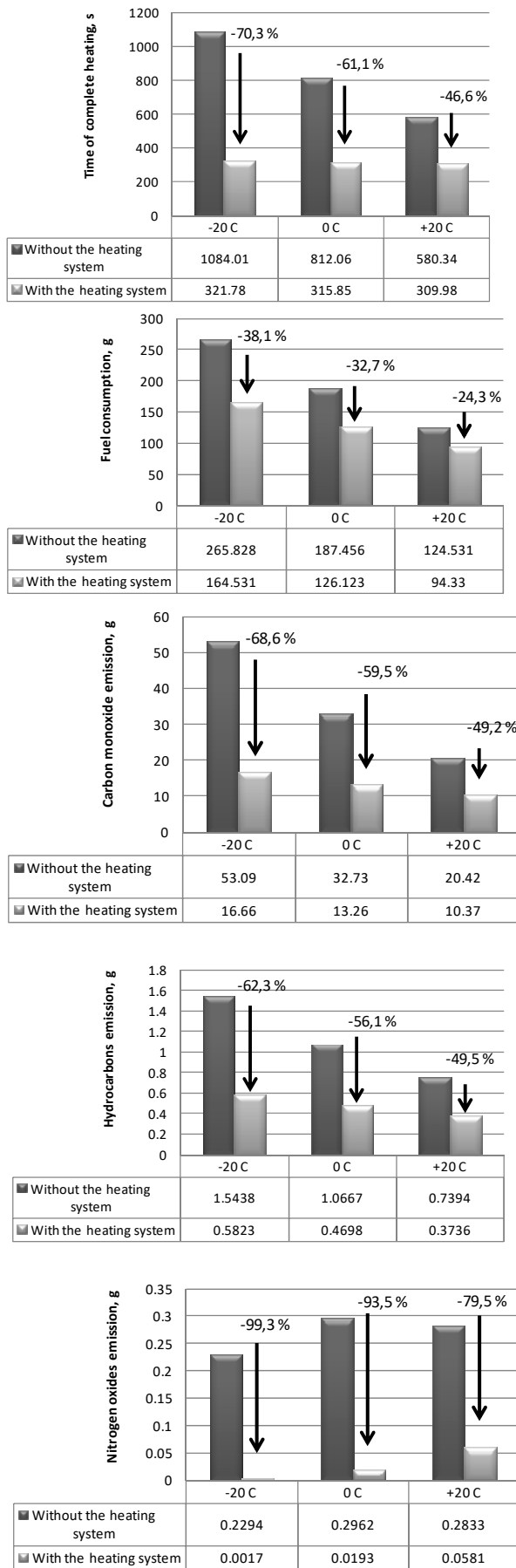


Figure 6 – The results of investigating the efficiency of using the heating system of the vehicular engine and the catalytic converter in different heating modes and at different ambient temperatures (-20 °C, 0 °C and 20 °C): a – heating in an idling mode; b – heating in motion

The obtained dependencies confirm that in an idling mode without the CC heating system the Light-off point is not achieved. Using the heating system in an idling mode the Light-off point is achieved in 171 seconds. For heating mode in motion the use of the heating system decreases the time of achieving the Light-off point from 146.02 to 78.12 seconds or by 46.5 %. Also, when using the heating system for different heating modes, the Light-off point is achieved at different CC temperatures. Without additional heating in motion it is achieved at 638.56 K. With additional heating in an idling mode it is achieved at 526.12 K. When heating in motion it is achieved at 532.55 K. Thus, using the catalytic converter heating system decreases the temperature of achieving the Light-off point by 16.7 %. This effect of changing the temperature of achieving the Light-off point is explained by the fact that the efficiency of cleaning harmful substances depends not only on the CC temperature, but on air-fuel mixture composition. It, in its turn, depends on the coolant temperature. Thus, the coolant temperature for heating mode in motion without using the heating system is less at Light-off point than for heating mode with the heating system (Fig. 3). This is confirmed by the values of the efficiency of nitrogen oxides cleaning at Light-off point in both heating modes. Without the heating system the efficiency of nitrogen oxides cleaning at Light-off point is higher because the air-fuel mixture is richer.

Using the obtained parameters of the vehicular engine and the catalytic converter in different modes of additional heating the data on fuel consumption and harmful emission were received. The received values of fuel consumption and harmful emission are given for the appropriate time period of complete heating in an idling mode and when the vehicle is in motion, with the heating system being not used. They enable to determine the efficiency of additional heating of the engine and the catalytic converter (Fig. 6). Thus for the ambient temperature 0 °C, using the additional heating in an idling mode reduces fuel consumption by 32.7 %, carbon monoxide emission by 59.6%, hydrocarbons emission by 56.1%, nitrogen oxides emission by 93.5%. In the mode of heating in motion fuel consumption is reduced by 12.4%, carbon monoxide emission by 56.3%, hydrocarbons emission by 37.8% and nitrogen oxides emission by 22.1%. So, using the additional heating of the catalytic converter during heating in motion enables to reduce the total nitrogen oxides emission increasing with the use of additional heating only of the engine [1].

The investigation of the heating modes of the engine and the catalytic converter at different ambient temperatures confirmed the growing efficiency of additional heating at lower temperatures (Fig. 6). Further research will be focused on the dependencies between the vehicle coolant heating from thermal accumulator and the catalytic converter heating when using the combined heating system [7] and thermal accumulator under operating conditions.

Conclusions. The rapid after-start heating of the vehicular engine catalytic converter by reducing the time of achieving Light-off point enables to substantially reduce harmful emissions under operating conditions.

The system to improve the processes of the catalytic converter thermal development using phase-transitional thermal accumulators was suggested. The simulation of thermal development processes was carried out with the use of a mathematical model of "vehicular engine - thermal accumulator - catalytic converter" system. It describes the accumulation processes of thermal energy from different sources in thermal accumulators during the engine operation. Within the system the accumulated energy is transferred to the coolant, motor oil and the catalytic converter to provide their optimal temperature condition. It also enables to determine the efficiency of cleaning harmful substances taking into account the peculiarities of catalytic converter heating processes.

The research results confirmed the substantial influence of heating modes on the time of achieving the coolant complete heating, temperature and the time of achieving catalytic converter Light-off point at which the efficiency of cleaning harmful substances was more than 50%. In particular for the ambient temperature 0 °C, with the additional after-start heating the time of complete heating in an idling mode decreases by 61.1% and in the mode of heating in motion it decreases by 54.5%. It was established that in an idling mode without additional catalytic converter heating the Light-off point was not achieved. In the mode of heating in motion using the heating system reduces the time of achieving the Light-off point by 46.5 %.

With the given parameters of the vehicular engine and the catalytic converter in different modes of the additional heating the data on fuel consumption and harmful emissions were received. They enable to determine the efficiency of additional heating of the engine and the catalytic converter. For the ambient temperature 0 °C using the additional heating in an idling mode reduces fuel consumption by 32.7 %, carbon monoxide emission by 59.6%, hydrocarbons emission by 56.1%, nitrogen oxides emission by 93.5%. In the mode of heating in motion fuel consumption is reduced by 12.4%, carbon monoxide emission by 56.3%, hydrocarbons emission by 37.8% and nitrogen oxides emission by 22.1%.

The investigation of the heating modes of the engine and the catalytic converter at different ambient temperatures confirmed the growing efficiency of the additional heating at lower temperatures.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Gritsuk I., Volkov V., Mateichyk V., Gutarevych Y., Tsiuman M., Goridko N. The Evaluation of Vehicle Fuel Consumption and Harmful Emission Using the Heating System in a Driving Cycle. SAE Int. J. Fuels Lubr. 2017. № 10(1). p.p.236-248. doi:10.4271/2017-26-0364.
2. Вербовський В.С., Грицук І.В., Адров Д.С., Краснокутська З.І. Дослідження системи передпускового розігріву газового двигуна на основі використання теплового акумулятора з теплоакумуючим матеріалом, що має фазовий перехід. Двигатели внутреннего сгорания. 2013. № 1. С.110-116.
3. Матейчик В.П., Цюман М.П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів. Наукові нотатки. 2010. № 28. С.331-335.
4. Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б., Комов О.Б., Грицук І.В. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування. 2013. № 29. С.138-144.
5. Osipkov V., Ksenevich T., Belousov B., Karasev O. et al. Intelligent Transport Systems: Revolutionary Threats and Evolutionary Solutions. SAE Technical Paper. 2016. 2016-01-0157. doi:10.4271/2016-01-0157.
6. Gritsuk I., Volkov V., Gutarevych Y., Mateichyk V., Verbovskiy V. Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System. SAE Technical Paper. 2016. 2016-01-8071. doi: 10.4271/2016-01-8071.
7. Gritsuk I., Gutarevych Y., Mateichyk V., Volkov V. Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator. SAE Technical Paper. 2016. 2016-01-0204. doi:10.4271/2016-01-0204.
8. Александров В.Д., Гутаревич Ю.Ф., Грицук І.В. та інш. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія. Донецьк: Ноулідж, 2014. 230 с.
9. Александров В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред: монография. Донецк: Донбасс, 2011. 580 с.
10. Gritsuk I., Aleksandrov V., Panchenko S., Kagramanian A. et al. Features of Application Materials While Designing Phase Transition Heat Accumulators of Vehicle Engines. SAE Technical Paper. 2017. 2017-01-5003. doi:10.4271/2017-01-5003.
11. ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежно від палива, необхідного для двигунів.
12. Gritsuk I.V., Mateichyk V., Tsiuman M., Gutarevych Y., Smieszek M., Goridko N. Reducing Harmful Emissions of the Vehicular Engine by Rapid After-Start Heating of the Catalytic Converter Using Thermal Accumulator. SAE Technical Paper. 2018. 2018-01-0784. doi:10.4271/2018-01-0784.

REFERENCES

1. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Gutarevych, Y., Tsiuman M., & Goridko N. (2017). The Evaluation of Vehicle Fuel Consumption and Harmful Emission Using the Heating System in a Driving Cycle. SAE Int. J. Fuels Lubr., 10(1), 236-248, doi:10.4271/2017-26-0364 [in English].
2. Verbovskiy, V.S., Gritsuk, I.V., Adrov, D.S., & Krasnokutskaya, Z.I. (2013). Doslidzhennia systemy peredpuskovoho rozihrivu hazovoho dvyhuna na osnovi vykorystannia teplovoho akumulatora z teploakumuluyuchym materialom, sheho maie fazovyi perekhid [The Investigation of gas engine pre-start heating system based on the use of thermal accumulator with phase-transitional heat accumulating material]. Dvigateli vnutrennego sgoraniya – Internal combustion engines, 1, 110-116 [in Ukrainian].
3. Mateichyk, V.P., & Tsiuman, M.P. (2010). Doslidzhennia vplyvu rehuliuvalnykh parametriv na palyvnu ekonomichnist i ekolohichni pokaznyky benzynovoho dvyhuna z systemoiu neitralizatsii vidpratsovanykh haziv [The study of the adjusting parameters influence on fuel economy and environmental performance of the petrol engine with exhaust gas cleaning system]. Naukovi notatky – Scientific Notes, 28, 331-335 [in Ukrainian].
4. Volkov, V.P., Mateichyk, V.P., Komov, P.B., Komov, O.B., & Gritsuk, I.V. (2013). Orhanizatsiia tekhnichnoi ekspluatatsii avtomobiliv v umovakh formuvannia intelektualnykh transportnykh system

- [Technical operation of vehicles within intelligent transport systems]. Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI". Ser. : Avtomobile- ta traktorobuduvannia – The Herald of National Technical University "KhPI". Series: automobile and tractor production, 29 (1002), 138-144 [in Ukrainian].
5. Osipkov, V., Ksenevich, T., Belousov, B., Karasev, O. et al. (2016). Intelligent Transport Systems: Revolutionary Threats and Evolutionary Solutions. SAE Technical Paper, 2016-01-0157, doi:10.4271/2016-01-0157 [in English].
 6. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., & Verbovskiy, V. (2016). Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System. SAE Technical Paper, 2016-01-8071, doi: 10.4271/2016-01-8071 [in English].
 7. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., & Volkov, V. (2016). Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator. SAE Technical Paper, 2016-01-0204, doi:10.4271/2016-01-0204 [in English].
 8. Aleksandrov, V., Gutarevich, Yu., Gritsuk, I., Prilepskiy, Yu., Postnikov, V., Gushchin, A., et al. (2014). Teplovi akumulatory fazovoho perekhodu dlia transportnykh zasobiv: parametry robochykh protsesiv: monohrafiia [Phase transition heat accumulators for vehicles: the parameters of working processes: monograph]. Donetsk: Noulidzh [in Ukrainian].
 9. Aleksandrov, V.D. (2011). Kinetika zarodysheobrazovaniya I massovoy kristallizatsii perekhlazhdennykh zhidkostey i amorfnykh sred: monografiya [The kinetics of nucleation and mass crystallization of supercooled liquids and amorphous media]. Donetsk: Donbass [in Russian].
 10. Gritsuk, I., Aleksandrov, V., Panchenko, S., Kagramanian, A. et al. (2017). Features of Application Materials While Designing Phase Transition Heat Accumulators of Vehicle Engines. SAE Technical Paper, 2017-01-5003, doi:10.4271/2017-01-5003 [in English].
 11. Yedyni tekhnichni prypysy shchodo ofitsiinoho zatverdzhennia kolisnykh transportnykh zasobiv stosovno vykydiv zabrudniuvalnykh rehovyn zalezho vid palyva, neobkhidnoho dlia dvyhuniv [Common technical regulations on formal approval of wheeled vehicles regarding emission of pollutants depending on the fuel required for engines]. (2009). DSTU UN/ECE R 83-05:2009 [in Ukrainian].
 12. Gritsuk, I.V., Mateichyk, V., Tsiuman, M., Gutarevych, Y., Smieszek, M., & Goridko, N. (2018). Reducing Harmful Emissions of the Vehicular Engine by Rapid After-Start Heating of the Catalytic Converter Using Thermal Accumulator. SAE Technical Paper, 2018-01-0784, doi:10.4271/2018-01-0784 [in English].

РЕФЕРАТ

Цюман М.П. Дослідження використання теплового акумулятора для зниження шкідливих викидів автомобільного двигуна шляхом прискореного післяпускового прогріву каталітичного нейтралізатора. / М.П. Цюман, І.В. Грицук, М. Смешек // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У статті розглянуто особливості оцінювання шкідливих викидів автомобільного двигуна в різних режимах прогріву при використанні системи теплової підготовки каталітичного нейтралізатора з тепловими акумуляторами з фазовим переходом.

Об'єкт дослідження – вплив режиму прогріву та температури навколишнього середовища на паливну економічність та шкідливі викиди транспортного двигуна під час використання теплового акумулятора.

Мета роботи – дослідження використання теплового акумулятора для зниження шкідливих викидів автомобільного двигуна шляхом прискореного післяпускового прогріву каталітичного нейтралізатора.

Метод дослідження – аналіз паливної економічності і шкідливих викидів транспортного двигуна під час використання теплового акумулятора на основі результатів експериментального дослідження і математичного моделювання.

Розглянута система використовує теплову енергію з різних джерел автомобільного двигуна під час його роботи, щоб накопичувати її в теплових акумуляторах. Показана функціональна схема теплової підготовки системи "автомобільний двигун - тепловий акумулятор - каталітичний нейтралізатор". Функціональна схема враховує витрату палива, механічну енергію та шкідливі викиди під час роботи автомобільного двигуна, оснащеного системою нейтралізації відпрацьованих газів і системою теплової підготовки з тепловим акумулятором фазового переходу. У статті наведено основні математичні залежності для опису процесів теплової підготовки автомобільного двигуна та

каталітичного нейтралізатора при використанні системи теплової підготовки з тепловим акумулятором фазового переходу.

У статті використано результати експериментальних досліджень температурного стану каталітичного нейтралізатора при використанні системи теплової підготовки автомобільного двигуна в різних режимах прогріву.

Чисельний експеримент показав, що без засобів додаткового прогріву швидка тепла підготовка каталітичного нейтралізатора до точки Light-off можлива лише під час руху транспортного засобу.

Використання системи теплової підготовки каталітичного нейтралізатора автомобільного двигуна може зменшити час досягнення повного прогріву транспортного двигуна та точки Light-off каталітичного нейтралізатора на 54,5% -61,1% у експлуатаційних умовах, що змінюються.

Результати статті можуть бути впроваджені у науково-дослідних установах, організаціях, що займаються поліпшенням ефективності експлуатації транспортних засобів, а також підприємствами автомобільного транспорту при використанні систем теплової підготовки транспортних засобів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук способів практичної реалізації елементів системи теплової підготовки транспортного засобу в умовах експлуатації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНИЙ ДВИГУН, ШКІДЛИВІ ВИКИДИ, КАТАЛІТИЧНИЙ НЕЙТРАЛІЗАТОР, ПРИСКОРЕНИЙ ПІСЛЯПУСКОВИЙ ПРОГРІВ, ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР.

ABSTRACT

Tsiuman M.P., Gritsuk I.V., Smieszek M. Research of use the thermal accumulator for reducing harmful emissions of the vehicular engine by rapid after-start heating of the catalytic converter. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

The article examines the peculiarities of evaluating the vehicular engine harmful emissions in different heating modes when using thermal development system of the catalytic converter within phase-transitional thermal accumulators.

Object of the study – the impact of heating mode and ambient temperature on the vehicular engine fuel economy and harmful emissions using the thermal accumulator.

Purpose of the study – research of use the thermal accumulator for reducing harmful emissions of the vehicular engine by rapid after-start heating of the catalytic converter.

Method of the study – analysis of the vehicular engine fuel economy and harmful emissions using the thermal accumulator based on the results of experimental research and mathematical modeling.

The system under review uses thermal energy from different sources of the vehicular engine during its operation to accumulate it in thermal accumulators. The functional scheme of thermal development of the "vehicular engine - thermal accumulator - catalytic converter" system is shown. The functional scheme takes into account fuel consumption, mechanical energy and harmful emissions when operating the vehicular engine equipped with the exhaust gases cleaning system and the thermal development system with phase-transitional thermal accumulator. The article shows main mathematical dependencies to describe the processes of thermal development of the vehicular engine and the catalytic converter when using thermal development system with phase-transitional thermal accumulator.

In the article the experimental research results of the catalytic converter temperature condition when using thermal development system of the vehicular engine in different heating modes are used.

A numerical experiment has shown that without additional heating means rapid thermal development of the catalytic converter to Light-off point is possible only when the vehicle is in motion.

Using thermal development system of the vehicular engine catalytic converter can reduce the time of achieving the vehicular engine complete heating and the catalytic converter Light-off point by 54.5% -61.1% under changing operating conditions.

The results of the article can be incorporated in research institutions and organizations, which improving the efficiency of vehicles operation and road transport enterprises when using thermal development system of the vehicles.

Forecast assumptions about the object of study - searching the ways of practical implementation of the vehicle thermal development system elements under operation conditions.

KEYWORDS: VEHICULAR ENGINE, HARMFUL EMISSIONS, CATALYTIC CONVERTER, RAPID AFTER-START HEATING, THERMAL ACCUMULATOR.

РЕФЕРАТ

Цюман Н.П. Исследование использования теплового аккумулятора для снижения вредных выбросов автомобильного двигателя путем ускоренного послепускового прогрева каталитического нейтрализатора / Н.П. Цюман, І.В. Грицук, М. Смешек // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

В статье рассмотрены особенности оценивания вредных выбросов автомобильного двигателя в различных режимах прогрева при использовании системы тепловой подготовки каталитического нейтрализатора с тепловыми аккумуляторами с фазовым переходом.

Объект исследования – влияние режима прогрева и температуры окружающей среды на топливную экономичность и вредные выбросы транспортного двигателя при использовании теплового аккумулятора.

Цель работы – исследование использования теплового аккумулятора для снижения вредных выбросов автомобильного двигателя путем ускоренного послепускового прогрева каталитического нейтрализатора.

Метод исследования – анализ топливной экономичности и вредных выбросов транспортного двигателя при использовании теплового аккумулятора на основе результатов экспериментального исследования и математического моделирования.

Рассмотренная система использует тепловую энергию из различных источников автомобильного двигателя во время его работы, чтобы накапливать ее в тепловых аккумуляторах. Показана функциональная схема тепловой подготовки системы "автомобильный двигатель - тепловой аккумулятор – каталитический нейтрализатор". Функциональная схема учитывает расход топлива, механическую энергию и вредные выбросы при работе автомобильного двигателя, оснащенного системой нейтрализации отработавших газов и системой тепловой подготовки с тепловым аккумулятором фазового перехода. В статье приведены основные математические зависимости для описания процессов тепловой подготовки автомобильного двигателя и каталитического нейтрализатора при использовании системы тепловой подготовки с тепловым аккумулятором фазового перехода.

В статье использованы результаты экспериментальных исследований температурного состояния каталитического нейтрализатора при использовании системы тепловой подготовки автомобильного двигателя в различных режимах прогрева.

Численный эксперимент показал, что без средств дополнительного прогрева быстрая тепловая подготовка каталитического нейтрализатора к точке Light-off возможна только во время движения транспортного средства.

Использование системы тепловой подготовки каталитического нейтрализатора автомобильного двигателя может уменьшить время достижения полного прогрева транспортного двигателя и точки Light-off каталитического нейтрализатора на 54,5%-61,1% в изменяющихся эксплуатационных условиях.

Результаты статьи могут быть внедрены в научно-исследовательских учреждениях, организациях, занимающихся улучшением эффективности эксплуатации транспортных средств, а также предприятиями автомобильного транспорта при использовании систем тепловой подготовки транспортных средств.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – поиск способов практической реализации элементов системы тепловой подготовки транспортного средства в условиях эксплуатации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ, КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР, УСКОРЕННЫЙ ПОСЛЕПУСКОВОЙ ПРОГРЕВ, ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР.

АВТОРИ:

Цюман Микола Павлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +380442804716, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 303, orcid.org/0000-0003-2537-8010.

Грицук Ігор Валерійович, доктор технічних наук, доцент, Херсонська державна морська академія, професор кафедри експлуатації судових енергетичних установок, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, тел. +380666983739, Україна, 73000, м. Херсон, проспект Ушакова, 20, к. 230, orcid.org/0000-0001-7065-6820.

Смешек Мирослав, доктор технічних наук, доцент, Жешовська політехніка, завідувач кафедри кількісних методів, e-mail: msmieszk@prz.edu.pl, тел. +48178651234, Польща, 35-959, м. Жешов, ал. Повстанцов Варшави, 10, к. L-27.300.

AUTHORS:

Tsiuman Mykola P., Ph.D., Associate professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Engines and Heating Engineering, e-mail: tsuman@ukr.net, tel. +380442804716, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka str., 1, of. 303, orcid.org/0000-0003-2537-8010.

Grytsuk Igor V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kherson State Maritime Academy, Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, tel. +380666983739, Ukraine, 73000, Kherson, Ushakova avenue, 20, of. 230, orcid.org/0000-0001-7065-6820.

Śmieszek Mirosław, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Rzeszow University of Technology, Head of Department of Quantitative Methods, e-mail: msmieszk@prz.edu.pl, tel. +48178651234, Poland, 35-959, Rzeszów, al. Powstańców Warszawy, 10, of. L-27.300.

АВТОРЫ:

Цюман Николай Павлович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +380442804716, Украина, 01010, г. Киев, ул. М. Омеляновича-Павленко, 1, к. 303, orcid.org/0000-0003-2537-8010.

Грицук Игорь Валериевич, доктор технических наук, доцент, Херсонская государственная морская академия, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, тел. +380666983739, Украина, 73000, г. Херсон, проспект Ушакова, 20, к. 230, orcid.org/0000-0001-7065-6820.

Смешек Мирослав, доктор технических наук, доцент, Жешовская политехника, заведующий кафедрой количественных методов, e-mail: msmieszk@prz.edu.pl, тел. +48178651234, Польша, 35-959, г. Жешов, ал. Повстанцов Варшавы, 10, к. L-27.300.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Бойченко С.В., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри екології, Київ, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Boichenko S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Aviation University, Head of Ecology Department, Kyiv, Ukraine.

Sakhno V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Automobile Department, Kyiv, Ukraine.

УДК 656.136
UDK 656.136

OCENA TOWAROWEGO TRANSPORTU DROGOWEGO W POLSCE

ZIELIŃSKA Edyta, Dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska, ezielins@prz.edu.pl

ASSESSMENT OF ROAD FREIGHT TRANSPORT IN POLAND

ZIELIŃSKA Edyta, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland, ezielins@prz.edu.pl

ОЦІНКА ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В ПОЛЬЩІ

ЗЕЛІНЬСКА Едита, доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща, ezielins@prz.edu.pl

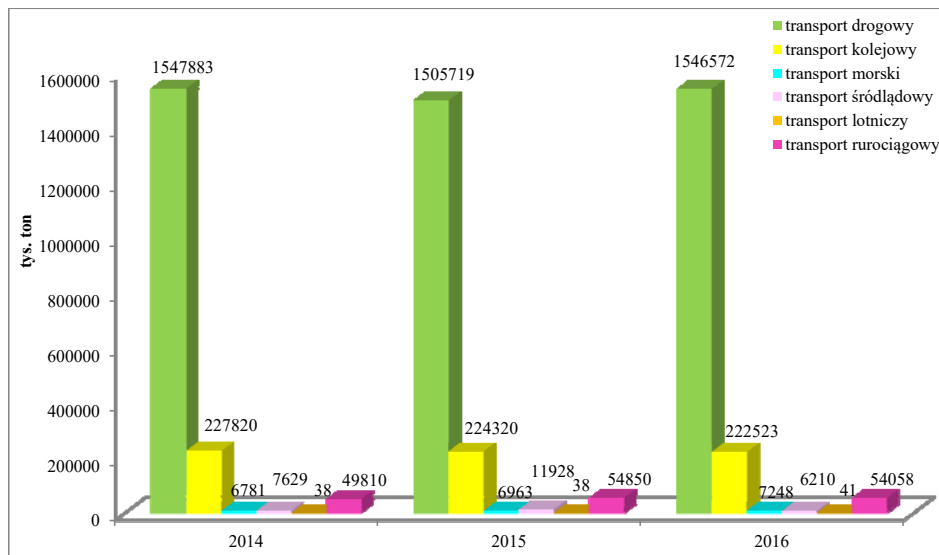
WSTĘP

W Polsce od wielu lat do przewozów towarów najczęściej wykorzystywany jest transport drogowy. O popularności tej gałęzi transportowej świadczyć może rozwinięta infrastruktura drogowa, przestrzenne rozmieszczenie jej elementów liniowych i punktowych oraz najkorzystniejsze dostosowanie sieci dróg do rozmieszczenia miejsc produkcji, handlu oraz konsumpcji. Prognozuje się, że również w przyszłości znaczenie tego rodzaju przemieszczania w naszym kraju nie zmieni się, ponieważ istnieje wiele ambitnych planów rozwoju tej najpopularniejszej w Polsce gałęzi transportu. Co istotne istnieją środki finansowe niezbędne do realizacji najważniejszych inwestycji dla transportu drogowego w naszym kraju.

Istotne znaczenie przy wyborze sposobu dostarczenia towaru do jego odbiorcy ma dostępność do przewoźników i cena za oferowane przez nich usługi. W Polsce można zauważyć, że na rynku usług transportowych najwięcej jest przewoźników drogowych, zdolnych do przemieszczania większości towarów, zarówno w kraju jak i za granicą. W celu pozyskania zleceń transportowych przewoźnicy drogowi muszą zagwarantować swoim zleceniodawcom bezpieczny przewóz towarów. Przewoźnicy uwzględniają właściwości oraz wymagania powierzonego im towaru i na tej podstawie ustalają w jaki sposób wykonać zlecenie transportowe, np. wykorzystują odpowiednie, często specjalizowane pojazdy drogowo, wybierają optymalną trasę przewozu oraz zapewniają niezbędne opakowania. Przewoźnicy drogowi wykonują powierzone im zlecenia transportowe z uwzględnieniem obowiązujących w kraju i za granicą wytycznych w tym zakresie [2,3,5]. Każdy realizowany przez nich proces transportowy, polegający na właściwym dostarczeniu, pod względem jakościowym i ilościowym towaru do miejsca docelowego, jest odpowiednio zaplanowany, zorganizowany i analizowany.

ZAPOTRZEBOWANIE NA TRANSPORT DROGOWY TOWARÓW

W Polsce popyt na transport towarów utrzymuje się na podobnym poziomie od kilku lat, wskazuje na to na pewno liczba przewiezionych ładunków w 2014 r. – 1.839.961 tys. ton, w 2015 r. – 1.803.818 tys. ton oraz w roku 2016 – 1.836.652 tys. ton. Można stwierdzić na podstawie tych danych, że w 2016 r. przewieziono o 32834 tys. ton więcej towarów niż w 2015 r. i o 3309 tys. ton mniej ładunków niż w roku 2014. Największą popularnością w naszym kraju cieszą się przewozy realizowane za pomocą pojazdów samochodowych, następnie kolejowych środków transportowych, znaczną ilość towarów przemieszcza się także rurociągami. Marginalne znaczenie w naszym kraju mają natomiast przewozy ładunków transportem lotniczym, na co istotny wpływ może mieć wysoki koszt tego rodzaju przemieszczania w porównaniu do innych gałęzi oraz ograniczony dostęp do lotnisk [1]. Na rys. 1 pokazano jaki udział w przewozach towarowych w latach 2014-2016 miały poszczególne gałęzie transportowe.

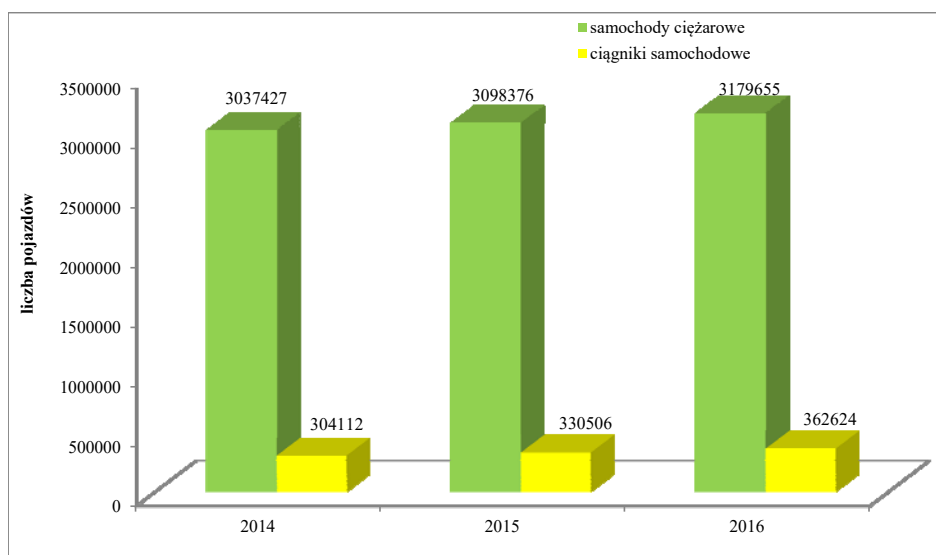


Rysunek 1 – Przewozy towarów według rodzajów transportu [6,7,8]

Figure 1 – Transport of goods by mode of transport [6,7,8]

Przedstawione na powyższym wykresie informacje pozwalają na wyciągnięcie istotnego wniosku, że w Polsce najważniejszą rolę w przewozach towarów ma transport drogowy. W 2016 r. za pomocą tej gałęzi transportowej przewieziono prawie 66% ogółu ładunków, za pomocą kolei około 18,4%, rurociągami 13%, środkami wodnymi 2,8% a samolotami zaledwie 0,1%. Na rys. 1 można także zauważyć, że w 2016 r. w porównaniu do roku 2015 wzrosła liczba towarów przewiezionych transportem drogowym o 40853 tys. ton. Na powyższym wykresie widoczny jest także wzrost zapotrzebowania na transport morski, ponieważ w 2015 r. przemieszczono o 182 tys. ton towarów więcej niż w 2014 r., a w roku 2016 przewóz ładunków był o 285 tys. ton większy niż w roku poprzednim. W roku 2016 nastąpił również nieznaczny wzrost popytu na przewozy towarów transportem lotniczym w porównaniu do 2014 r.

O zapotrzebowaniu na transport drogowy w naszym kraju może także świadczyć rosnąca liczba rejestrowanych w Polsce pojazdów samochodowych przeznaczonych do przewozów towarów. Na rys. 2 pokazano jak w latach 2014-2016 zwiększała się liczba pojazdów ciężarowych i ciągników samochodowych w Polsce.



Rysunek 2 – Samochody ciężarowe i ciągniki samochodowe [6,7,8]

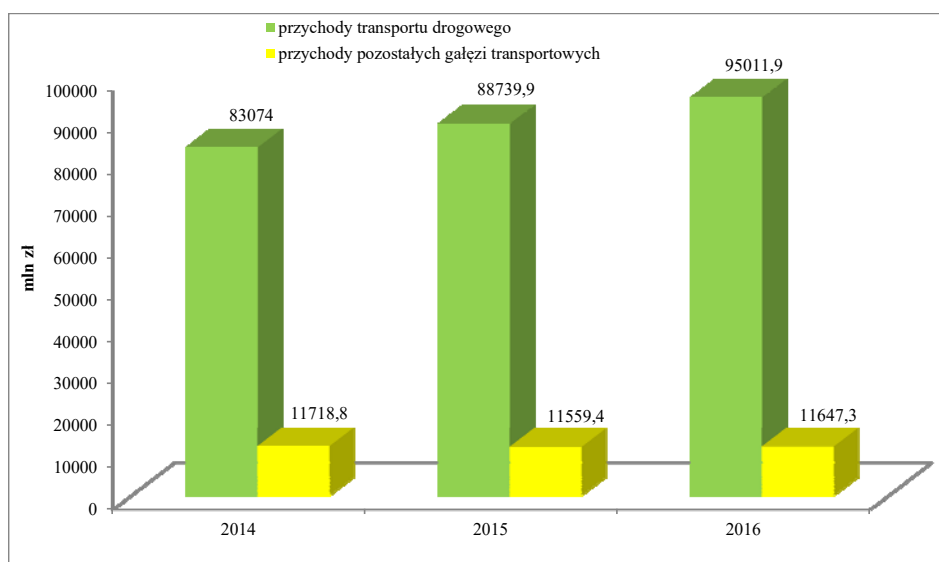
Figure 2 – Lorries and road tractors [6,7,8]

Z danych przedstawionych na rysunku 2 można wywnioskować, że w 2016 r. tabor drogowy przewoźników transportowych zwiększył się w porównaniu do 2015 r. o 113397 pojazdów, a w porównaniu do 2014 r. o 200740 pojazdów. Ciekawą informacją jest również to, że w badanym okresie czasu przybyło nie tylko samochodów ciężarowych, ale również wzrosło zapotrzebowanie na ciągniki samochodowe. Na

rosnącą flotę pojazdów, należących do polskich przewoźników zajmujących się zarobkowym przewozem towarów, duży wpływ w większości przypadków ma ilość zleceń transportowych, im większy popyt na usługi transportowe tym liczniejszy tabor firmowy i odwrotnie, ponieważ koszty utrzymania pojazdów, czyli ich ubezpieczenie, przeglądy, badania diagnostyczne oraz konieczne obsługi i naprawy, są istotnym wydatkiem dla każdego przedsiębiorstwa.

ZNACZENIE W PRZEWOZACH TOWARÓW TRANSPORTU DROGOWEGO

W Polsce przychody z działalności polegającej na przemieszczaniu towarów w 2016 r. Wzrosły w porównaniu do roku 2014 o 11866,4 mln zł. Najbardziej opłacalne dla naszego kraju są jednak usługi wykonywane przez przewoźników drogowych, ponieważ w roku 2014 ich udział w przychodach z transportu ładunków wyniósł 87,6%, w 2015 r. – 88,5%, natomiast w 2016 r. ponad 89% (rys. 3).

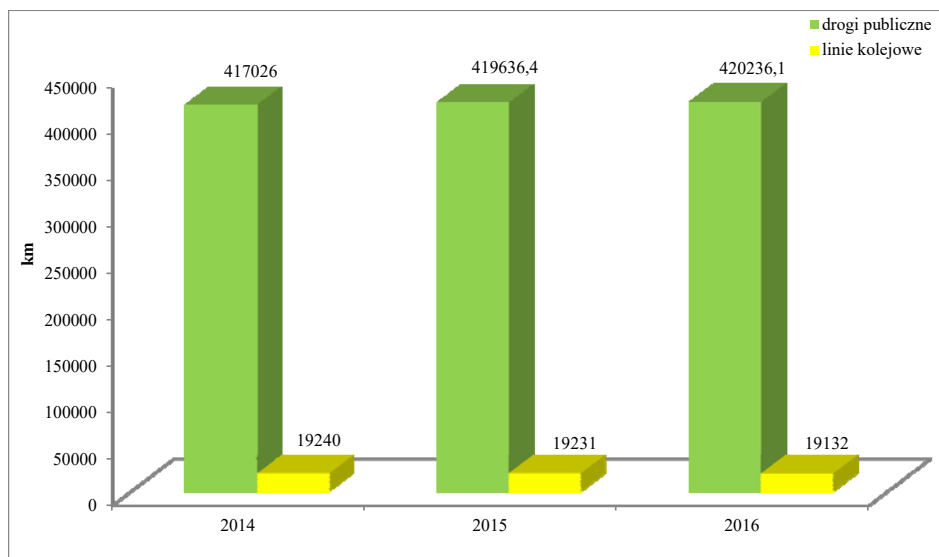


Rysunek 3 – Przychody z transportu towarów [6,7,8]

Figure 3 – Goods transport revenues [6,7,8]

Na rys. 3 zaprezentowany został wzrost przychodów z działalności przewoźników drogowych w zakresie przemieszczania ładunków w latach 2014-2016 o 11937,9 mln zł. Widoczne na tym wykresie jest również zmniejszenie zysków, uzyskanych z przewozu ładunków pozostałymi gałęziami transportowymi, w 2016 r. w porównaniu do 2014 r. o 71,5 mln zł.

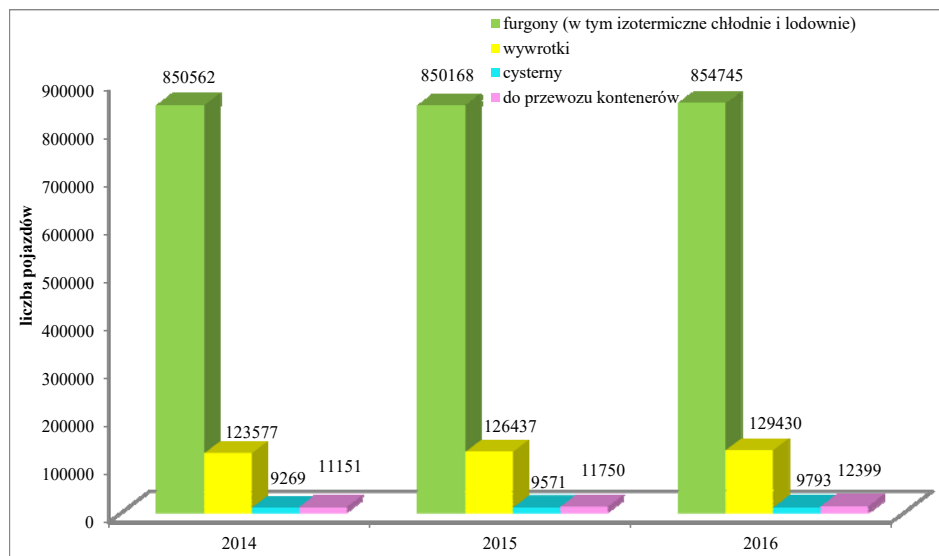
Istotny wpływ na wybór gałęzi transportowej do realizacji przewozów towarowych ma dostęp do infrastruktury. W Polsce infrastruktura drogowa jest znacznie lepiej rozwinięta niż pozostałych gałęzi transportowych, np. gęstość sieci dróg jest ponad 20 razy większa i bardziej równomiernie rozmieszczona niż w transporcie kolejowym (rys. 4). Na rysunku można zauważyć, że w 2016 r. w porównaniu do 2014 r. wzrosła liczba dróg o 3210 km, natomiast w przypadku linii kolejowych w badanym okresie czasu nastąpił spadek o 108 km. W Polsce we wszystkich miejscach produkcji, handlu i konsumpcji, w pierwszej kolejności inwestuje się w rozwój infrastruktury drogowej a nie kolejowej czy lotniczej, co także wpływa na popularność pojazdów samochodowych w przewozach towarów a nie środków z innych gałęzi transportowych. Funkcjonalne rozmieszczenie dróg wpływa także na to, że tylko transport drogowy umożliwia dostarczenie towaru bezpośrednio do miejsca, w którym znajduje się jego odbiorca w myśl zasady „od drzwi do drzwi”.



Rysunek 4 – Drogi publiczne i linie kolejowe [6,7,8]

Figure 4 – Public roads and railway lines [6,7,8]

Kolejnym ważnym czynnikiem mającym wpływ na wybór transportu drogowego do realizacji przewozów towarowych jest przystosowanie pojazdów samochodowych do przemieszczania niemal wszystkich ładunków [4]. Pojazdy samochodowe niezbędne są również na krótkich odcinkach dowozowych i odwozowych, gdy przemieszczanie ładunków odbywa się przy użyciu pociągów, barek, statków czy samolotów, czyli środków transportowych gałęzi, które nie umożliwiają bezpośredniej dostawy towarów do odbiorcy. Na rys. 5 przedstawiono dane w zakresie liczby i typów nadwozia środków transportu drogowego wykorzystywanego w przewozach towarowych.



Rysunek 5 – Samochody ciężarowe wg rodzajów nadwozia [6,7,8]

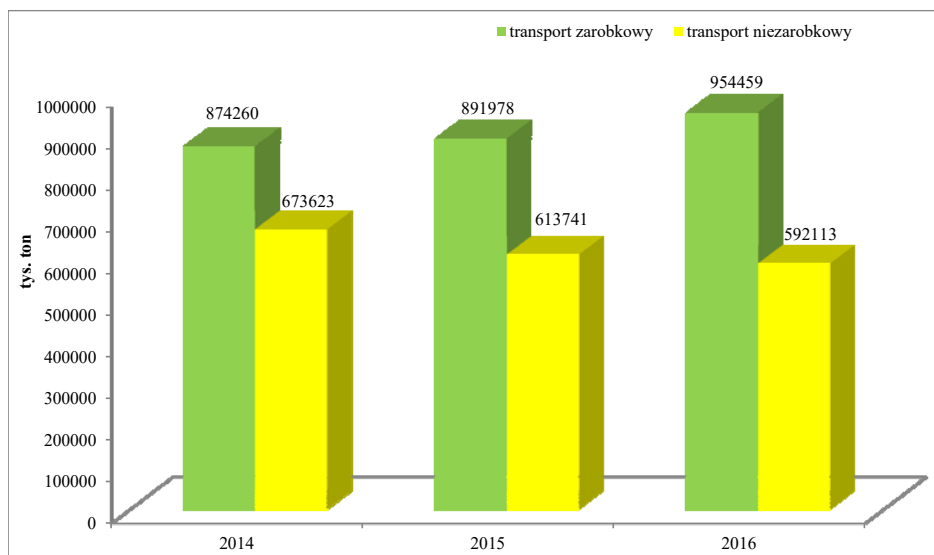
Figure 5 – Lorries by type of body [6,7,8]

Zaprezentowane na rys. 5 wyniki pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

- w Polsce największą popularnością wśród samochodów ciężarowych o nadwoziach specjalizowanych cieszą się furgony przeznaczone m.in. do przewozów ładunków nietrwałych, tzw. ładunków szybko psujących się, np. żywności, ciętych kwiatów, sadzonek, wyrobów perfumeryjnych, czy lekarstw,
- najmniej w naszym kraju w latach 2014-2016 było cystern samochodowych, ale i tak ich liczba powiększyła się w tym okresie o 524 pojazdy,
- w badanym okresie czasu rosło zapotrzebowanie na wszystkie rodzaje samochodów ciężarowych, co wskazywać może na wzrost popytu na transport towarów wymagających specjalnych warunków przewozu.

RODZAJE I KIERUNKI TOWAROWEGO TRANSPORTU DROGOWEGO

Najważniejsze znaczenie w przewozach towarów pojazdami samochodowymi ma w naszym kraju transport zarobkowy wykonywany na rzecz zleceniodawców potrzebujących przewoźników do dystrybucji wytworzonych przez siebie produktów. Oprócz tego typu przewozów świadczonych różnym klientom, wyróżnić można także transport niezarobkowy tzw. na potrzeby własne. Udział transportu zarobkowego i niezarobkowego w latach 2014-2016 w całkowitym przewozie ładunków w Polsce zaprezentowano na rys. 6.



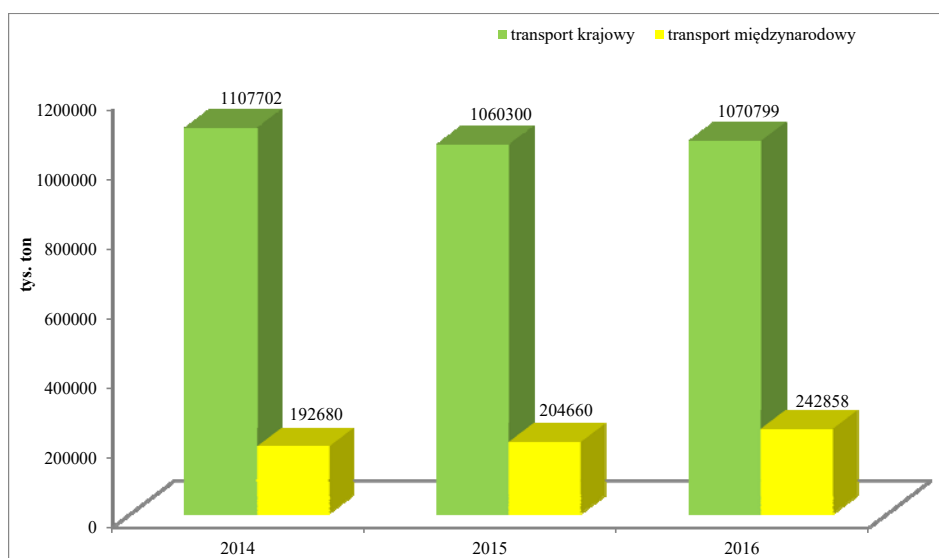
Rysunek 6 – Transport drogowy zarobkowy i na potrzeby własne [6,7,8]

Figure 6 – Road transport for hire and on own account [6,7,8]

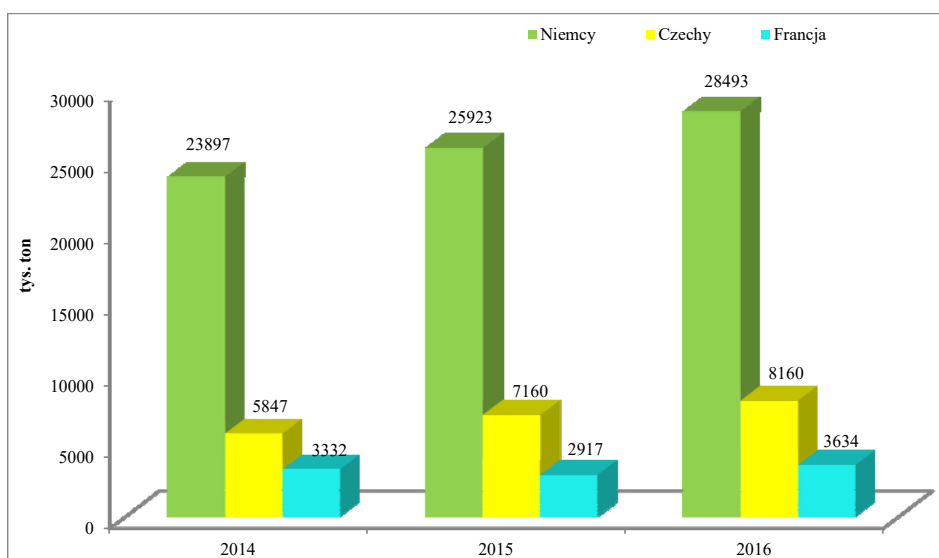
Na powyżej przedstawionym wykresie widoczna jest znaczna przewaga transportu zarobkowego nad niezarobkowym, w 2014 r. różnica ta wynosiła prawie 201 tys. ton, w 2015 r. już około 278 tys. ton a w roku 2016 ponad 362 tys. ton. Co istotne od 2014 r. do 2016 r. rośnie zapotrzebowanie na transport zarobkowy i maleje zainteresowanie transportem na potrzeby własne.

Transport drogowy ładunków można także podzielić na krajowy i międzynarodowy. Jak wynika z danych zaprezentowanych na rys. 7 w Polsce w latach 2014-2016 największe znaczenie w transporcie drogowym miały krajowe przewozy towarów, mimo tego że ich liczba w badanym okresie czasu zmniejszyła się prawie o 37 tys. ton a popyt na transport międzynarodowy wzrósł o około 50 tys. ton. Na rys. 7 zauważyć można również, że w ocenianym okresie czasu przewóz ładunków w kraju był większy niż transport międzynarodowy, w 2014 r. o około 915 tys. ton, w 2015 r. o prawie 856 tys. ton a w 2016 r. o ponad 827 tys. ton.

Ostatnim kryterium oceny towarowego transportu drogowego w niniejszym artykule będzie liczba przewiezionych w latach 2014-2016 ładunków eksportowanych (rys. 8) oraz importowanych (rys. 9). Na rys. 8 i rys. 9 wymieniono po trzy europejskie państwa, z którymi współpraca w zakresie transportu towarów pojazdami samochodowymi układała się najlepiej w 2016 r. Rysunek 8 pozwala na wniosek, że w 2016 r. najwięcej towarów transportem drogowym z Polski wywieziono do Niemiec, Czech i Francji. Można także stwierdzić, że zwiększyła się liczba przewiezionych ładunków do Niemiec w 2016 r. w porównaniu do roku 2014 o 4596 tys. ton. Co roku zwiększał się także popyt na towary sprowadzane z Polski do Czech transportem drogowym, ponieważ w 2015 r. eksportowano o 1313 tys. ton ładunków więcej niż w 2014 r., a w 2016 r. więcej o 1000 tys. ton niż w roku poprzednim. Z informacji przedstawionych rys. 8 wynika, że w 2015 r. w stosunku do roku poprzedniego zmniejszyło się zapotrzebowanie na towary wywożone z Polski do Francji o 415 tys. ton, natomiast w 2016 r. liczba eksportowanych towarów wzrosła w porównaniu do 2015 r. o 717 tys. ton a w zestawieniu z 2014 r. o 302 tys. ton.



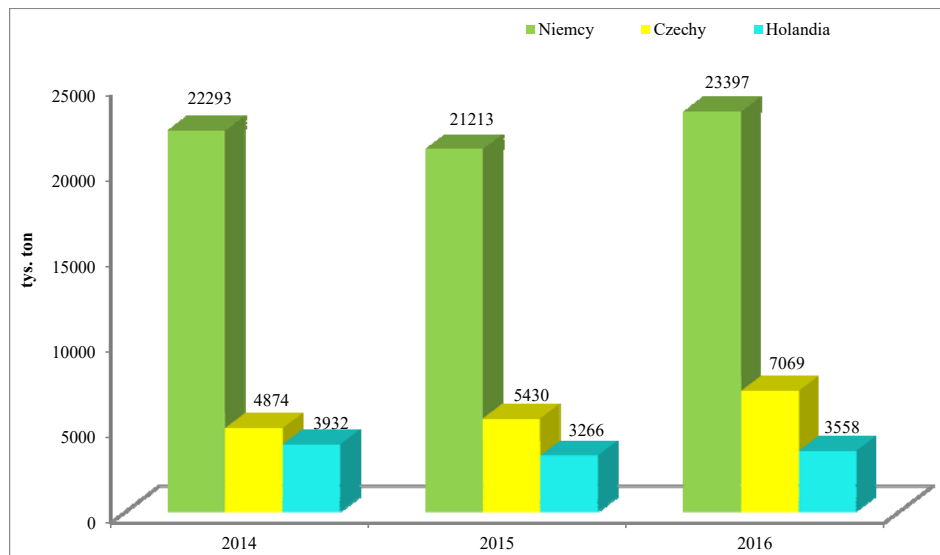
Rysunek 7 – Transport drogowy krajowy i międzynarodowy [6,7,8]
Figure 7 – National and international road transport [6,7,8]



Rysunek 8 – Przewozy towarów eksportowanych transportem drogowym [6,7,8]
Figure 8 – Export of goods by road transport [6,7,8]

Analizując dane pokazane na rys. 9 nasuują się następujące wnioski:

- w 2016 r. najwięcej towarów do Polski za pomocą pojazdów samochodowych sprowadzono z Niemiec, Czech i Holandii,
- liczba przywiezionych z Niemiec do Polski towarów w 2016 r. była większa o 12770 tys. ton niż suma importowanych w tym samym okresie ładunków z Czech i Holandii,
- import towarów z Czech do Polski w badanym okresie czasu ciągle wzrastał, ponieważ w 2015 r. przewieziono o 556 tys. ton ładunków więcej niż w 2014 r. a w 2016 r. o 1639 tys. ton więcej niż w roku poprzednim.



Rysunek 9 – Przewozy towarów importowanych transportem drogowym [6,7,8]

Figure 9 – Import of goods by road transport [6,7,8]

PODSUMOWANIE

Z opracowanej w artykule analizy zapotrzebowania na transport ładunków w Polsce wynika, że najczęściej towarów w latach 2014-2016 przewieziono za pomocą pojazdów samochodowych. Przewozy ładunków transportem drogowym stanowiły w 2016 r. prawie 66% ogółu przewozów towarowych. Na tak dużą popularność tej gałęzi transportowej wpływ ma wiele istotnych czynników, m.in. dostęp do infrastruktury drogowej, która corocznie jest rozwijana i wszelkie prognozy wskazują na to, że ta tendencja nie zmieni się również w najbliższych latach. O zwiększającym się popycie na przewóz towarów środkami transportu drogowego świadczy także rosnący tabor przewoźników samochodowych, którzy w 2016 r. zakupili o 113397 pojazdów więcej niż w 2015 r. i o 200740 pojazdów więcej niż w roku 2014.

Oceniając drogowy transport ładunków w Polsce należy zwrócić także uwagę na przychody z tego tytułu dla naszego kraju. Korzyści z działalności polegającej na przemieszczaniu towarów wszystkimi gałęziami transportu w 2016 r. wzrosły w porównaniu do roku 2014 o 11866,4 mln zł. Udział w tych przychodach transportu drogowego był w latach 2014-2016 imponujący, bo wyniósł kolejno 87,6%, 88,5% i ponad 89%. Opracowana w niniejszym artykule analiza pozwoliła także na stwierdzenie, że polski transport drogowy jest wykorzystywany głównie do celów zarobkowych i realizuje najczęściej zlecenia przewozowe na terenie naszego kraju. W zakresie przewozów międzynarodowych najważniejszym dla polskich przewoźników drogowych państwem były Niemcy, ponieważ w latach 2014-2016 najwięcej towarów było tam eksportowanych z naszego kraju oraz stamtąd importowanych.

LITERATURA

1. Dyjak K. (2018) Ocena usług realizowanych przez przewoźników w zakresie transportu ładunków. Praca inżynierska Politechniki Rzeszowskiej (promotor: E. Zielińska), Rzeszów 2018.
2. Hrycak A., Młotek C. (2017) Monitorowanie przewozów towarów: sprostaj nowym obowiązkom. Wyd. Wiedza i Praktyka, Warszawa.
3. Krasucki Z. (2002) Transport i spedycja w handlu zagranicznym. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
4. Lejda K., Zielińska E., Siedlecka S. (2016) Wymagania dotyczące przewozu ładunków wrażliwych. Monografia, Seria: TRANSPORT N° 7 nt. „Systemy i środki transportu samochodowego”, Rzeszów.
5. Zielińska E. (2015) Ocena rynku usług spedycyjnych w Polsce. Monografia, Seria: TRANSPORT N° 6 nt. „Systemy i środki transportu samochodowego”, Rzeszów.
6. GUS: Transport. Wyniki działalności w 2014 r.
7. GUS: Transport. Wyniki działalności w 2015 r.
8. GUS: Transport. Wyniki działalności w 2016 r.

STRESZCZENIE

ZIELIŃSKA EDYTA. Ocena towarowego transportu drogowego w Polsce / Edyta ZIELIŃSKA // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. Seria "Nauki techniczne". – K. : NTU, 2018. – № 3(42).

W niniejszym artykule analizie poddano polski transport drogowy ładunków w latach 2014-2016. Przedstawiono m.in. zapotrzebowanie na towarowy transport drogowy w naszym kraju w porównaniu do innych gałęzi transportowych, zaprezentowano liczbę przemieszczonych ładunków w badanym okresie czasu oraz wzrastający popyt na pojazdy ciężarowe i ciągniki samochodowe, umożliwiające realizację usług przewozowych. Dodatkowo, celem podkreślenia roli transportu drogowego w Polsce, pokazano znaczną różnicę w przychodach uzyskiwanych z przewozu ładunków pojazdami samochodowymi w porównaniu do zysków osiąganych przez inne rodzaje transportu. Treścią artykułu były także informacje dotyczące tego, do jakich przewozów transport drogowy jest najczęściej wykorzystywany. Dane o przewozach ładunków transportem drogowym dotyczą całego transportu samochodowego, tj. zarobkowego i gospodarczego w sektorze publicznym i prywatnym. Przez transport samochodowy zarobkowy rozumie się świadczenie usług przewozowych za opłatą, a przez transport samochodowy gospodarczy – wykonywanie przewozów ładunków na własne potrzeby, tj. bez opłaty. Dane o transporcie ładunków obejmują przewozy realizowane przez polskich przewoźników w transporcie krajowym i w transporcie międzynarodowym. Za przewozy towarów w transporcie krajowym uważa się przewozy, w których zarówno załadunek ładunków jak i ich wyładunek miał miejsce wyłącznie na terytorium Polski. Do przewozów towarów w transporcie międzynarodowym zalicza się przewozy ładunków eksportowanych (ładunków załadowanych w kraju na pojazdy samochodowe, przewiezionych na tych pojazdach i wyładowanych zagranicą); importowanych (ładunków załadowanych zagranicą na pojazdy samochodowe, przewiezionych na tych pojazdach i wyładowanych w kraju); pomiędzy obcymi krajami (przewozy ładunków, których miejsce załadunku i wyładunku znajduje się na terenie dwóch różnych krajów innych niż Polska) – w danych tych ujęte są również przewozy, dla których część trasy przebiega przez Polskę (transyt przez Polskę); w ramach kabotażu (przewozy ładunków, których miejsce załadunku i wyładunku znajduje się na terenie tego samego kraju innego niż Polska). Ponadto w publikacji zamieszczono wybrane dane o krajach Unii Europejskiej.

РЕФЕРАТ

ЗЕЛІНЬСКА Едита. Оцінка вантажного автомобільного транспорту в польщі / Едита ЗЕЛІНЬСКА // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

У даній статті проаналізовано польський вантажний автомобільний транспорт у 2014-2016 роках. Представлено потребу в товарному дорожньому транспорті в нашій країні порівняно з іншими транспортними гілками, продемонстровано число переміщених вантажів в досліджуваному періоді часу та зростаючий попит на вантажні транспортні засоби і автомобільні тягачі, що дозволяють реалізовувати послуги з перевезення. Додатково, з метою підкреслення ролі дорожнього транспорту в Польщі, показано значну різницю в доходах, які отримуються з вантажних перевезень автомобільними транспортними засобами порівняно із прибутками, що досягаються іншими видами транспорту. Також у змісті статті відображено для яких перевезень дорожні транспортні засоби найчастіше використовуються. Дані про вантажоперевезення дорожнім транспортом стосуються всього автотранспорту, тобто комерційного і господарського, в публічному і приватному секторі. Під комерційним автотранспортом розуміємо забезпечення послуг з перевезення за оплату, а під господарським автотранспортом – виконання вантажоперевезень на власні потреби, тобто без оплати. Дані включають перевезення, реалізовані польськими перевізниками в межах держави та в межах міжнародного транспортного сполучення. За перевезення в межах держави вважаються ті, в яких, як завантаження вантажів, так і їх розвантаження відбувалось виключно на території Польщі. До міжнародних транспортних перевезень відносяться вантажоперевезення що експортуються (вантажі, завантажені в країні на автомобільні транспортні засоби, перевезені на цих транспортних засобах і розвантажених закордоном); імпортуються (вантажі, завантажені закордоном на автомобільні транспортні засоби, перевезені на цих транспортних засобах і розвантажених в країні); між чужими країнами (вантажоперевезення, для яких місце завантаження і вивантаження знаходиться на території двох різних, країн відмінних від Польщі) – у даних також враховані перевезення, для яких частина траси проходить через Польщу (транзит через Польщу); у рамках каботажу (вантажоперевезення, для яких місце завантаження і вивантаження знаходиться на території цієї самої іншої країни, відмінної від Польщі). Крім того в публікації відображені вибіркові дані про країни Європейського союзу.

ABSTRACT

ZIELINSKA Edyta. Assessment of road freight transport in Poland. Visnyk of National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

This paper analyses Polish road freight transport in 2014-2016. It presents, among others, the demand for freight transport by road in our country compared with other transport branches, the number of freights carried in the studied period is provided as well as an increasing demand for heavy goods vehicles and tractor units, which allow for carrying out transport services. Moreover, to highlight the role of road transport in Poland, a significant difference between income earned from carriage of goods by motor vehicles and the income derived from other types of transport is also described. The paper also includes the information about for what kind of carriage the road transport was used most frequently. Data concerning goods road transport regards total road transport, i.e. both for hire or reward and on own account, in public and private sectors. Road transport for hire or reward is understood as providing paid transport services and road transport on own account as carriage of goods on own needs, i.e. without payment. Data concerning transport of goods includes national and international transport carried out by Polish carriers. National goods road transport is understood as transport, in which both the loading of goods and their unloading took place on the territory of Poland. International goods road transport includes the carriage of exported goods (goods loaded in Poland onto motor vehicles, carried on the vehicles and unloaded abroad); imported goods (goods loaded abroad onto motor vehicles, carried on the vehicles and unloaded in Poland); goods within cross-trade (carriage of goods, whose place of loading and unloading is located on the territories of two different countries, other than Poland) – the data include also carriage, whose journey runs partially through the territory of Poland (transit via Poland); goods within cabotage (carriage of goods, whose place of loading and unloading is located on the territory of the same country, other than Poland). Moreover, the publication includes selected data about European Union countries.

AUTOR:

ZIELINSKA Edyta, Dr inż., Politechnika Rzeszowska, adiunkt, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, ezielins@prz.edu.pl, tel.: +48178651100, 35-959, Rzeszów, Polska, Al. Powstańców Warszawy 12

АВТОР:

ЗЕЛІНЬСКА Едита, кандидат технічних наук, Жешовська Політехніка, доцент, кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, ezielins@prz.edu.pl, тел.: +48178651100, 35-959, Жешув, Польща, бульвар Повстанців Варшави 12

AUTHOR:

ZIELINSKA Edyta, PhD., Rzeszow University of Technology, associate professor of the internal combustion engines and transport department, ezielins@prz.edu.pl, tel.: +48178651100, 35-959, Rzeszow, Poland, Av. Powstancow Warszawy 12

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту і матеріалознавства, Київ, Україна.

Любас Януш, доктор технічних наук, професор, Жешувська політехніка, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Жешув, Польща.

REVIEWER:

Posviatenko E.K., Doctor of Technical Sciences, professor, National Transport University, professor of the production, repair and materials science department, Kyiv, Ukraine.

Lubas Janush, Doctor of Technical Sciences, professor, Rzeszow University of Technology, professor of the internal combustion engines and transport department, Rzeszow, Poland.

УДК 665.753(045)

UDC 665.753(045)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА, З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Яковлева А.В., кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна,
anna.yakovlieva@nau.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7618-7129

Бойченко С.В., доктор технічних наук, Національний авіаційний університет, Київ, Україна,
chemmotology@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1196-3852

Щербаченко В.А., Національний авіаційний університет, Київ, Україна
vladyslav.shcherbachenko@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0699-7716

STUDYING EXPLOITATION PARAMETERS OF JET ENGINE POWERED BY ALTERNATIVE FUELS BASED ON RENEWABLE PLANT FEEDSTOCK

Yakovlieva A.V., PhD, National aviation university, Kyiv, Ukraine, anna.yakovlieva@nau.edu.ua,
orcid.org/0000-0002-7618-7129,

Boichenko S.V., Doctor of Technical Sciences, National aviation university, Kyiv, Ukraine,
chemmotology@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1196-3852,

Shcherbachenko V.A., National aviation university, Kyiv, Ukraine,
vladyslav.shcherbachenko@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0699-7716

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Яковлева А.В., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, Киев,
Украина, anna.yakovlieva@nau.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7618-7129

Бойченко С.В., доктор технических наук, Национальный авиационный университет, Киев,
Украина, chemmotology@ukr.net, orcid.org/0000-0002-1196-3852

Щербаченко В.А., Национальный авиационный университет, Киев, Украина,
vladyslav.shcherbachenko@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0699-7716

Вступ

Сучасний сектор повітряного транспорту постійно розвивається. Світовий обсяг авіаперевезень збільшується на 4–5 % щорічно. Діяльність сучасної транспортної галузі забезпечується завдяки практично єдиному джерелу викопного палива – нафті, яка постачає 95 % загальної енергії, що використовується у світовому транспорті. На сьогоднішній день цивільна авіація переважно використовує похідну від нафтопродукту – авіаційний керосин, відомий як реактивне паливо. У майбутньому це може викликати небезпеку щодо безпеки постачання палива та експлуатаційних витрат. Окрім ситуації з виснаженням родовищ сирої нафти, стан навколишнього середовища викликає особливу стурбованість. Згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату, транспорт є причиною 23 % світових викидів парникових газів та близько 2 % пов'язаних з авіацією. За прогнозами, споживання енергії в світі транспортом зростатиме приблизно на 2 % кожного року, а загальне споживання енергії транспортом до 2030 р. буде приблизно на 80 % перевищувати поточний рівень.

Вищезазначені чинники викликали інтерес до розвитку авіаційного палива, виробленого з альтернативних джерел. Прогрес у хімічній технології забезпечує альтернативні способи виробництва авіаційних палив переробленням вугілля, газу або різних видів біомаси. Сьогодні вчені переважно працюють над виробництвом відновлюваних реактивних палив (паливо, яке виробляється з відновлюваних джерел сировини – рослинних олій, жирів, крохмалю або цукровий рослин, органічних відходів, водоростей тощо) та поліпшення їх властивостей. Паралельно із забезпеченням наявності сировини для виробництва авіаційного палива і забезпечення високої якості нових видів палива, надійних в експлуатації на повітряних судах, важливим фактором є зменшення викидів відпрацьованих газів.

Перш ніж використовувати нове альтернативне авіаційне паливо на комерційних рейсах, потрібно провести довготривалий комплекс досліджень та випробувань. Зазвичай він включає в себе наступні етапи: лабораторний метод дослідження альтернативного палива, лабораторні випробування фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних властивостей, стендові випробування на модельних реактивних двигунах, тестові польоти, розробка нормативної документації для нових альтернативних реактивних палив.

Робота присвячена дослідженню параметрів роботи газотурбінного двигуна (ГТД) з використанням традиційного та альтернативного авіаційного палива під час випробування на стенді. Основною метою дослідження є тестування та порівняння звичайного реактивного палива та нещодавно розробленого альтернативного реактивного палива в умовах експлуатації двигуна та підтвердження гіпотези про те, що альтернативні реактивні палива можуть бути використані як робочі палива для реактивних двигунів, що забезпечує його надійну та ефективну роботу.

Актуальність дослідження екологічних ризиків не викликає сумнівів, адже аналіз ризику є частиною системного підходу до прийняття політичних рішень, процедур і практичних заходів у вирішенні завдань попередження або зменшення небезпеки для життя людини, захворювань або шкоди навколишньому середовищу, званого в нашій країні забезпеченням промислової безпеки, а за кордоном – управлінням ризиком. При цьому аналіз ризику або ризик-аналіз визначається як систематичне використання наявної інформації для виявлення небезпек і оцінки ризику для окремих осіб або груп населення, майна або навколишнього середовища.

Основна частина

Стендові випробування ГТД виконували з метою випробування нових альтернативних палив для ГТД, модифікованих біодобавками та доведення гіпотези, що таке паливо, може використовуватися як робоче тіло авіаційних двигунів. Програма стендових випробувань ГТД передбачає дослідження двох видів альтернативних палив, модифікованих біодобавками, на певних робочих режимах ГТД з фіксацією визначених експлуатаційних характеристик та подальшим порівнянням з характеристиками за використання традиційного палива для ГТД.

При цьому якість палива визначали за дросельними характеристиками двигуна, зведеними до стандартних атмосферних умов (САУ), саме тягою, погодинною витратою палива, температурою робочого тіла за турбіною, тиску за компресором, тиску у паливному колекторі та прийомистості в залежності від швидкості обертання ротора двигуна).

Для виконання стендових випробувань використовували традиційне паливо для ГТД марки Jet A-1 та нові альтернативні види палива з використанням біодобавки, що представляють собою етилові естери жирних кислот (ЕЕЖК) ріпакової олії, що були виготовлені в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії Національної академії наук України та були спеціально модифіковані вакуумною перегонкою.

Таблиця 1 – Опис зразків палива, що використовуються для випробувань
Table 1 – Description of fuel samples used for the tests

№	Опис зразків палива	Позначення зразків
1.	Паливо для ГТД марки Jet A-1	Паливо для ГТД
2.	Паливо для ГТД + 10% біодобавки модифікованої ЕЕЖК	Паливо для ГТД + 10% ЕЕЖК(М)
3.	Паливо для ГТД + 20% біодобавки модифікованої ЕЕЖК	Паливо для ГТД + 20% ЕЕЖК(М)

Головною метою роботи є дослідження робочих характеристик авіаційного двигуна (АД) з використанням нових альтернативних палив для повітряно-реактивних двигунів (ПРД), модифікованих біодобавками на основі рослинних олій та довести, що такі палива, можуть використовуватися як робоче тіло ГТД.

Таким чином далі буде описано висновки стосовно кожного індивідуального параметру дослідження.

Тяга. На рис. 1 наведено результати вимірювання тяги ГТД з використанням традиційного палива для ГТД, альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) у кількості 10 % та 20 %. Зміна тягової характеристики представлена як функція умов роботи двигуна – кута α ВКД.

Результати на рисунку 2 показують істотну різницю в тязі за використання традиційного палива для ГТД та альтернативних палив. Вихід двигуна з режиму холостого ходу до 0,8 від

номінального та створення тяги близько 4000 Н за використання альтернативного палива забезпечується меншою відносною частотою обертання ротора (48,5 %). У порівнянні з традиційним паливом для ГТД таке ж значення тяги забезпечується більш високою частотою обертання ротора (близько 58 %).

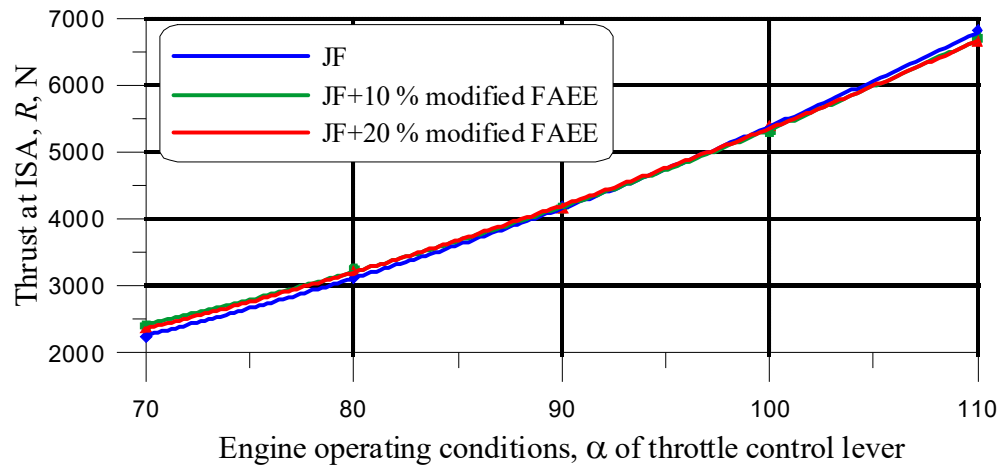


Рисунок 1 – Тяга ГТД як функція умов роботи двигуна від кута α ВКД з використанням: 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)
Figure 1 – Jet engine thrust as a function of engine operating conditions when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10 % of modified FAEE; 3 – JF + 20 % of modified FAEE

Бачимо, що для створення тих показників тяги виконується менша робота двигуна. Результати показують, що альтернативне паливо для ГТД є більш ефективним у порівнянні з традиційним паливом марки Jet A-1. У той же час не було виявлено істотної різниці в тязі ГТД, під час використання палива для ГТД, модифікованими біодобавками у кількості 10 % та у кількості 20 %.

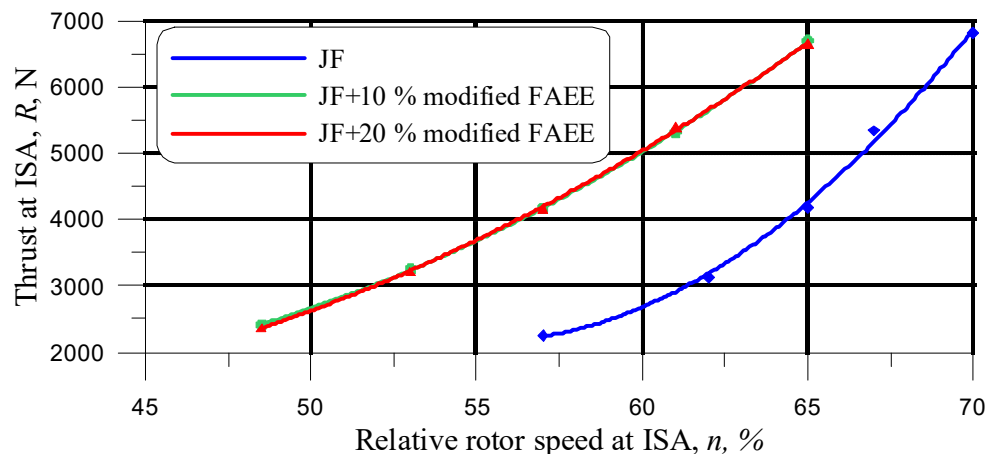


Рисунок 2 – Тяга ГТД як функція частоти обертання ротора з використанням: 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)
Figure 2 – Jet engine thrust as a function of engine rotor speed when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10 % of modified FAEE; 3 – JF + 20 % of modified FAEE

Витрата палива. На рисунку 3 показано результат визначення витрати палива ГТД ГТД з використанням традиційного палива для ГТД, альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) у кількості 10 % та 20 %. Значення витрати палива представлено як функцію умов роботи двигуна – кута α ВКД. На графіку подано дані про об'ємну витрату палива.

Якщо співвіднести отримані результати витрати палива з результатами тяги ГТД, ми можемо зробити загальний висновок про те, що ГТД повинен виконувати меншу роботу для досягнення тих самих характеристик ефективності (тяга та витрата палива) у випадку, коли працює на альтернативному паливі, модифікованому біодобавками. Таким чином, отриманий результат дозволяє

зробити висновок про підвищення енергетичної та паливної ефективності нових альтернативних палив для ГТД.

Використання альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) зумовлює зниження витрати палива у порівнянні з традиційним паливом для ГТД.

Цей позитивний результат по зниженню витрати палива був досягнутий завдяки вищій густині альтернативного палива для ГТД.

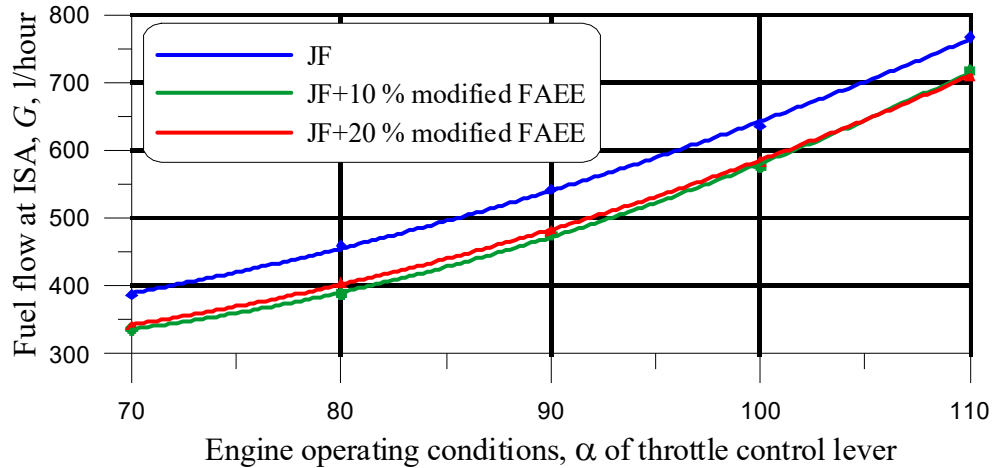


Рисунок 3 – Витрата палива як функція умов роботи ГТД від кута α ВКД з використанням:
 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)
 Figure 3 – Fuel flow as a function of engine rotor speed when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10 % of modified FAEE; 3 – JF + 20 % of modified FAEE

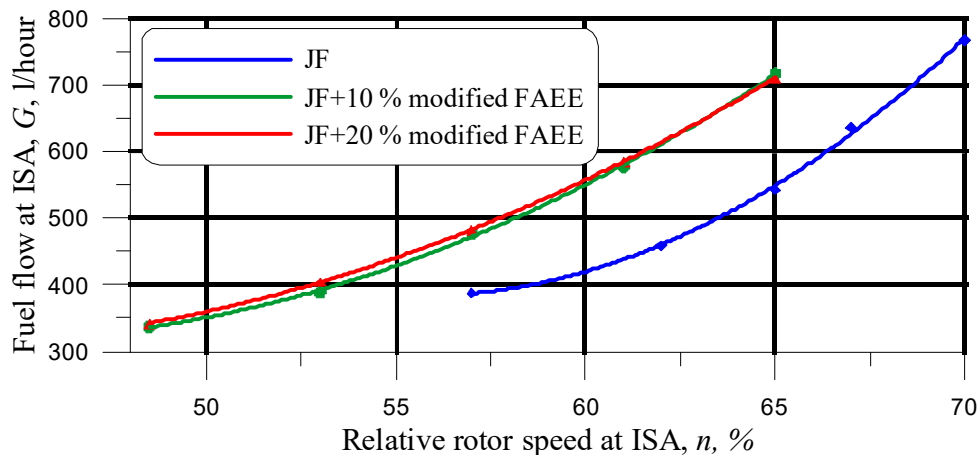


Рисунок 4 – Витрата палива як функція частоти обертання ротора ГТД з використанням:
 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)
 Figure 4 – Fuel flow as a function of engine rotor speed when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10% of modified FAEE; 3 – JF + 20% of modified FAEE

Тиск на форсунках. Наступний рисунок 5 показує результати визначення тиску на форсунках перед введенням палива в камеру згоряння з використанням традиційного палива для ГТД, альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) у кількості 10 % та 20 %. Даний параметр представлено як функцію умов роботи двигуна – кута α ВКД.

З наведеного графіка видно, що тиск на форсунках, що утворюється під час постачання всіх досліджених зразків палив, не має значних відмінностей. При виході ГТД з режиму холостого ходу до 0,8 номінального режиму ($\alpha \approx 80$) паливо, модифіковане біодобавками у кількості 10 % та 20 %, зумовлює підвищений тиск у паливному колекторі. Це може бути пояснено більшими значеннями в'язкості альтернативного палива. У той же час під час виходу на 0,9 номінального режиму ($\alpha \approx 90 \rightarrow 100$) різниця в тиску стає меншою. Та на номінальному режимі ($\alpha \approx 110$) всі випробувані палива показали однакові значення тиску на форсунках. Загалом, експериментальні значення тиску в перебувають у допустимих межах.

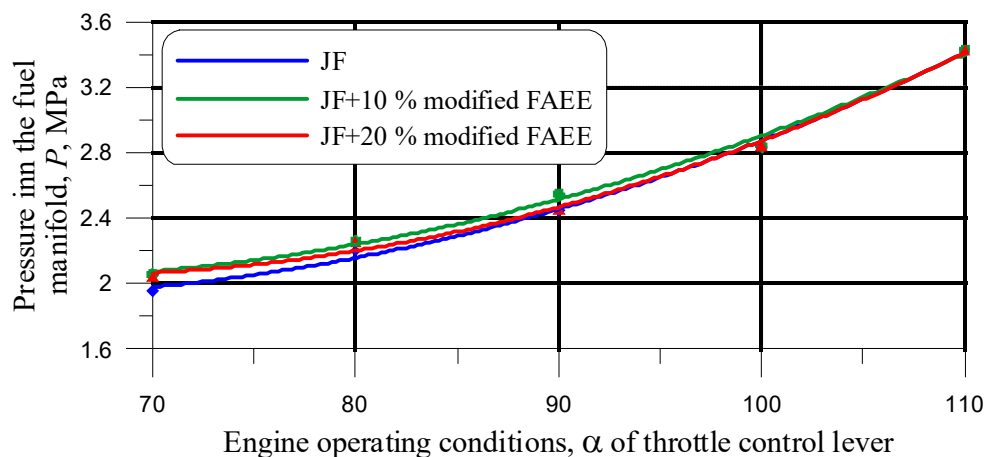


Рисунок 5 – Тиск на форсунках як функція умов роботи ГТД від кута α ВКД з використанням: 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)
 Figure 5 – Pressure in fuel manifold as a function of engine operating conditions when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10 % of modified FAEE; 3 – JF + 20 % of modified FAEE

Температура газу за турбіною. На рисунку 6 наведено результат вимірювання температури газу за турбіною ГТД з використанням традиційного палива для ГТД, альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) у кількості 10 % та 20 %. Даний параметр представлено як функцію умов роботи двигуна – кута α ВКД.

З наведеного графіка видно, що використання традиційного палива забезпечує підвищення температури газу за турбіною порівняно з альтернативними паливами. Тут спостерігається поступове зменшення температури газу за турбіною при збільшенні вмісту біодобавки в альтернативних паливах. Цей ефект вважається позитивним через кілька причин. Перш за все, зниження температури може позитивно впливати на матеріали та структуру вихлопної системи ГТД. Відомо, що металеві сплави, які використовуються для виготовлення жарових труб, повинні бути стійкими до надзвичайно високих температур, що створюються струменями гарячого газу. Таким чином, використання альтернативного палива може сприяти підвищенню довговічності конструкції ГТД.

Відомо також, що висока температура газового потоку, є причиною окиснення атмосферного азоту та утворення викидів NO_x . Існує пряма залежність між температурою газу та кількістю викидів NO_x . З цього твердження можна зробити висновок, що зниження температури за турбіною може позитивно впливати на загальне скорочення викидів NO_x .

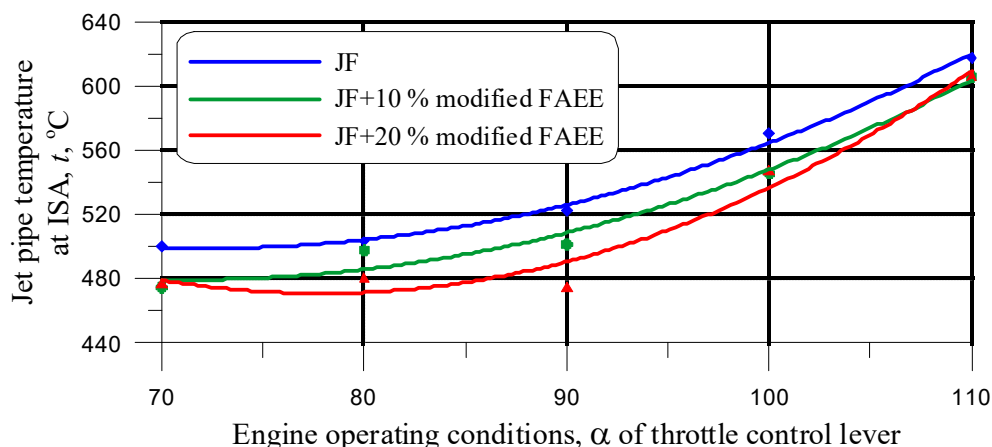


Рисунок 6 – Температура газу за турбіною як функція умов роботи ГТД від кута α ВКД з використанням: 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)

Fig. 6. Jet pipe temperature as a function of engine rotor speed when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10 % of modified FAEE; 3 – JF + 20 % of modified FAEE

Відносна частота обертання ротора. На рисунку 7 наведено результати дослідження відносної частоти обертання ротора ГТД з використанням традиційного палива для ГТД, альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) у кількості 10 % та 20 %. Вивчений параметр представлено як функцію умов роботи двигуна – кута α ВКД.

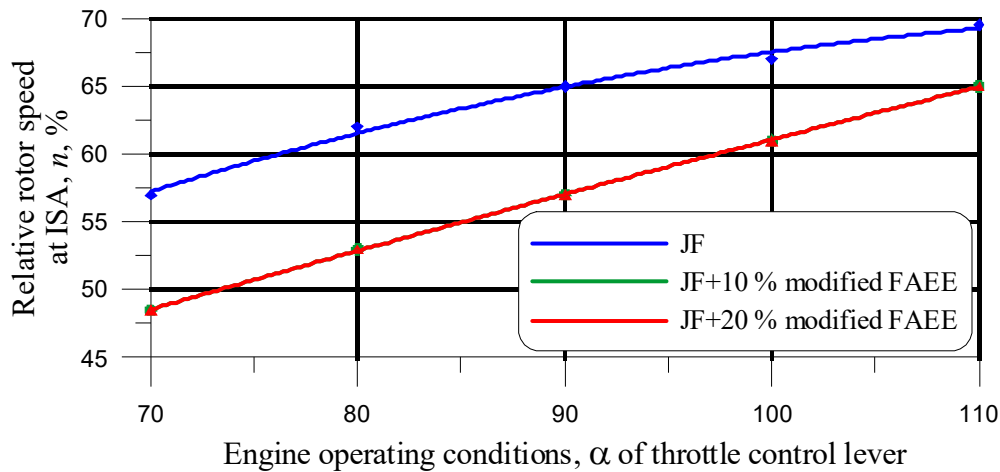


Рисунок 7 – Відносна частота обертання ротора як функція умов роботи ГТД від кута α ВКД з використанням: 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)

Figure 7 – Rotor speed as a function of engine rotor speed when powered with 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10% of modified FAEE; 3 – JF + 20% of modified FAEE

З графіка на рисунку 7 можна побачити, що альтернативні палива, модифіковані біодобавками у кількості 10 % та 20 %, зумовлюють істотне зниження відносної частоти обертання ротора ГТД, порівняно з традиційним паливом. При співставленні отриманих результатів з результатами по дослідженню тяги та витрати палива можна зробити загальний висновок про те, що використання альтернативного палива є ефективнішим порівняно з традиційним паливом для ГТД.

Прийомистість. Останній параметр, що досліджували під час випробувань палива для ГТД, була прийомистість двигуна. Даний параметр характеризує час, необхідний для досягнення максимальної тяги ГТД. Прийомистість вимірювали як час необхідний для переходу від режиму холостого ходу до номінального режиму. Результати вимірювань наведено на рисунку 8. З графіка на рисунку 8 видно, що використання альтернативних палива, модифікованих біодобавками у кількості 10 % та 20 %, призводить до зниження прийомистості двигуна у порівнянні з традиційним паливом. Проте різниця у часі не є істотною і знаходиться у межах експлуатаційних норм для випробуваного ГТД.

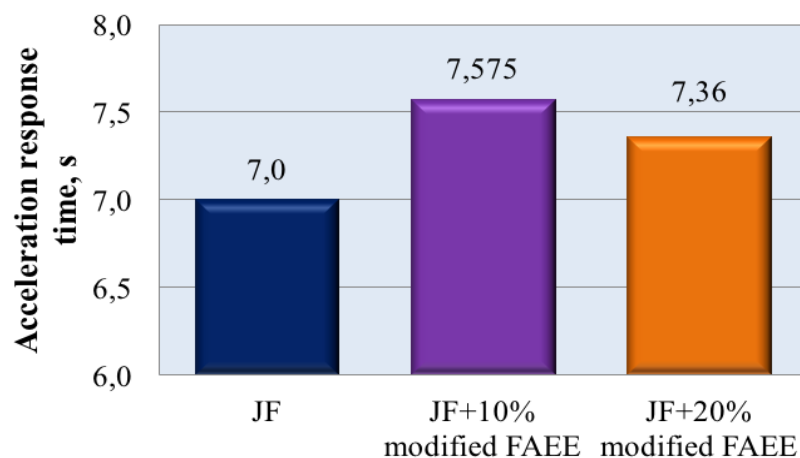


Рисунок 8 – Прийомистість ГТД з використанням: 1 – палива для ГТД, 2 – палива для ГТД + 10 % ЕЕЖК(М), 3 – палива для ГТД + 20 % ЕЕЖК(М)
Figure 8 – Acceleration response time for JE when powered with: 1 – JF Jet A-1; 2 – JF + 10 % of modified FAEE; 3 – JF + 20 % of modified FAEE

Висновки

Результати стендових випробувань робочих параметрів ГТД з використанням використанням традиційного палива для ГТД та альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) у кількості 10 % та 20 % дали змогу зробити наступні висновки:

Використання альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М), зумовлює покращення тягових характеристик ГТД. Так, аналогічні значення тяги ГТД досягаються за нижчої частоти обертання ротора у випадку, коли ГТД працює на альтернативному паливі, на відміну від роботи на традиційному паливі. Альтернативне паливо для ГТД, модифіковане біодобавками на основі ЕЕЖК(М) є більш ефективним у порівнянні з традиційним паливом марки Jet A-1. У той же час не було виявлено істотної різниці в тязі ГТД, створеної двома зразками альтернативних палив.

Використання альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М) зумовлює зниження витрати палива у порівнянні з традиційним паливом для ГТД. Цей позитивний результат по зниженню витрати палива був досягнутий завдяки вищій густині альтернативного палива для ГТД.

Використання альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М), призводить до зменшення температури газу за турбіною порівняно з традиційним паливом для ГТД. Зниження температури матиме позитивний вплив на підвищення довговічності матеріалів та структури вихлопної системи ГТД, а також на зменшення загальних викидів NOx.

Використання альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М), призводить до зменшення відносної частоти обертання ротора ГТД в порівнянні з традиційним паливом. Встановлено, що менше роботи виконується ГТД для створення такої ж тяги, отже альтернативне паливо забезпечує більш ефективну роботу ГТД.

Використання альтернативного палива для ГТД, модифікованого біодобавками на основі ЕЕЖК(М), призводить до неістотного збільшення часу прийомистості ГТД порівняно з традиційним паливом. Однак різниця у часі не є суттєвою і знаходиться в межах експлуатаційних норм для випробуваного ГТД.

В результаті стендових випробувань було зроблено висновок, що експлуатаційні параметри ГТД за використання нових альтернативних палив повністю задовольняють експлуатаційні норми, встановлені для випробуваного ГТД.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Abu-Taieh, C.; Evon, J. 2011. Technology Engineering and Management in Aviation: Advancements and Discoveries. Information Science Reference.
2. Asgari, H.; Chen, X.; Sainudiin, R. 2013. Modelling and simulation of gas turbines. International Journal of Modelling, Identification and Control, 25(3):1–15.
3. ASTM D1655-17. 2017. Standard Specification for Aviation Turbine Fuels.
4. Авиационный турбореактивный двигатель РУ 19А-300, руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию, ЗАО «АНТЦ Технолог», 2001.
5. Boichenko, S., Iakovlieva, A., Vovk, O. 2013. Traditional and alternative jet fuels: problems of quality standardization. Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology 4(3): 28–35.
6. Defence Standard 91-91. 2016. Turbine Fuel, Kerosine Type, Jet A-1. NATO Code: F-35 Joint Service Designation: AVTUR. Iss. 9.
7. Франчук Г.М., Ісаєнко В.М.: Екологія, авіація і космос, Київ: НАУ, 2004.
8. Hileman, J.I., Stratton, R.W. 2014. Alternative jet fuel feasibility, Transport Policy 34:52–62.
9. Iakovlieva, A., Vovk, O., Boichenko, S.: Experimental study of rape oil esters influence on physical-chemical properties of jet fuels. Proceedings of the 19th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania' Transport engineering and management, 6 May 2016, Vilnius. p. 85–89.
10. Iakovlieva, A.; Boichenko, S.; Lejda, K.; Vovk, O.; Shkilniuk I. 2017. Vacuum Distillation of Rapeseed Oil Esters for Production of Jet Fuel Bio-Additives, Proceedia Engineering 187: 363–370. DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.387

11. Кулик Н.С., Аксенов А.Ф., Яновский Л.С. и др.: *Авиационная химмотология: топлива для авиационных двигателей. Теоретические и инженерные основы применения.* Киев: НАУ, 2015.
12. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Commercial Aircraft Propulsion and Energy Systems Research: Reducing Global Carbon Emissions.* Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/23490.
13. Терещенко Ю.М. та ін.: *Теорія теплових двигунів. Газодинамічний розрахунок елементів газотурбінних двигунів,* Київ: НАУ, 2015.
14. *The jet engine.* 1996. Rolls-Royce plc. Renault Printing Co Ltd.
15. Yakovleva, A.; Boichenko, S.; Leida, K.; Vovk, O.; Kuzhevskii, Kh. 2017. Influence of Rapeseed Oil Ester Additives on Fuel Quality Index for Air Jet Engines, *Chemistry and Technology of Fuels and Oils* 53(3):308–317. DOI:doi.org/10.1007/s10553-017-0807-5
16. Яновский Л.С., Федоров Е.П., Варламова Н.И.: *Альтернативные реактивные топлива: проблемы и перспективы.* Вісник Національного авіаційного університету. №1, 2009, с. 108–112.
17. Яновский Л.С., Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др.: *Инженерные основы авиационной.* Казань: Изд-во. Казан. Ун-та, 2005.
18. Яковлева А.В., Бойченко С.В., Шкильнюк И.А., и др.: *Сравнительные характеристики физико-химических свойств топлив для воздушно-реактивных двигателей разных стран-производителей.* Энерготехнологии и ресурсосбережение, № 4, 2013, с. 15–22.

REFERENCES

1. Abu-Taieh, C.; Evon, J. 2011. *Technology Engineering and Management in Aviation: Advancements and Discoveries.* Information Science Reference.
2. Asgari, H.; Chen, X.; Sainudin, R. 2013. Modeling and simulation of gas turbines. *International Journal of Modeling, Identification and Control*, 25 (3): 1-15.
3. ASTM D1655-17. 2017. *Standard Specification for Aviation Turbine Fuels.*
4. Aircraft turbojet engine RU 19A-300, operating and maintenance manual, CJSC "ANTT Technolog", 2001.
5. Boichenko S., Iakovlieva A., Vovk, O. 2013. Traditional and alternative jet fuels: problems of quality standardization. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology* 4 (3): 28-35.
6. Defense Standard 91-91. 2016. *Turbine Fuel, Kerosine Type, Jet A-1.* NATO Code: F-35 Joint Service Designation: AVTUR. Iss 9
7. Franchuk GM, Isaenko V.M.: *Ecology, aviation and space,* Kyiv: NAU, 2004.
8. Hilleman, J.I., Stratton, R.W. 2014. Alternative jet fuel feasibility, *Transport Policy* 34: 52-62.
9. Iakovlieva, A., Vovk, O., Boichenko, S.: *Experimental study of rape oil esters influence on the physical-chemical properties of jet fuels.* Proceedings of the 19th Conference for Junior Researchers' Science - Future of Lithuania "Transport Engineering and Management, 6 May 2016, Vilnius. p. 85-89.
10. Iakovlieva, A.; Boichenko, S.; Leyda, K.; Vovk, O.; Shkilniuk I. 2017. Vacuum Distillation of Rapeseed Oil Esters for the Production of Jet Fuel Bio-Additives, *Procedia Engineering* 187: 363-370. DOI: doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.387
11. Kulik NS, Aksenov AF, Yanovsky L.S. et al.: *Aviation Chemmotology: Fuel for Aviation Engines. Theoretical and engineering bases of application.* Kiev: NAU, 2015.
12. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Commercial Aircraft Propulsion and Energy Systems Research: Reducing Global Carbon Emissions.* Washington, DC: The National Academies Press. do: 10.17226 / 23490.
13. Tereschenko Yu.M. etc.: *The theory of thermal motors. Gas-dynamic calculation of elements of gas turbine engines,* Kyiv: NAU, 2015.
14. *The jet engine.* 1996. Rolls-Royce plc. Renault Printing Co., Ltd.
15. Yakovlev, A.; Boichenko, S.; Leida, K.; Vovk, O.; Kuzhevskii, Kh. 2017. Influence of Rapeseed Oil Ester Additives on Fuel Quality Index for Air Jet Engines, *Chemistry and Technology of Fuels and Oils* 53 (3): 308-317. DOI: doi.org/10.1007/s10553-017-0807-5
16. Yanovsky L.S., Fedorov E.P., Varlamova N.I.: *Alternative reactive fuels: problems and perspectives.* Bulletin of the National Aviation University. No. 1, 2009, с. 108-112.

17. Janovsky L.S., Dubovkin NF, Galimov F.M. and other: Engineering aviation bases. Kazan: Publishing house. Cauldron. Un-ta, 2005.
18. Yakovleva AV, Boichenko SV, Shkilnyuk IA, et al.: Comparative characteristics of physicochemical properties of fuels for air jet engines of different producing countries. Energy Technology and Resource Saving, No. 4, 2013, c. 15-22.

РЕФЕРАТ

Яковлева А.В. Дослідження експлуатаційних параметрів авіаційного двигуна, з використанням альтернативних палив на основі відновлюваної рослинної сировини / А.В. Яковлева, С.В. Бойченко, В.А. Щербаченко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2018. – Вип. 3 (42).

Дана стаття присвячена оцінці параметрів роботи реактивного двигуна з використанням звичайного та альтернативного реактивного палива, отриманого шляхом сумішшю з біологічними добавками рослинного масла, під час випробувань на стенді. Стандартне реактивне паливо та новостворене альтернативне реактивне паливо було перевірено та порівняно в умовах роботи двигуна. Перевірена та доведена гіпотеза, що альтернативні реактивні палива можуть бути використані як робочий елемент реактивних двигунів, що забезпечують його надійну та ефективну роботу. Було експериментально визначено, що використання альтернативних реактивних палив призводить до покращення характеристик штреку реактивних двигунів та зменшення витрати палива. Вони забезпечують більш енергоефективне функціонування реактивного двигуна. Було також виявлено, що використання альтернативних реактивних палив призводить до зменшення температури газу в струменевій трубі. Це може позитивно впливати на довговічність матеріалів і конструкції двигуна проти високих температур, а також на зменшення викидів NO_x . Результати дослідження показують, що експлуатаційні параметри реактивного двигуна, оснащеного новими альтернативними реактивними паливами, повністю задовольняють експлуатаційні норми, встановлені в специфікації для перевіреного двигуна. Альтернативні авіаційні палива, запропоновані в дослідженні, можуть використовуватися як робочий елемент авіаційного двигуна без необхідності внесення змін у його конструкцію.

У статті детально представлені результати дослідження щодо таких показників: тяга, витрата палива, тиск на форсунках, температура газу за турбіною, відносна частота обертання ротора, прийомистість. Всі розрахунки представлені графічно та у таблицях. Зроблені висновки щодо кожного з перерахованих параметрів оцінки та проведено порівняння традиційного палива з винайденим альтернативним, згідно до чого було отримано, що використання результаті стендових випробувань було зроблено висновок, що експлуатаційні параметри ГТД за використання нових альтернативних палив повністю задовольняють експлуатаційні норми, встановлені для випробуваного ГТД.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВІАЦІЙНИЙ ДВИГУН, АВІАЦІЙНЕ ПАЛИВО, АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО, БЮДОБАВКИ, ТЯГА, ВИТРАТА ПАЛИВА, ЕФЕКТИВНІСТЬ ДВИГУНА, СТЕНДОВИЙ ТЕСТ

ABSTRACT

Yakovlieva A.V., Boichenko S.V., Shcherbachenko V.A. Studying exploitation parameters of jet engine powered by alternative fuels based on renewable plant feedstock. Visnyk of National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. Kyiv. National Transport University. 2018. Vol. 3(42).

This article is devoted to the evaluation of the parameters of the operation of a jet engine using conventional and alternative jet fuels obtained by mixing with bioadditives of vegetable oil during the tests on the stand. Standard jet fuels and newly created alternative jet fuels have been tested and compared with engine operating conditions. The hypothesis that alternative jet fuels can be used as a working element of jet engines to ensure its reliable and efficient work is proved and proved. It has been experimentally determined that the use of alternative jet fuels leads to improved performance of jet engines and fuel consumption reduction. They provide more energy-efficient operation of the jet engine. It has also been found that the use of alternative reactive fuels leads to a decrease in the temperature of the gas in the jet pipe. This can have a

positive effect on the durability of materials and design of the engine against high temperatures, as well as on the reduction of NOx emissions. The results of the study show that the operating parameters of a jet engine equipped with new alternative reactive fuels fully meet the operating standards set in the specifications for a proven engine. Alternative jet fuels offered in the study can be used as a working element of a jet engine without the need for changes to its design.

The article presents in detail the results of the study on the following indicators: traction, fuel consumption, pressure on the nozzles, temperature of the gas behind the turbine, relative rotor speed, admittance. All calculations are presented graphically and in tables. Conclusions have been drawn for each of the listed estimation parameters and a comparison of traditional fuel with the inventoried alternative, according to which it was found that the use of the bench test resulted in the conclusion that the operating parameters of the jet engine for the use of new alternative fuels fully comply with the operating norms established for the tested jet engine.

KEYWORDS: JET ENGINE, JET FUEL, ALTERNATIVE FUEL, BIOADDITIVES, THRUST, FUEL FLOW, ENGINE EFFICIENCY, STAND TEST

РЕФЕРАТ

Яковлева А.В. Исследование эксплуатационных параметров авиационного двигателя с использованием альтернативных топлив на основе возобновляемого растительного сырья / А.В. Яковлева, С.В. Бойченко, В.А. Щербаченко // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К. : НТУ – 2018. – Вып. 3(42).

Данная статья посвящена оценке параметров работы реактивного двигателя с использованием обычного и альтернативного реактивного топлива, полученного путем смеси с биологическими добавками растительного масла, во время испытаний на стенде. Стандартное авиационное топливо и новое альтернативное авиационное топливо было исследовано и выполнено сравнение в условиях работы двигателя. Проверенная и доказанная гипотеза, что альтернативные реактивные топлива могут быть использованы как рабочий элемент реактивных двигателей, обеспечивающих его надежную и эффективную работу. Было экспериментально установлено, что использование альтернативных реактивных топлив приводит к улучшению характеристик штекера реактивных двигателей и уменьшению расхода топлива. Они обеспечивают более энергоэффективное функционирования реактивного двигателя. Было также обнаружено, что использование альтернативных реактивных топлив приводит к уменьшению температуры газа в струйной трубе. Это может положительно влиять на долговечность материалов и конструкции двигателя против высоких температур, а также на уменьшение выбросов NOx. Результаты исследования показывают, что эксплуатационные параметры реактивного двигателя, оснащенного новыми альтернативными реактивными топливами, полностью удовлетворяют эксплуатационные нормы, установленные в спецификации для проверенного двигателя. Альтернативные реактивные топлива, предложенные в исследовании, могут использоваться как рабочий элемент реактивного двигателя без необходимости внесения изменений в его конструкцию.

В статье подробно представлены результаты исследования следующих показателей: тяга, расход топлива, давление на форсунках, температура газа за турбиной, относительная частота вращения ротора, приемистость. Все расчеты представлены графически и в таблицах. Сделанные выводы по каждому из перечисленных параметров оценки и проведено сравнение традиционного топлива с изобретенным альтернативным, согласно чего было получено, что использование в результате стендовых испытаний был сделан вывод, что эксплуатационные параметры ГТД за использование новых альтернативных топлив полностью удовлетворяют эксплуатационные нормы, установленные для испытываемого ГТД.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, АВИАЦИОННОЕ ТОПЛИВО, АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО, БИОДОБАВКИ, ТЯГА, РАСХОД ТОПЛИВА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ, СТЕНДОВЫЙ ТЕСТ

АВТОРИ:

Яковлева А.В. кандидат технічних наук, Національний авіаційний університет, доцент кафедри екології, Україна, 03680, Київ, просп. Комарова, 1, e-mail: pinchuk_anya@ukr.net, тел.: +380444067844, orcid.org/0000-0002-7618-7129

Бойченко С.В., доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри екології, Україна, 03680, Київ, просп. Комарова, 1, e-mail: chemmotology@ukr.net, тел.: +380444067087, orcid.org/0000-0002-1196-3852

Щербаченко В.А. магістр, Національний авіаційний університет, студент кафедри екології, Україна, 03680, Київ, просп. Комарова, 1, e-mail: vladyslav.shcherbachenko@gmail.com, тел.: +380444067844, orcid.org/0000-0002-0699-7716

AUTHORS:

Yakovlieva A.V., PhD, National Aviation University, associate professor of the ecology department, Ukraine, 03680, Kyiv, Kosmonavta Komarova ave. 1, e-mail: pinchuk_anya@ukr.net, tel.: +380444067844, orcid.org/0000-0002-7618-7129

Boichenko S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Aviation University, head of the ecology department, Ukraine, 03680, Kyiv, Kosmonavta Komarova ave.1, e-mail: chemmotology@ukr.net, phone: +380444067087, orcid.org/0000-0002-1196-3852

Shcherbachenko V.A., master, National Aviation University, student of the ecology department, Ukraine, 03680, Kyiv, Kosmonavta Komarova ave.1, e-mail: vladyslav.shcherbachenko@gmail.com, tel: +380444067844, orcid.org/0000-0002-0699-7716

АВТОРЫ:

Яковлева А.В., кандидат технических наук, Национальный авиационный университет, доцент кафедры экологии, Украина, 03680, Киев, просп. Комарова, 1, e-mail: pinchuk_anya@ukr.net, тел.: +380444067844, orcid.org/0000-0002-7618-7129

Бойченко С.В., доктор технических наук, профессор, Национальный авиационный университет, заведующий кафедры экологии, Украина, 03680, Киев, просп. Комарова, 1, e-mail: chemmotology@ukr.net, тел.: +380444067087, orcid.org/0000-0002-1196-3852

Щербаченко В.А. магистр, Национальный авиационный университет, студент кафедры экологии, Украина, 03680, Киев, просп. Комарова, 1, e-mail: vladyslav.shcherbachenko@gmail.com, тел.: +380444067844, orcid.org/0000-0002-0699-7716

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Запорожець О.І., доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародної діяльності, Національного авіаційного університету, Київ, Україна.

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Zaporozhets O. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, vice-rector of international activities, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, professor of the ecology and life safety department, Kyiv, Ukraine.